

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**“PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA
REUSO EN RIEGO DE PARQUES Y JARDINES EN EL DISTRITO
DE VICTOR LARCO HERRERA. PROVINCIA TRUJILLO. LA
LIBERTAD.”**

TESIS
PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : HIDRAULICA

AUTOR:

Bach. JULIO RICARDO ILICH ATOCHE SARMIENTO

ASESOR:

Dr. FIDEL GERMAN SAGASTEGUI PLASENCIA

Trujillo – Perú

2016

APROBACION DEL ASESOR

El que suscribe Dr. FIDEL GERMAN SAGASTEGUI PLASENCIA, ASESOR de la tesis **“PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA REUSO EN RIEGO DE PARQUES Y JARDINES EN EL DISTRITO DE VICTOR LARCO HERRERA. PROVINCIA TRUJILLO. LA LIBERTAD.”** en virtud de la Resolución de la Facultad de Ingeniería de la UPAO N° -2015-UPAO-FI. ; cuyo tesisista es el Bach. ATOCHE SARMIENTO JULIO RICARDO ILICH ; hace constar que asesoró desde el inicio hasta la culminación de la presente tesis, así como se ha revisado y lo considero **APROBADO EN NOMBRE DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO DE TRUJILLO.**

Por lo expuesto y considerando que es un tema de Investigación muy importante y se sugiere que prosiga en su trámite correspondiente con la designación del jurado, evaluación y de ser ratificado en la aprobación de la Tesis, se culmine con la sustentación correspondiente.

Trujillo, 04 de Diciembre del 2015

Dr. FIDEL GERMAN SAGASTEGUI PLASENCIA
Registro CIP N° 32720
ASESOR DE TESIS

TESIS :“PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA REUSO EN RIEGO DE PARQUES Y JARDINES EN EL DISTRITO DE VICTOR LARCO HERRERA.PROVINCIA TRUJILLO.LA LIBERTAD.”

TESISTAS :

Bach. JULIO RICARDO ILICH ATOCHE SARMIENTO

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL

Dr. FIDEL GERMAN SAGASTEGUI PLASENCIA
ASESOR DE TESIS

INDICE

Resumen	vii
Abstract	viii
Capítulo I . Introducción	1
Objetivos Generales y Específicos.....	5
Capítulo II : Marco Teórico	7
Diagnostico Operativo para el Distrito La Esperanza	7
Características físico-químicas y biológicas del agua residual	8
Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	10
Aspectos Generales del Distrito de Víctor Larco Herrera	17
Población	20
Demarcación política	26
Areas Verdes	30
Glosario de Términos	32
Como se clasifican las aguas residuales	40
Capítulo III : Resultados	63
Tecnología, operaciones y procesos de tratamiento de aguas residuales	63
Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (RAFA).....	71
Lagunas de Estabilización	71
Planta de tratamiento mediante Lodos Activados	74
Costos de Construcción, operación y mantenimiento	108
Capítulo IV : Discusión	124
Capítulo V : Conclusiones.....	127
Capítulo VI . Recomendaciones.....	129
Capitulo VII : Referencias Bibliográficas.....	131

DEDICATORIA

**A MIS PADRES, QUIENES CON
SUS CONSEJOS Y APOYO TOTAL
HICIERON REALIZADAD MI META.**

**A MIS HERMANOS QUE SERVIRA
COMO EJEMPLO , PARA SU
SUPERACION.**

JULIO RICARDO ILICH

AGRADECIMIENTO

MI AGRADECIMIENTO PROFUNDO Y ESPECIAL A MIS PADRES QUIENES ME APOYARON INCONDICIONALMENTE, A TODOS LOS DOCENTES DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENO ORREGO DE TRUJILLO Y EN ESPECIAL A MI ASESOR, QUIEN EN FORMA PERMANENTE Y OPORTUNA ME ASESORÒ DESDE EL INICIO HASTA LA CULMINACIÓN DE LA PRESENTE TESIS.

EL AUTOR

RESUMEN

Las reservas aprovechables del recurso hídrico son cada vez menores y poco se ha hecho para corregir este grave problema. No se ha logrado hacer conciencia dentro de la sociedad para hacerle frente a esta amenaza, una amenaza que debe ser combatida por todos. Esta situación deberá corregirse pensando siempre en el bienestar colectivo.

La presente Tesis, tiene como objetivo principal, proponer una planta de tratamiento de agua residual (PTAR), para usar dicha agua residual tratada en riego de parques y jardines en el Distrito de Víctor Larco Herrera y con el fin de reducir sus descargas contaminantes al mar. Además de proporcionar al estudiante y / o profesional interesado en el tema, el conocimiento, pasos y / o metodología para la propuesta; Por lo cual se proporciona la información suficiente, para poder llevar a cabo el proyecto.

Se podrá encontrar y entender convenientemente en esta Tesis, cuales son los estudios básicos necesarios a realizar, para proponer la instalación de una Planta de tratamiento de Agua Residual - PTAR.

Se establece también los parámetros básicos de diseño; Además conocer las diferentes alternativas para el tratamiento de agua residual que se pueden plantear o proponer inicialmente, que luego serán discutidas, evaluadas, y finalmente seleccionar la más adecuada.

También contiene, alternativas del tratamiento ,cálculos de dimensionamiento, costos de construcción y operación de las lagunas de estabilización y de la Planta de tratamiento de Agua Residual - PTAR. Se menciona además el estudio de factibilidad económica del proyecto y se brinda los requerimientos previos al arranque, operación y mantenimiento de la PTAR.

ABSTRACT

The exploitable reserves of water resources are increasingly smaller and little has been done to correct this serious problem. It has failed to raise awareness within society to cope with this threat, a threat that must be fought by all. This situation should be corrected by always thinking in collective welfare.

This thesis, has as main objective, designing a (WWTP) wastewater treatment plant, to use the wastewater treated in irrigation of parks and gardens in the Victor Larco Herrera district and in order to reduce their pollutant discharges to the sea. In addition to providing the student and / or interested in the subject, knowledge, professional and / or methodology for the design; It is provides sufficient information, to carry out the project.

You can find and conveniently understand this thesis, which are basic studies needed to be done, to begin planning a plant of treatment of Residual water - WWTP.

It also establishes the basic design parameters; Knowing the different alternatives for the treatment of residual water that can be raised or propose initially, that will be later discussed, evaluated, and finally select the most appropriate.

Also contains, alternatives of treatment, sizing calculations, construction and operating costs of the lagoons of stabilization and treatment of Residual water - WWTP plant. Mentioned also the study of economic feasibility of the project and provides the requirements prior to start-up, operation and maintenance of WWTP

CAPITULO I

INTRODUCCION

El agua residual es normalmente vertida a cuerpos de agua, sin recibir un adecuado tratamiento. En la actualidad dichos cuerpos de agua, principalmente ríos han reducido notablemente su capacidad de dilución debido a muchos factores, relacionados principalmente con la carencia del recurso hídrico "agua". A fines del siglo XIX, surgió la necesidad de un tratamiento sistemático del agua residual debido a la concentración de la población en las áreas urbanas lo cual causa problemas en la salud pública, debido a la contaminación del agua de abastecimiento, produciendo enfermedades, malos olores y otros inconvenientes. En la región de América Latina y el Caribe, el 49 % de la población tiene servicio de alcantarillado, colectándose diariamente 40 millones de metros cúbicos de agua residual que se vierten a ríos, lagos y mares. Si hasta el año 2016 se lograra ampliar el acceso a este servicio básico al 90 % de la población, se estarían arrojando más de 100 millones de metros cúbicos de agua residual que agravarían aún más el cuadro de contaminación.

Del volumen colectado por los sistemas de alcantarillado, menos del 10 % recibe tratamiento previo antes de ser descargado a un cuerpo de agua superficial o a su uso para el riego directo de productos agrícolas (Moscoso y León, 1996).

Según Peña y Valencia (1998) se debe promover el tratamiento del agua residual, para disminuir los niveles de contaminación en las fuentes receptoras y por ende los riesgos potenciales para la salud pública y el ambiente acuático.

Los sistemas de tratamiento de agua residual doméstica tienen como objetivo principal el reducir algunas características indeseables, de manera tal que el uso o disposición final de estas aguas, cumpla con las normas y requisitos mínimos definidos por las autoridades sanitarias de un determinado país o región. Según Souza (1997), la selección de tecnologías para la recolección y tratamiento del

agua residual deberá considerar, cada vez en mayor medida, alternativas que incluyan el reúso del agua.

Antes de la década del sesenta, los procesos de tratamiento del agua residual resultaron ser sistemas complejos, en general de difícil implementación, operación y mantenimiento elevados, imposibilitando muchas veces su adopción en los países en vías de desarrollo, donde se agravaban las condiciones ambientales y sanitarias de muchas ciudades.

En los últimos años el desarrollo de sistemas de tratamiento aerobio, anaerobio y de estabilización del agua residual doméstica, resultó en un mejoramiento notable su desempeño, siendo además estos sistemas cada vez más aceptados.

En virtud de los elevados costos de operación y funcionamiento intrínsecos de los tratamientos convencionales, la implementación de sistemas de tratamiento de agua residual es un problema significativo en los países en vías de desarrollo. A partir de ello surge la necesidad de la adaptación de tecnologías de tratamientos modernos capaces de remover los principales contaminantes del agua residual, con bajos costos de construcción, económicamente factibles y auto sostenibles, evitando los riesgos sanitarios de utilizar el agua residual cruda indiscriminadamente, por ejemplo en riego directo de cultivos. Los sistemas de tratamiento aerobios, anaerobios y facultativos se constituyen en una alternativa atractiva, siendo su eficiencia con respecto a la remoción de contaminantes elevada; por esto resulta conveniente adoptar estas tecnologías para el beneficio de países en desarrollo como el nuestro.

El Perú es un país de grandes potencialidades, su cultura y diversidad ecológica significan las mejores oportunidades para su desarrollo y bienestar. El crecimiento económico, la equidad social y el valor ecológico pueden reforzarse mutuamente en torno a políticas públicas que permitan el equilibrio que signifique sostenibilidad.

La ecoeficiencia es una de las principales estrategias que el Ministerio del Ambiente viene impulsando para asegurar que el desarrollo del país esté enrumbado, satisfaciendo las necesidades de las presentes y futuras generaciones en base a una salud y productividad de su población, en armonía con la naturaleza.

Las aguas residuales producidas en el ámbito municipal requieren el tratamiento apropiado, previo a su reúso o disposición final, con la finalidad de proteger el ambiente y la salud de la población.

En la perspectiva de los Municipios Ecoeficientes, se trata de plantear la mejor combinación de opciones tecnológicas, que permitan el tratamiento de las aguas contaminadas, minimizando el uso de recursos disponibles, con el mayor beneficio ambiental y al menor costo económico.

La mayor experiencia del país en el tratamiento de las aguas residuales domésticas es el uso de lagunas de estabilización facultativas, que se inició desde los años 60 en San Juan de Miraflores al Sur de Lima y que luego se replicó en otras partes de Lima y el Perú. Por tal razón 10 de las 41 plantas de Lima utilizan actualmente esta tecnología, que además en otros dos casos fueron reemplazadas por las actuales plantas de lagunas aireadas de San Juan y Huáscar implementadas en el Cono Sur. La planta de José Gálvez también tuvo inicialmente solo lagunas facultativas, y luego se han complementado con un Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente (RAFA). Conviene señalar que las actuales plantas de lagunas de estabilización con caudales entre 10 y 20 l/s operan adecuadamente en las zonas áridas donde se instalaron. Una excepción es el caso de Ventanilla, que constituyó al inicio una buena alternativa tecnológica, pero que ahora quedó asfixiada por el casco urbano y por un caudal muy superior a su capacidad, por tanto requiere de una urgente adecuación tecnológica.

Es importante mencionar que la tecnología de lagunas aireadas utilizada en las tres grandes plantas de San Juan, Huáscar y San Bartolo para el Sur de Lima fue

adoptada por una exigencia contractual del financiamiento externo, pero que en la práctica no ha mostrado buenos resultados por su alto requerimiento de terreno y elevados costos de inversión. Conviene añadir que la primera etapa de la planta de Carapongo también fue implementada con el sistema de lagunas aireadas también establecido por el país donante, pero con la segunda etapa asumida directamente por Sedapal se ha orientado al uso de lagunas anaeróbicas recubiertas y con capacidad de recolectar el metano para uso energético. Esta experiencia con procesos anaeróbicos determinó que Sedapal se anime a implementar un Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente –RAFA- en la planta de José Gálvez.

La tecnología de lodos activados recién ha sido adoptada por Sedapal en los últimos años, ya que antes solo fue implementada en plantas pequeñas por el sector privado, como es el caso del campo santo Jardines de la Paz. Una experiencia previa en San Antonio de Carapongo animó a Sedapal a implementar la planta de Puente Piedra para tratar 422 litros/segundos utilizando el sistema SBR (Secuencial Batch Reactor). Desafortunadamente el alto contenido de DBO5 y un exceso de caudal han generado que actualmente tenga ciertos problemas de operación. Las plantas de Santa Rosa y Miraflores son los únicos casos que utilizan filtros percoladores para tratar 6.9 l/s, tratamiento de nivel primario que no es suficiente para el uso de los efluentes en áreas verdes de uso público, por lo que requiere completar el proceso con una desinfección final. Cabe recalcar que la planta de Miraflores inicialmente fue concebida para el riego de la cobertura vegetal del acantilado de la Costa Verde, en donde no hay ningún problema sanitario por tratarse de una zona sin acceso al público.

Por otro lado, establecer el nivel de tratamiento de las plantas que operan en Lima resulta algo difícil, si asumimos que en la actualidad se consideran los procesos de desinfección como parte del tratamiento terciario. Lo que si podemos decir con facilidad es que solo los filtros percoladores que tratan el 0.25% de las aguas residuales pueden ser considerados como tratamiento primario. Ahora, si mantenemos la clasificación tradicional, podemos decir que todas las demás

plantas aplican tratamiento secundario, aunque ello no signifique que logran una calidad sanitaria adecuada para la disposición o reuso del agua tratada. En cambio, si incorporamos la definición moderna de tratamiento terciario para aquellas plantas que incluyen desinfección, podríamos decir que 27 de ellas podrían ser consideradas en este grupo y que tratan el 95% del agua residual, con la aclaración de que sus sistemas de desinfección no se están utilizando en la mayoría, y por tanto en la práctica no alcanzan tal nivel. Bajo el esquema tradicional, en que se entendía como tratamiento terciario los procesos específicos para remover ciertos nutrientes o compuestos químicos contaminantes, es fácil asegurar que ninguna planta de Lima alcanzaría ese nivel.

OBJETIVOS GENERALES Y ESPECIFICOS

Objetivo General:

Proponer la instalación de planta de tratamiento de aguas residuales para reuso en riego de parques y jardines en el Distrito de Víctor Larco Herrera, Provincia Trujillo, La Libertad

Objetivos Específicos

- .- Contribuir a un Adecuado riego de parques y jardines.
- Contribuir a Mejorar las áreas verdes del Distrito de Víctor Larco Herrera.
- .- Contribuir a mitigar la contaminación ambiental
- .- Contribuir al ornato de parques y jardines.
- .- Contribuir a la búsqueda de presupuestos para cristalizar la obra.
- .- Construir obras de prevención y reducir la vulnerabilidad.
- .- Contribuir a mejorar la calidad de vida.

De acuerdo a los objetivos planteados, esta investigación puede clasificarse como descriptiva, explicativa y normativa. Descriptiva, ya que se describen los procesos reales para el Tratamiento de aguas residuales, para reuso en riego de parques y jardines en el Distrito de Víctor Larco, refiriendo, de forma detallada una serie

de experiencias que operan en países en vías de desarrollo y desarrollados para atender esas necesidades.

Esta investigación también es explicativa, por que persigue argumentar teóricamente el cómo y por qué de dicho caso, así como el examen de las experiencias de otros países a la luz del marco legal e institucional del Perú. Finalmente se trata de una investigación normativa, porque en ella se pretende proponer lineamientos para la gestión y el financiamiento para la construcción de la planta de Tratamiento de aguas residuales, para reúso en riego de parques y jardines en el Distrito de Víctor Larco Herrera.

El desarrollo del presente trabajo de investigación, consta de 4 fases, las cuales comprenden la revisión documental correspondiente al marco legal e institucional relacionado con el diseño de la planta de Tratamiento de aguas residuales, para reúso en riego de parques y jardines en el Distrito de Victor Larco Herrera, aplicación del instrumento diseñado y análisis conceptual de la información.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1.Diagnostico Operativo para el Distrito de Victor Larco Herrera Sistema de Agua Potable

a) Fuente de Agua

Cuenta con una fuente de abastecimiento de agua, que se detalla a continuación:

Agua superficial

Se obtiene de las aguas provenientes del río Santa conducidas a través del canal madre Chavimochic, que luego ingresan a la planta de tratamiento de agua potable administrada por el Proyecto Especial Chavimochic que vende agua potable a SEDALIB S.A.

La planta de tratamiento de agua inició sus operaciones en el año 1996, tiene una capacidad de diseño de 1.250 lps. Actualmente su producción promedio es de 888,3 lps ubicándose en la zona denominada "Alto Moche" en la margen derecha de la carretera Panamericana Norte, distante aproximadamente a 11 Km. de la ciudad de Trujillo.

La planta de tratamiento de agua potable es de patente francesa, de tecnología Degremont y tiene las siguientes unidades:

- Desarenador (2 unidades).
- Mezcla rápida y estructura de reparto.
- Decantador tipo pulsator laminar (2 módulos) con sistema automático de evacuación de lodos.
- Filtración rápida con filtros aquazur tipo "T" (10 módulos) con comando de control de lavado automático.
- Desinfección.
- Cisterna de agua para lavado de filtros (400 m3).

- Reservoirio de almacenamiento (4,000 m3).

Además, la planta cuenta con laboratorio de control de calidad (físico, químico y microbiológico), almacén de insumos químicos, sala eléctrica (que incluye panel central automatizado de control de planta) y taller mecánico-eléctrico.

2.2.CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL

El agua residual es el agua procedente de usos domésticos, comerciales, agropecuarios y de procesos industriales, o una combinación de ellas, sin tratamiento posterior a su uso. A continuación se detallan las características del agua residual.

2.2.1. Características físico-químicas y biológicas del agua residual

2.2.1.1. Característica física

La característica física más importante del agua residual es el contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Otras características físicas importantes son el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbiedad.

a. Sólidos Totales

Analíticamente, se define como la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación de entre 103° y 105°C. No se define como sólido aquella materia que se pierde durante la evaporación debido a su alta presión de vapor. Los sólidos sedimentables se definen como aquellos que se sedimentan en el fondo de un recipiente de forma cónica (cono de Imhoff) en el transcurso de un periodo de 60 minutos. Los sólidos sedimentables se expresan en mg/l y constituyen una medida aproximada de la cantidad de fango que se obtendrá en la decantación primaria del agua residual.

Los sólidos totales pueden clasificarse en filtrables o no filtrables (sólidos en suspensión) haciendo pasar un volumen conocido de líquido por un filtro.

b. Olores

Normalmente, los olores son debidos a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. El agua residual reciente tiene un olor algo desagradable, que resulta más tolerable que el del agua residual séptica. El olor más característico del agua residual séptica se debe a la presencia del sulfuro de hidrógeno (Huevo podrido) que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos por acción de Microorganismos anaerobios.

La problemática de los olores está considerada como la principal causa de rechazo a la implantación de instalaciones de tratamiento de aguas residuales.

c. Temperatura

La temperatura del agua residual suele ser siempre más elevada que la del agua de suministro, este hecho se debe principalmente a la incorporación de agua caliente procedente de las viviendas y los diferentes usos industriales. La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática, como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como sobre la capacidad del agua para ciertos usos útiles.

d. Color

El agua residual suele tener un color grisáceo. Sin embargo, al aumentar el tiempo de transporte en las redes de alcantarillado y al desarrollarse condiciones más próximas a las anaerobias, el color del agua residual cambia gradualmente de gris a gris oscuro, para finalmente adquirir color negro.

Cuando llega a este punto, suele clasificarse el agua residual como séptica.

e. Turbiedad

La turbiedad, como medida de las propiedades de transmisión de la luz del agua, es otro parámetro que se emplea para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. Su medición se lleva a cabo mediante la comparación entre la

intensidad de la luz dispersada en la muestra y la intensidad registrada en una suspensión de referencia en las mismas condiciones.

Suspensiones de formacina se emplean como patrones primarios de referencia. Los resultados de las mediciones de turbiedad se dan en unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).

2.2.1.2. Características Químicas

Las características químicas de las aguas residuales son principalmente el contenido de materia orgánica e inorgánica, y los gases presentes en el agua residual. La medición del contenido de la materia orgánica se realiza por separado por su importancia en la gestión de la calidad del agua y en el diseño de las instalaciones de tratamiento de aguas.

a. Materia Orgánica

Cerca del 75% de los sólidos en suspensión y del 40 % de los sólidos filtrables de una agua residual de concentración media son de naturaleza orgánica. Son sólidos de origen animal y vegetal, así como de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos.

También pueden estar presentes otros elementos como azufre, fósforo o hierro. Los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual son las proteínas (40-60%), hidratos de carbono (25-50%) y grasas y aceites (10%).

b. Medida del Contenido Orgánico

Los diferentes métodos para medir el contenido orgánico pueden clasificarse en:

1. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

2. Demanda química de oxígeno (DQO)

3. Carbono orgánico total (COT)

Demanda Bioquímica de Oxígeno: El parámetro de contaminación orgánica más empleado, que es aplicable tanto a aguas residuales como a aguas

superficiales, es la DBO a 5 días. La determinación de este, está relacionada con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica. Los resultados de los ensayos de DBO se emplean para:

1. Determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente.
2. Dimensionar las instalaciones de tratamiento del agua residual.
3. Medir la eficacia de algunos procesos de tratamiento y controlar el cumplimiento de las limitaciones a que están sujetos los vertidos.

c. Materia Inorgánica

Las concentraciones de las sustancias inorgánicas en el agua aumentan tanto por el contacto del agua con las diferentes formaciones geológicas, como por el agua residual, tratada o sin tratar, que a ella se descargan. Las concentraciones de los diferentes constituyentes inorgánicos pueden afectar mucho a los usos del agua, como por ejemplo los cloruros, la alcalinidad, el nitrógeno, el azufre, algunos otros compuestos tóxicos inorgánicos y algunos metales pesados como el níquel, el manganeso, el plomo, el cromo, el cadmio, el cinc, el cobre, el hierro y el mercurio. Dentro de la materia inorgánica es de suma importancia también hablar de la concentración de ion hidrógeno (pH), ya que es un parámetro de calidad, de gran importancia tanto para el caso de agua natural como residual. El agua residual con concentraciones de ion hidrógeno inadecuado presenta dificultades en el tratamiento con procesos biológicos, y el efluente puede modificar la concentración de ion hidrógeno en el agua natural si ésta no se modifica antes de la evacuación del agua.

d. Gases

Los gases que con mayor frecuencia se encuentran en el agua residual son el nitrógeno (N₂), el oxígeno (O₂), el dióxido de carbono (CO₂), el sulfuro de

hidrógeno (H₂S), el amoníaco (NH₃) y el metano (CH₄). Los tres últimos proceden de la descomposición de la materia orgánica presente en el agua residual. El oxígeno disuelto es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios, así como para otras formas de vida.

Debido a que la velocidad de las reacciones bioquímicas que consumen oxígeno aumenta con la temperatura, los niveles de oxígeno disuelto tienden a ser más críticos en épocas estivales.

El problema se agrava en los meses de verano, debido a que los cursos de agua generalmente son menores por lo tanto el oxígeno también es menor.

2.2.3 Características Biológicas

Para el tratamiento biológico se deben de tomar en cuenta las siguientes características del agua residual: principales grupos de microorganismos presentes, tanto en el agua superficial como en residual, así como aquellos que intervienen en los tratamientos biológicos; organismos patógenos presentes en el agua residual; organismos utilizados como indicadores de contaminación y su importancia; métodos empleados para determinar los organismos indicadores, y métodos empleados para determinar la toxicidad del agua tratada.

a. Microorganismos

Las bacterias desempeñan un papel amplio y de gran importancia en los procesos de descomposición y estabilización de la materia orgánica, tanto en el marco natural como en las plantas de tratamiento. Por ello resulta imprescindible conocer sus características, funciones, metabolismos y proceso de síntesis.

Los principales grupos de organismos presentes tanto en el agua residual como superficial se clasifican en organismos Eucariota, bacterias y Archeobacterias, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 1 : Clasificación de los Microorganismos

Grupo	Estructura celular	Caracterización	Miembros representativos
Eucariota	Eucariota	Multicelular con gran diferenciación, de las células y tejido unicelular, con escasa o nula diferenciación de tejidos	Plantas (plantas de semilla, musgos y helechos). Animales (vertebrados y invertebrados) Protistas (algas, hongos y protozoos).
Bacterias	Procariota (b)	Química celular parecida a las eucariota	La mayoría de las bacterias
Arqueobacterias	Procariota (b)	Química celular distintiva	Metanogénesis, halófilos, termacidófilos

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1996)

b. Organismos Patógenos

Los organismos patógenos que se encuentran en el agua residual pueden proceder de desechos humanos que estén infectados o que son portadores de una determinada enfermedad. Las principales clases de organismos patógenos presentes en el agua residual son: Bacterias, virus y protozoarios. Los organismos bacterianos patógenos que pueden ser excretados por el hombre causan enfermedades del aparato intestinal como la fiebre tifoidea y paratifoidea, la disentería, diarreas y cólera.

c. Organismos Indicadores

Los organismos patógenos se presentan en el agua residual contaminada en cantidades muy pequeñas y, además, resultan difíciles de aislar y de identificar. Por ello se emplea el organismo coliforme como organismo indicador, puesto que su presencia es más numerosa y fácil de comprobar. El sistema intestinal humano contiene innumerables bacterias conocidas como organismos coliformes, cada humano evacua de 100,000 a 400,000 millones organismos coliformes cada día.

Por ello, se puede considerar que la presencia de coliformes puede ser un indicador de la posible presencia de organismos patógenos, y que la ausencia de aquellos es un indicador de que el agua está libre de organismos que puedan causar enfermedades.

2.3. Contaminantes de importancia en el tratamiento del agua residual

El agua residual vertida sobre cualquier fuente de agua natural originará en ella cierto grado de contaminación, por ello debemos controlar los efectos indeseables a fin que el cuerpo receptor no altere sus propiedades, sus características se vuelvan inaceptables para el uso en el que fue propuesto. En la tabla 2.2 se muestra en forma muy breve y generalizada la importancia e impacto hacia el medio ambiente de los diferentes contaminantes.

Razones de su importancia:

- 1. Sólidos suspendidos:** Desarrollan depósitos de lodos y condiciones anaerobias cuando se descarga agua residual cruda a algún medio acuático.
- 2. Materia orgánica biodegradable:** Puede producir el agotamiento del OD del cuerpo receptor el cual es desfavorable para la flora y fauna presente en dicho cuerpo, se mide en términos de DBO y DQO, y está compuesta de proteínas carbohidratos y grasas.
- 3. Patógenos:** Producen enfermedades.
- 4. Nutrientes:** El C, N, P son nutrientes que pueden ocasionar vida acuática indeseable y descargados sobre el suelo, pueden contaminar el agua subterránea.
- 5. Materia orgánica refractaria:** Resistente al tratamiento convencional.
- 6. Metales pesados:** Proviene del agua residual doméstica e industrial, deben ser removidos si se desea reutilizar el agua.

7. Sólidos inorgánicos disueltos: El calcio, sodio y sulfatos son agregados al suministro doméstico original como resultado del uso y deben ser removidos para la reutilización del agua.

Tabla N° 2 : Contaminantes de importancia en el Agua Residual

Contaminante	Fuente	Efectos causados por la descarga del agua
Sustancias que consumen oxígeno(MO*biodegradabl).	ARD* y ARI* (proteínas, carbohidratos, grasas, aceites).	Agotamiento del oxígeno, condiciones sépticas.
Sólidos suspendidos	ARD y ARI; erosión del suelo.	Depósito de lodo; desarrollo de condiciones anaeróbicas.
<ul style="list-style-type: none"> • Nitrógeno(nutriente) • Fósforo (nutriente) 	ARD, ARI y ARA* ARD y ARI; descarga natural.	Crecimiento indeseable de algas y plantas acuáticas.
Microorganismos patógenos	ARD	Comunicación de enfermedades.
Materia tóxica <ul style="list-style-type: none"> • Metales pesados • Compuestos orgánicos tóxicos 	ARI ARA y ARI	Deterioro del ecosistema; envenenamiento de los alimentos en caso de acumulación.
MO refractario (Difícil de degradar biológicamente)	ARI (fenoles, surfactantes), ARD (surfactantes) y ARA (pesticidas, nutrientes); Materia resultante del decaimiento de la MO.	Resisten el tratamiento convencional, pero pueden afectar el ecosistema.
Sólidos inorgánicos disueltos <ul style="list-style-type: none"> • Cloruros • Sulfuros • pH 	Abastecimiento de agua, uso de agua Abastecimiento agua, uso agua, infiltración ARD y ARI ARI	Incremento del contenido de sal.
Olores: H ₂ S	Descomposición de ARD	Molestia pública

*MO; Materia orgánica *ARD: Aguas residuales domésticas *ARI: Aguas residuales industriales; *ARA: Aguas residuales agrícolas.Fuente: Alaerts (1995)

Tabla N°3: Composición típica del ARD

Constituyente	Concentración			
	Unidades	Fuerte	Media	Débil
Sólidos Totales	mg/l	1200	720	350
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	850	500	250
Fijos	mg/l	525	300	145
Volátiles	mg/l	325	200	105
Sólidos Suspendidos	mg/l	350	220	105
Fijos	mg/l	75	55	20
Volátiles	mg/l	275	165	80
Sólidos Sedimentables	ml/l	20	10	5
Demanda Bioquímica de	mg/l	400	220	110
Carbono Orgánico Total	mg/l	290	160	80
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	1000	500	250
Nitrógeno (total en la forma N)	mg/l	85	40	20
Orgánico	mg/l	35	15	8
Amoniaco libre	mg/l	50	25	12
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo (total en la forma P)	mg/l	15	8	4
Orgánico	mg/l	5	3	1
Inorgánico	mg/l	10	5	3
Cloruros	mg/l	100	50	30
Alcalinidad (como CaCO ₃)	mg/l	200	100	50
Grasa	mg/l	150	100	50
Sulfato	mg/l	34	22	12
Coliformes totales	N°/100 ml	10 ⁷ - 10 ⁸	10 ⁷ - 10 ⁸	10 ⁶ - 10 ⁷
Compuestos orgánicos volátiles	µg/l	>400	100 - 400	<100

(1) Estos valores dependen de la cantidad presente de agua en el suministro



Figura N° 1 : Composición media de las ARD (Metcalf y Eddy 1985)

2.4. Aspectos Generales del Distrito de Víctor Larco Herrera



Fotografía N° 1 : Vista de la Plaza de Armas de Víctor Larco Herrera



Fotografía N° 2 : Vista del Distrito de Víctor Larco Herrera

El distrito de Víctor Larco Herrera es uno de los once distritos de la provincia de Trujillo, ubicada en la región La Libertad. Se ubica sobre una planicie a orillas del océano Pacífico y se encuentra unido por una conurbación con la ciudad de Trujillo en la provincia de Trujillo, Departamento de La Libertad y está considerado como uno de los 9 distritos que conforman el área urbana conocida como Trujillo Metropolitano. Víctor Larco es el distrito con mayor índice de desarrollo humano (IDH) de la ciudad de Trujillo, según estudio publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

A principios del siglo XX, por su clima benigno y fresco, se le conocía como Buenos Aires y posteriormente en 1945 obtuvo el nombre de Víctor Larco Herrera en memoria del ilustre filántropo trujillano quien fue un benefactor del distrito que está mayoritariamente habitado por familias de clase media-alta y clase alta.

En la actualidad Víctor Larco es un centro urbano comercial y residencial que aún conserva gran parte de áreas verdes; posee zonas comerciales como la avenida Larco, la avenida Fátima, etc., zonas residenciales en crecimiento, centros de educación de todo nivel que reúne estudiantes y docentes de diferentes partes del país, atractivos turísticos entre los que destacan el Túnel de los Deseos en el Paseo de las Aguas, la iglesia de Huamán que data de la época colonial, el balneario de Buenos Aires, el Mural de Caballos de Paso, entre otros. Hacia la parte sur del distrito aún se conserva parte de su campiña en la zona cercana al río Moche y su desembocadura en el océano Pacífico.

Ubicación

Víctor Larco está situado en la parte suroeste de la provincia de Trujillo a la margen derecha del río Moche el cual es la referencia del límite hacia el sur con Moche. Hacia el oeste limita con el océano Pacífico. Limita hacia el norte con los distritos de Huanchaco y distrito de Trujillo y hacia el este limita también con el distrito de Trujillo.

A la fecha es un dinámico distrito con más de 60.000 habitantes, que presenta dos sectores: Por un lado esta la parte baja con el antiguo pueblo y los populosos asentamientos humanos cercano al litoral (72% de la población) como Huaman, Liberación Social, etc y en contraste por otro lado las amplias urbanizaciones residenciales (28%) en los sectores más elevados y pudientes de la ciudad como El golf, Palmeras del Golf, Las Palmas, California, etc todos estos cuentan con agencias bancarias, supermercados, farmacias, spa's, centros comerciales, boutiques, etc.

Aquí también tiene sede "El Golf y Country Club de Trujillo" que cuenta con su campo de Golf y el ya famoso y exclusivo hotel "El Golf" 5 estrellas. Así mismo cuenta con colegios de renombre en la ciudad, también se ubica en el distrito la sede de la Universidad César Vallejo, por último encontramos al balneario de Buenos Aires al final de la av Larco.

El distrito experimento en el año 2009 un aumento de construcción de edificios de departamentos que continua hasta la actualidad cambiándole drásticamente la cara al distrito en muchas de zonas de su jurisdicción, esto debido al gran auge de la minería y la agroindustria propias de la región La Libertad

POBLACION

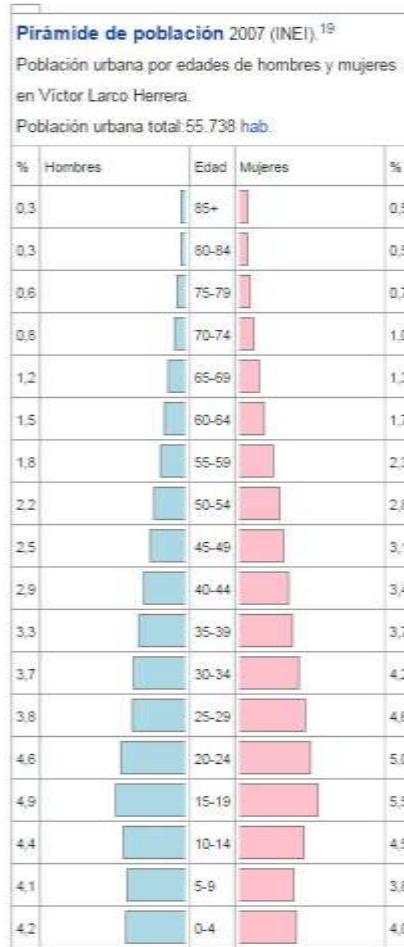


Figura N° 2 :
Pirámide de la población.
(INEI . 2007)

Según los resultados del censo de población y vivienda del año 2007; la población total censada del distrito Víctor Larco para ese año era de 55 781 habitantes, existiendo una población urbana de 55.738 habitantes y una población rural de 43 habitantes.

Para el año 2016 el INEI estima una población de 63,317 habitantes distribuidos mayormente en zonas urbanas del distrito.

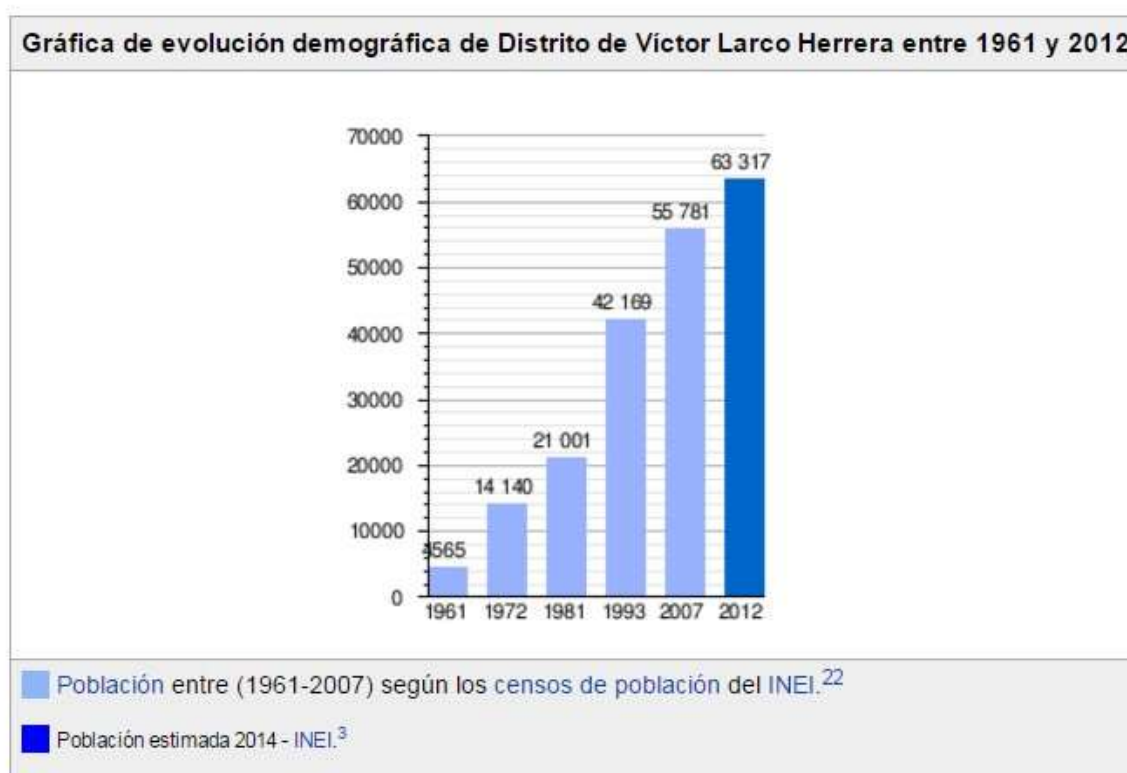


Figura N° 3 : Evolución demográfica del Distrito de Víctor Larco Herrera

Localidades

En el distrito de Víctor Larco Herrera existen las siguientes localidades llamadas comúnmente barrios o urbanizaciones: Buenos Aires, esta localidad y balneario se ubica a orillas del Océano Pacífico. Se sub-divide en tres zonas: Buenos Aires Sur que se extiende hasta el límite con el Distrito de Moche, Buenos Aires Centro y Buenos Aires Norte que se extiende hasta el límite con el Distrito de Huanchaco. En la zona norte de esta localidad se encuentra ubicada la sede de la municipalidad del Distrito de Víctor Larco.

Huamán, Conocido comúnmente como Huamán se ubica al oeste de la ciudad de Trujillo, en Víctor Larco Herrera. Sus principales atractivos turísticos son su iglesia, única estilo barroco mestizo del norte peruano, y las festividades patronales del Señor de Huamán y del Señor del Mar que se celebran cada año entre mayo y junio.

Vista Alegre, localidad ubicada en la zona central del distrito tiene como vías principales a la avenida Larco y la avenida Manuel Seoane.

California, esta localidad tiene como vía principal a la avenida Los Ángeles. Alberga residenciales y centros comerciales.

El Golf, esta localidad principalmente residencial se ubica en la zona sur del distrito. Alberga al Golf y Country Club de Trujillo. Tiene como vía principal a la avenida El Golf. Es la localidad donde habita la mayoría de personas de clase media-alta de la ciudad de Trujillo.

Santa Edelmira, esta localidad se ubica entre la avenida Larco y la avenida Huamán. Alberga al Parque Santa Edelmira y también al colegio Santa Edelmira.

Fátima, se ubica entre la avenida Fátima y la avenida Larco. Alberga a la Iglesia de Fátima.

Las Hortencias de California

San José de California

San Pedro

San Andrés V Etapa

Las Palmeras del Golf

Las Flores del Golf

Los Jardines del Golf

Las Palmas

Los Sauces

Las Flores

Las Vegas

Liberación Social

Magisterial El Golf

La Encalada

Villa Florencia, urbanización ubicada en Buenos Aires.

Avenidas principales

Algunas de las vías o avenidas más importantes de Víctor Larco son;

Avenida Larco

Esta avenida toma su nombre del ilustre filántropo trujillano Víctor Larco Herrera, es una avenida de suma importancia a nivel del distrito y también en la ciudad de Trujillo, hacia el oeste la avenida se inicia en el balneario de Buenos Aires y es de las más comerciales y visitadas del distrito; La avenida concentra gran cantidad de negocios e instituciones, a su paso alberga restaurantes muchos de tipo gourmet, tiendas y centros educativos. La avenida es una de las principales entradas al distrito de Víctor Larco para todos aquellos que vienen del nor este de la ciudad, así también se interseca con otras importantes avenidas del distrito, convirtiéndola en una arteria muy importante por lo que concentra gran cantidad de tráfico y gente. En esta avenida se ubica la sede principal de la Universidad César Vallejo, la estación de televisión UCV Satelital así, el Paseo de aguas, restaurantes, bares, discotecas, boutiques, spa's, etc.

Avenida Manuel Seoane, se extiende desde la avenida Huamán y se prolonga hasta el balneario de Buenos Aires.

Avenida Fátima en el límite con el distrito de Trujillo hacia el norte inicia en la avenida Larco y se extiende hacia la vía de evitamiento de la ciudad.

Avenida El Golf se ubica en la urbanización el Golf, inicia en la avenida Los Ángeles.

Avenida Dos de mayo, nombre que toma la vía de evitamiento, antes denominada carretera industrial, en el distrito de Víctor Larco.

Avenida Prolongación César Vallejo, es la continuación de la Avenida César Vallejo; en la intersección de esta avenida con la avenida Fátima se ubica el Real Plaza de Trujillo.

Avenida Prolongación Juan Pablo II, esta avenida nace de la bifurcación de un tramo de la avenida España y se prolonga hacia el distrito de Víctor Larco.

Avenida Huamán, toma su nombre del histórico y tradicional pueblo de Santiago de Huamán, donde nace esta avenida.

Avenida Los Paujiles, inicia en la avenida Larco y se prolonga hacia la avenida Juan Pablo II; en la intersección de esta avenida con la avenida Larco se ubica la sede principal de la Universidad César vallejo.

José Faustino Sánchez Carrión, esta vía nace en la avenida Huamán y se prolonga hasta el océano Pacífico en el balneario de Buenos Aires.

Deportes

Algunos de los deportes más practicados en Víctor Larco son el vóley, el básquetball, la natación, karate, etc. los deportes más seguidos y practicados son el fútbol y el vóley. Cada año se desarrolla en el distrito un torneo de fútbol con la participación de clubes locales.

Entre los escenarios deportivos de Víctor Larco se encuentran:

Complejo Deportivo Golf y Country Club, es uno de los clubs con infraestructura para diversas disciplinas deportivas. Cuenta con cancha de golf de 16 hoyos, campo de tenis de arcilla, campo de paleta de frontón, campo de fútbol, cancha de básquet, campo de vóley, bochas, salón de gimnasio y aeróbicos, salón de billas y billar, salón de judo, una piscina semi olímpica, etc.

Estadio Vista Alegre, se ubica en la localidad de Vista Alegre y es uno de los escenarios donde se desarrollan la liga distrital de fútbol de Víctor Larco.

Coliseo Municipal, se ubica en la avenida Larco.

La Villa Vallejana, es el lugar de concentración del club deportivo de fútbol profesional Universidad César Vallejo. Se ubica en la localidad denominada La Encalada.



Fotografía N° 3 : Vista de parque de la Juventud en el Distrito de Victo Larco Hererra

Demarcación política:




El Distrito de Víctor Larco Herrera, es uno de los 07 distritos, de la Provincia de Trujillo y se ubica al Norte Oeste de la Capital de la Provincia de Trujillo.

DESCRIPCIÓN FÍSICA:

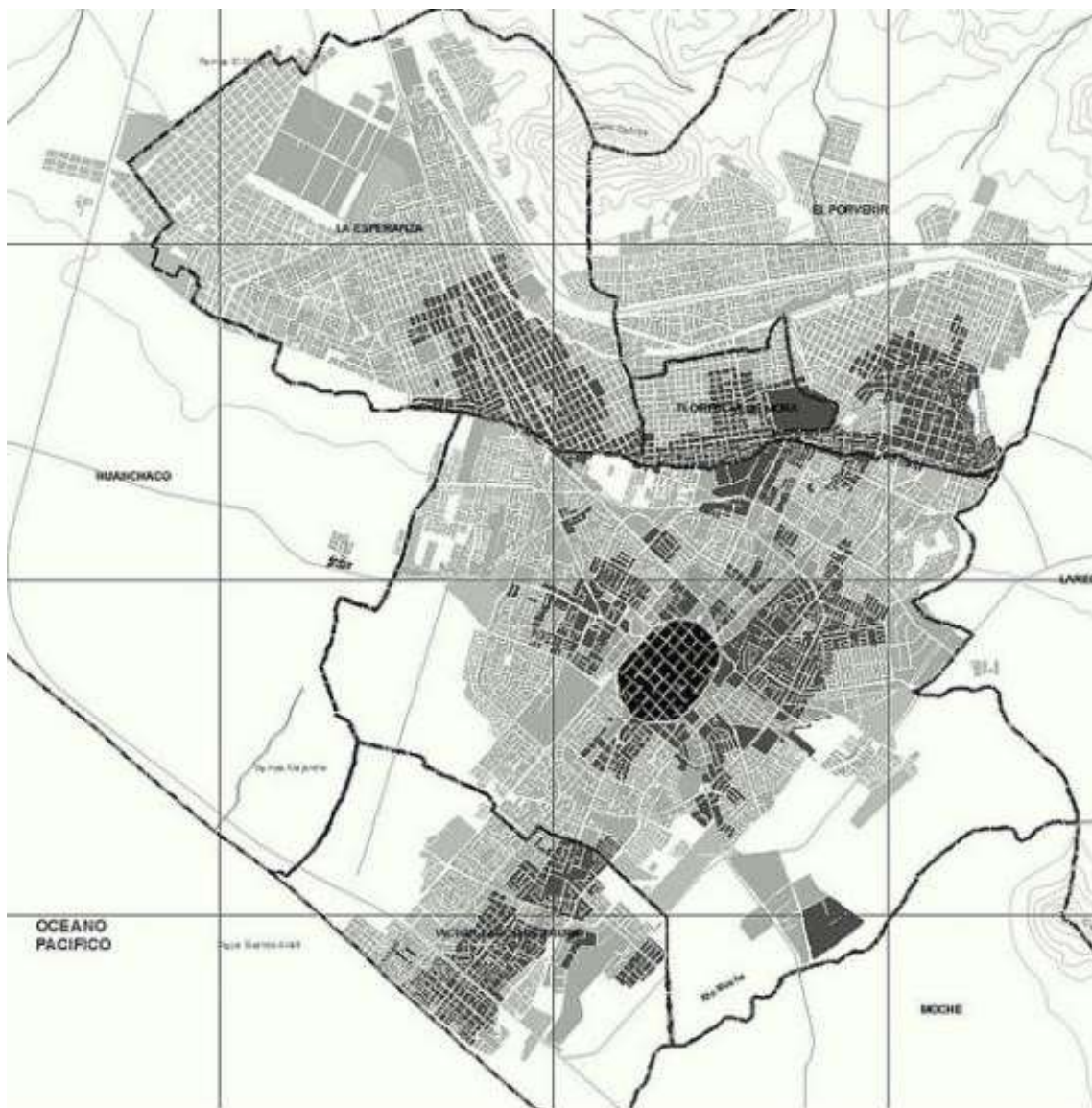
Extensión:


Víctor Larco está situado en la parte suroeste de la provincia de Trujillo a la margen derecha del río Moche el cual es la referencia del límite hacia el sur con Moche. Hacia el oeste limita con el océano Pacífico. Limita hacia el norte con los distritos de Huanchaco y distrito de Trujillo y hacia el este limita también con el distrito de Trujillo. En el siguiente cuadro se presenta la ubicación geográfica de Víctor Larco Herrera con respecto a los distritos metropolitanos de Trujillo y la distancia aproximada entre plazas de armas de distritos:

Límites:

<p><i>Noroeste:</i></p>  <p><u>Océano Pacífico,</u> <u>Huanchaco(a 0 y 12km.)</u></p>	<p><i>Norte:</i> <u>Huanchaco,</u> <u>Trujillo</u> (a 12 y 4km.)</p>	<p><i>Nordeste:</i> <u>Trujillo</u> (a 4km.)</p>
<p><i>Oeste:</i></p>  <p><u>Océano Pacífico,</u> <u>Huanchaco(a 0 y 12km.)</u></p>		<p><i>Este:</i><u>Trujillo(a</u> <u>4km.)</u></p>

TESIS : “PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA REUSO EN RIEGO DE PARQUES Y JARDINES EN EL DISTRITO DE VICTOR LARCO HERRERA ,PROVINCIA TRUJILLO.LA LIBERTAD”



<p><i>Suroeste:</i></p>  <p><u>Océano Pacífico</u> (a 0km.)</p>	<p><i>Sur:</i></p>  <p><u>Océano Pacífico,</u> <u>Moche</u>(a 0 y 7km.)</p>	<p><i>Sudeste:</i></p> <p><u>Moche,</u> <u>Salaverry</u>(a 7 y 14km.)</p>
--	--	---

Plano N° 1 : Ubicación del Distrito de Victor Larco Herrera



Plano N° 2 : Ubicación del Distrito de Victor Larco Herrera

RECOMENDACIÓN PARA EVITAR USO IRRACIONAL DEL RECURSO HÍDRICO.AGUA POTABLE PARA RIEGO DE PARQUES Y JARDINES.

A partir del 01 de enero del 2013, municipios que usen agua potable para esos fines pagarán tarifa comercial. La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) recuerda que a partir del 01 de enero del 2013 aquellas municipalidades que decidan seguir regando sus parques y jardines con agua potable deberán pagar la tarifa comercial y no la estatal, como se viene registrando a la fecha.

El objetivo de esta medida es promover el riego de parques y jardines públicos con aguas residuales tratadas y no con agua potable, o de lo contrario que los Municipios adecúen otro sistema que reúse las aguas residuales.

“La idea es incentivar a los municipios al reúso de las aguas residuales tratadas para el riego de parques y jardines a nivel nacional y priorizar el uso de agua

potable para el consumo humano", sostuvo Iván Lucich, Gerente de Regulación Tarifaria de la SUNASS.

"Esperamos que con una menor utilización del agua potable para el riego de parques y jardines, se tenga una mayor disponibilidad de este bien tan escaso, para consumo doméstico", añadió.

En el caso de Lima y Callao, cuyo servicio es brindado por Sedapal, los municipios que decidan seguir usando el agua potable para regar parques y jardines públicos pagarán a partir del próximo 01 de enero, S/. 4.32 por metro cúbico hasta 1,000 m³, y si exceden ese volumen de agua potable el costo se eleva a S/. 4.63 por m³. La tarifa estatal que hoy se les aplica es de S/. 2.42 por m³.

La función de SUNASS, el regulador del agua potable, es normar, regular, supervisar y fiscalizar a las empresas de saneamiento a nivel nacional, resolviendo los reclamos en segunda instancia administrativa.

LIMPIEZA PÚBLICA

Campañas de Limpieza:

Durante los meses de enero a junio del año 2013 se realizó campañas de limpieza, eliminando los puntos críticos y residuos sólidos de la construcción que se encontraban en la vía pública. También se realizó campañas de limpieza (desarenado) en las Avenidas y otras principales avenidas.

Actividades realizadas:

- a) Recolección de residuos sólidos
- b) Transporte de residuos sólidos
- c) Disposición final de residuos sólidos
- d) Cobertura y frecuencia

e) Barrido de calles

Campañas Ambientales:

En el presente año se continúa con el programa de segregación de residuos sólidos en la fuente, en los sectores, capacitando a los habitantes de 3,500 viviendas, para que realicen el proceso de selección y clasificación de los residuos sólidos en sus domicilios. Es decir para que coloquen en una bolsa de plástico color amarillo (bolsa de reciclaje), previamente entregada por la municipalidad, todos aquellos residuos sólidos reciclables (papeles, cartones, plásticos, metales y vidrios), contribuyendo así a la protección y conservación del medio ambiente.

2.10. ÁREAS VERDES

Servicio de jardinería

Se cuenta con aproximadamente **25.40 hectáreas destinadas a la habilitación de áreas verdes**, entre las que se encuentran parques, plazuelas, bermas centrales, laterales, entre otros; los mismos a los que se les brinda atención de mantenimiento, tanto de corte de grass, poda de árboles, deshierbe, fertilización y riego de las áreas verdes.

Servicio de vivero

Se está realizando la implementación de un vivero municipal, a fin de producir todas las especies forestales y ornamentales que se requieren para el embellecimiento de las diversas áreas verdes de nuestro distrito.

2.11.SERVICIO DE RIEGO

Dado que actualmente las áreas verdes se han incrementado, estas requieren una atención de mantenimiento en riego de las mismas, por lo que la División de Áreas Verdes cuenta con 02 camiones cisterna destinados exclusivamente al riego de estas áreas verdes y también de los árboles, trabajando en doble turno.

Fumigación

Se realiza programas de fumigación 2 veces al año, para eliminar y/o prevenir las plagas de las plantas. Esta actividad se realiza a través de pulverizadoras manuales y moto pulverizadora. También se programa campañas de fumigación para eliminar insectos vectores de enfermedades, en colegios, mercados, clubes de madres, etc.

Recojo de maleza

La Municipalidad cuenta con dos vehículos (camión) que en forma permanente realiza recojo de las malezas que se generan en la poda y corte de césped; contando con un responsable (conductor) y dos operarios



Fotografía N° 4 : Vista de áreas verdes en el Distrito Victor Larco Herrera 2.12.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Para la aplicación de las Especificaciones Técnicas Generales para la planta de tratamiento de aguas residuales para reúso en riego de parques y jardines en el Distrito de Victor Larco Herrera, provincia Trujillo. La Libertad , se presenta el siguiente Glosario de Términos a utilizar :

- **Aireación del agua.** Término para definir la acción de airear, ventilar o inyectar aire al agua cuyo efecto da lugar a la disolución de una pequeña parte de oxígeno en el agua (OD).
- **Aguas residuales.** Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.
- **Aportación de aguas residuales.** Se designa al volumen de aguas residuales que genera cada persona en forma diaria, se define en l/hab/d.
- **Biosfera.** Biósfera o biosfera es el sistema material formado por el conjunto de los seres vivos propios del planeta Tierra, junto con el medio físico que les rodea y que ellos contribuyen a conformar. Este significado de "envoltura viva" de la Tierra, es el de uso más extendido, pero también se habla de biosfera a veces para referirse al espacio dentro del cual se desarrolla la vida, también la biosfera es el conjunto de la litósfera, hidrósfera y la atmósfera.
- **Capilaridad.** La capilaridad es una propiedad de los líquidos que depende de su tensión superficial la cual, a su vez, depende de la cohesión o fuerza intermolecular del líquido y que le confiere la capacidad de subir o bajar por un tubo capilar.
- **Coeficiente de aportación.** Es la relación entre Aportación de Aguas Residuales y Dotación de Agua Potable, la cual varía entre 0.7 y 0.8

- **Cobertura de agua potable.** Porcentaje de la población que habita en viviendas particulares que cuenta con agua entubada dentro de la vivienda, dentro del terreno o se abastece de una llave pública o hidrante.
- **Cobertura de alcantarillado sanitario.** Porcentaje de la población que habita en viviendas particulares, cuya vivienda cuenta con un desagüe conectado a la red pública de alcantarillado sanitario , a una fosa séptica, a un río, lago o mar, o a una barranca o grieta.
- **Cuerpo receptor.** La corriente o depósito natural de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, tratadas o no así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas, cuando puedan contaminar los suelos, el subsuelo o los acuíferos.
- **Dotación de agua potable.** Volumen de agua potable suministrado a los habitantes por día, l/hab-d.
- **DBO5.** Demanda bioquímica de oxígeno determinada en el laboratorio en cinco días, expresada en mg/l.
- **DQO.** Demanda Química de Oxígeno, expresada en mg/l.
- **Efecto capilar.** Cuando un líquido sube por un tubo capilar (de muy pequeño diámetro), es debido a que la fuerza intermolecular o cohesión intermolecular entre sus moléculas es menor que la adhesión del líquido con el material del tubo; es decir, es un líquido que moja. El líquido sigue subiendo hasta que la tensión superficial es equilibrada por el peso del líquido que llena el tubo. Éste es el caso del agua, y esta propiedad es la que regula parcialmente su ascenso dentro de las plantas, sin gastar energía para vencer la gravedad.
- **Efecto de capilaridad.** Movimiento de un líquido como el agua en o a través de los intersticios del suelo u otros materiales porosos, como resultado de la tensión superficial.

- **INEI.** Instituto Nacional de Estadística y Geografía (antes, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática).
- Localidad rural. Localidad con población menor a 2500 habitantes, que no es cabecera municipal.
- **Lixiviación.** La separación implica, normalmente, la disolución selectiva, pero en el caso extremo del lavado simple, consiste sólo en el desplazamiento de un líquido intersticial por otro, con el que es miscible. El constituyente soluble puede ser sólido o líquido y estar incorporado, combinado químicamente o adsorbido, o bien mantenido mecánicamente, en la estructura porosa del material insoluble.
- **NMP/100 ml.** Unidad o número probabilístico en que se determina la presencia estadística de organismos coliformes determinados como Escherichia Coli en aguas contaminadas, pueden ser totales o fecales.
- **Organismo operador.** Entidad encargada y responsable de proporcionar a una localidad los servicios del suministro de agua potable, de alcantarillado sanitario y saneamiento.
- **Oxígeno disuelto.** Elemento químico disuelto en el agua residual, cuya concentración se mide en mg/l.
- **Pedósfera.** Es la capa más exterior de la Tierra, que está compuesta de suelo y está sujeta a los procesos de formación del suelo.
- **Reúso.** La explotación, uso o aprovechamiento de aguas residuales con o sin tratamiento previo.
- **Sólidos suspendidos totales (SST).** Partículas sólidas presentes en un líquido como el agua residual donde su concentración es expresada en mg/l.

- **Sanearamiento.** Recolección y transporte del agua residual y el tratamiento tanto de ésta como de los subproductos generados en el curso de esas actividades, de forma que su evacuación produzca el mínimo impacto en el medio ambiente.
- **Consultor:** La persona natural o jurídica que presta servicios profesionales altamente calificados en la elaboración de estudios y proyectos; en la inspección de fábrica, peritajes de equipos, bienes y maquinarias; en investigaciones, auditorias, asesorías, estudios de prefactibilidad y de factibilidad técnica, económica y financiera, estudios básicos, preliminares y definitivos, asesoramiento en la ejecución de proyectos distintos de obras y en la elaboración de términos de referencia, especificaciones técnicas y bases de distintos procesos de selección, entre otros.
- **Contratista:** El proveedor que celebra un contrato con una Entidad Licitante o Contratante, de conformidad con las disposiciones de la Ley de Contrataciones y Adquisiciones del Estado y su Reglamento.
- **Domicilio Legal:** Es el lugar o sitio identificado que deberán constituir los contratistas y donde serán válidas todas las notificaciones que deban cursarse.
- **Especificaciones Técnicas Ambientales:** Recopilación organizada de las normas vigentes, generales y específicas, relacionadas con los requisitos exigidos en materia de protección y conservación del medio ambiente, aplicables a la gestión de la conservación de una red vial.
- **Estudio de Impacto Ambiental-EIA:** Es un herramienta técnica de carácter legal que se realiza con el fin de identificar y evaluar las consecuencias o alteraciones ambientales que se pueden generar con la ejecución del servicio de conservación vial, sobre el medio físico, biológico, socioeconómico y cultural, y que establece, así mismo, las acciones de prevención y mitigación orientadas a preservar las condiciones del medio.

- **Estudios y Documentos Técnicos Referenciales:** Son los estudios y Documentación técnica que estará a disposición de los Participantes en la "Sala de Datos", previa firma del acuerdo de confidencialidad. Estos documentos constituyen la referencia básica para la formulación de las Propuestas Técnicas y Económicas de los Postores.
- **Expediente Técnico de Contratación:** Conjunto de documentos en el que aparecen todas las actuaciones referidas a la contratación del servicio de conservación vial, desde la decisión de contratarlo hasta la culminación del contrato, incluyendo la información previa referida a las características técnicas, valor referencia, la disponibilidad presupuestal y su fuente de financiamiento.
- **Expediente Técnico:** El conjunto de documentos que comprende: memoria descriptiva, especificaciones técnicas, planos de ejecución de obra, metrados, presupuesto, valor referencial, análisis de precios, calendarios de avance y fórmulas polinómicas y, si el caso lo requiere, todos los Estudios y Disciplinas de Ingeniería desarrollados que lo sustentan o complementan.
- **Gobierno Nacional:** Es el gobierno ejercido por el Poder Ejecutivo, de acuerdo con la Constitución Política, su Ley Orgánica y la Ley de Bases de la Descentralización.
- **Obra:** Elemento físico resultado de un diseño y de la ejecución de trabajos que requieren necesariamente de un Expediente Técnico y Dirección Técnica para su realización, empleando mano de obra, materiales, equipo, o alguno(s) de éstos.
- **Obra Pública:** Obra que ejecuta en forma directa o indirecta una entidad del Estado con la finalidad de servir al público.
- **Pasivos Ambientales:** Están constituidos por los diferentes aspectos que se generaron principalmente durante el proceso constructivo (taludes inestables, fuentes de agua alteradas, cauces afectados, accesos, depósitos de material

excedente, maquinaria abandonada, campamentos, losas, residuos y basura), y que al no ser mitigados adecuadamente, continúan alterando o influenciado el desarrollo de actividades socio ambientales.

- **Plan de Manejo Ambiental:** Constituye el aspecto principal del EIA y contiene un conjunto estructurado de medidas destinadas a evitar, mitigar, restaurar o compensar los impactos ambientales negativos previsibles identificados, con ocasión de la actividad vial. Las medidas técnicas de mitigación de impactos que se proponen, están conceptual y legalmente apoyadas en los instrumentos técnicos y normativos nacionales para la actividad, así como a potenciar los impactos positivos, reducir o eliminar los negativos y compensar las pérdidas que se podrían ocasionar por la ejecución de las obras.
- **Sistema Electrónico de Adquisiciones y Contrataciones del Estado (SEACE):** Sistema electrónico que permite el intercambio de información y difusión sobre las adquisiciones y contrataciones del Estado, así como la realización de transacciones electrónicas.
- **Servicio en General:** La actividad o labor que realiza una persona natural o jurídica para atender una necesidad de la entidad, pudiendo estar sujeta a resultados para considerar terminadas sus prestaciones.

Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento (EPS Saneamiento).-Es aquella empresa o institución pública, municipal o mixta, constituida con el exclusivo propósito de brindar servicios de saneamiento en el ámbito urbano. Es quien produce, distribuye y comercializa el agua potable, y quien se encarga de la recolección, tratamiento y disposición final de las aguas servidas, la recolección de las aguas provenientes de las lluvias y la disposición sanitaria de excretas.

Entidad de Fiscalización Ambiental (EFA).- Entidad pública de ámbito nacional, regional o local que tiene atribuida alguna o todas las acciones de fiscalización

ambiental, en sentido amplio. Excepcionalmente, y por disposición legal, puede ser considerada EFA aquel órgano de línea de la entidad que se encuentre facultado para realizar funciones de fiscalización ambiental.

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 para el ambiente.

Fiscalización Ambiental.- Acción de control que realiza una entidad pública dirigida a verificar el cumplimiento de las obligaciones ambientales fiscalizables de un administrado, sea una persona natural o jurídica de derecho privado o público. Comprende las acciones de fiscalización ambiental que son ejercidas por el OEFA y las EFA de acuerdo a sus competencias, y puede ser entendida en sentido amplio y en sentido estricto.

- **Fiscalización ambiental en sentido amplio:** Comprende las acciones de vigilancia, control, monitoreo, seguimiento, verificación u otras similares que se enmarcan dentro de las funciones de evaluación, supervisión, fiscalización y sanción con la finalidad de asegurar el cumplimiento de obligaciones ambientales fiscalizables.
- **Fiscalización ambiental en sentido estricto:** Comprende la facultad de investigar la comisión de posibles infracciones administrativas y la de imponer sanciones y medidas correctivas.

Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS).- Son organizaciones elegidas voluntariamente por las comunidades y se constituyen con el propósito de administrar, operar y mantener los servicios de saneamiento de uno o más centros poblados del ámbito rural.

Límite Máximo Permissible (LMP).- Es la medida de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan al efluente o una emisión, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA).- Es un organismo público técnico especializado, con personería jurídica de derecho público interno, se encuentra adscrito al MINAM y se encarga de la fiscalización, supervisión, evaluación, control y sanción en materia ambiental, así como de la aplicación de incentivos. Es el ente rector del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental.

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas y/o Municipales.- Infraestructura y procesos que permiten la depuración de aguas residuales domésticas y/o municipales.

Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental (SINEFA).- Creado mediante Ley N° 29325, modificada por la Ley N° 30011, con la finalidad de articular las funciones de fiscalización ambiental a nivel nacional, regional y local. Valores Máximos Admisibles (VMA)




Valor de la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos y/o químicos.- que caracterizan a un efluente no doméstico que va a ser descargado a la red de alcantarillado sanitario, que al ser excedido causa daño inmediato o progresivo a las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias y equipos de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, y tiene influencias negativas en los procesos de tratamiento de las aguas residuales.

¿Cómo se clasifican las aguas residuales?

Aguas residuales industriales Son aquellas que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras.

Aguas residuales domésticas Son aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestas adecuadamente.

Aguas residuales municipales Son aquellas aguas residuales domésticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.




Principales problemas asociados a las aguas residuales:

1

Déficit de cobertura por Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS Saneamiento) a nivel nacional

- De las **50 EPS** Saneamiento que brindan el servicio de alcantarillado, sólo se brinda cobertura al **69,65%** de la población urbana.
- La **población no cubierta** vierte directamente sus aguas residuales sin tratamiento al mar, ríos, lagos, quebradas o, las emplean para el riego de cultivos.



REALIDAD PROBLEMÁTICA DE DEFICIENCIA DE AGUA PARA RIEGO DE PARQUES Y JARDINES EN DISTRITO VÍCTOR LARCO HERRERA.

El Distrito de Victor Larco Herrera, cuenta con aproximadamente **25.40 hectáreas** destinadas a la habilitación de áreas verdes, entre las que se encuentran parques, plazuelas, bermas centrales, laterales, vivero Municipal , entre otros. y emplea semanal un volumen de 100,000 galones de agua potable para regar las plantas existentes en los parques y jardines.

Así mismo esta labor de riego se emplea 02 camiones cisternas y trabajan a doble turno todas las semanas para brindar un mantenimiento y vida a todas plantas que se encuentran en parques jardines, plazuelas, bermas centrales, bermas laterales ,vivero municipal en el Distrito Victor Larco Herrera.

La finalidad de nuestro trabajo de investigación es proponer alternativas de tratamientos de aguas residuales, para poder usar para riego de parques, plazuelas, bermas centrales, bermas laterales, vivero municipal, por lo que debe tener tratamiento primario, tratamiento secundario, tratamiento terciario, y así evitar la contaminación para los habitantes y visitantes del distrito de Victor Larco Herrera.



Fotografía N°5 : Vista de parques y jardines de Víctor Larco Herrera

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA):

El OEFA ejerce funciones de evaluación, supervisión y fiscalización en lo referido al tratamiento de las aguas residuales provenientes de las actividades económicas de sectores como la mediana y gran minería, hidrocarburos en general, electricidad, procesamiento industrial pesquero, acuicultura de mayor escala, así como producción de cerveza, papel, cemento y curtiembre de la industria manufacturera.

Los titulares de las actividades económicas descritas deben cumplir con no exceder los LMP para los efluentes que generan antes de que sean descargados a la red de alcantarillado o a los cuerpos receptores. El OEFA es la autoridad facultada para supervisar directamente en estos casos, así como también de aplicar sanciones en caso se excedan los LMP.

Asimismo, como ente rector del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental, supervisa la labor fiscalizadora de las EFA, entre las cuales se encuentran las municipalidades distritales y provinciales, los gobiernos regionales, la Autoridad Nacional del Agua, o los ministerios (Producción, Agricultura y Riego, etc.) que tienen la responsabilidad de supervisar el adecuado manejo de las aguas residuales respecto de las actividades económicas que se encuentran dentro del ámbito de su competencia.

OTRAS ENTIDADES VINCULADAS AL CONTROL DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL PERÚ

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS):

Es la entidad que vela por la calidad del servicio que deben brindar las EPS Saneamiento. Norma, regula, supervisa y fiscaliza, dentro del ámbito de su competencia, la prestación de servicios de saneamiento a nivel nacional y, de acuerdo a su rol regulador, también es responsable de sancionar y solucionar controversias y reclamos.

Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS Saneamiento):

Tienen como finalidad operar y mantener en condiciones adecuadas los componentes de los sistemas de abastecimiento de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario, y deben prestar dichos servicios con oportunidad y eficiencia.

Para ello, las EPS Saneamiento están obligadas a:

- Producir, distribuir y comercializar agua potable, así como recolectar, tratar y disponer adecuadamente las aguas servidas.
- Recolectar las aguas pluviales y disponer sanitariamente las excretas.
- Ejecutar programas de mantenimiento preventivo anual a fin de reducir riesgos de contaminación de agua para consumo, de interrupciones o restricciones de los servicios.
- Realizar un control de los Valores Máximos Admisibles (VMA) a través de laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI), estando facultado para imponer sanciones en caso el generador incumpla con las obligaciones dispuestas en la normativa vigente, sin perjuicio de la aplicación de sanciones establecidas en otras leyes y reglamentos.

Ministerio de Salud (MINSA):

El Ministerio de Salud, a través de Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), tiene la función de establecer las normas técnicas sanitarias para el abastecimiento de agua para consumo humano; y el manejo, reúso y vertimiento de aguas residuales domésticas y disposición de excretas. Asimismo, vigila la calidad sanitaria de los sistemas de agua y saneamiento para la protección de la salud de la población. También, diseña e implementa el sistema de registro y control de vertimientos con relación a su impacto en el cuerpo receptor.

MARCO LEGAL DEL PROYECTO

Lineamiento y dispositivos ambientales

a. Constitución política del Perú

La norma legal de mayor jerarquía del Perú es la constitución política (1993), que resalta entre los derechos esenciales de la persona humana, el derecho de gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida. Igualmente, en el título III del régimen económico, capítulo II del ambiente y los recursos naturales renovables y no renovables, son patrimonio de la nación, y mediante ley orgánica se fija las condiciones de su utilización y de su otorgamiento a particulares.

Así mismo, promueve el uso sostenible de los recursos naturales. También menciona que el estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

b. Ley General del ambiente

La ley general del ambiente, ley N° 28611, fue aprobada el 13 de octubre del 2005, por el congreso de la república. La norma establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuada para el pleno desarrollo de la vida. Asegura así mismo el cumplimiento del deber a contribuir a un efectivo gestión ambiental y de proteger el ambiente, lo mismo que sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país.

En el marco de la política nacional del ambiente y gestión ambiental, se establece que el consejo nacional del ambiente (CONAM) es la autoridad y ente rector del sistema nacional de gestión ambiental. Se precisa también el marco jurídico del acceso a la información ambiental y participación ciudadana y los lineamientos para las políticas sobre diversidad biológica, entre otros.

Igualmente, respecto a la protección de los conocimientos tradicionales, la promisión de biotecnología, garantizan la calidad ambiental en sus diversos aspectos (aguas, ruidos y vibraciones, emisiones, aire, residuos sólidos, etc).

Un tema importante, se refiere al régimen de responsabilidad por el daño ambiental, las sanciones y medidas correctivas, medidas cautelares, registro de buena práctica e infracciones ambientales, y los medios para la resolución y gestión de conflictos ambientales.

c. Ley General de aguas y sus reglamentos

La ley N° 17752, publicada el 24 de julio de 1969 es un instrumento normativo que regula el manejo de las aguas del país, asignando responsabilidades al ministerio de agricultura como autoridad de aguas y al ministerio de salud como autoridad sanitaria. Los reglamentos correspondientes a la ley son:

1. Decreto supremo N° 261-69-AP- reglamento de los títulos I, II y III del decreto ley N° 17752.
2. Decreto Supremo N° 274-69- AP/DGA- Reglamento del titulo IV " De las Aguas Subterráneas ", D. L. N° 17752.
3. Decreto supremo N° 41-70-A- Complementación del reglamento del titulo III del D.L.N° 17752.

d. Ley general de servicios de saneamiento

La ley N° 26338, publicada el 24 de julio de 1994, es un instrumento normativo que regula la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado sanitario y disposición sanitaria de excretas, tanto en el ámbito urbano como rural.

e. Autoridad de aguas

Responsable de la conservación del agua en el país y derechos de uso- Administración Técnicas de Riego del Ministerio de Agricultura y el INRENA.

f. Autoridad sanitaria

Responsable de la vigilancia y control de los problemas referidos a la salud ambiental y la prevención de daños a la salud frente a riesgos derivados de los agentes ambientales-Rol de supervigilancia- DIGESA y el Ministerio de Salud.

Legislación aplicable a los diseños de sistemas de tratamiento del agua residual

El marco legal existente en el Perú relacionado con el diseño de los sistemas de tratamiento del agua residual es el siguiente:

Con resolución Ministerial N°290-2005- Vivienda se aprobaron 66 Normas técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones- RNE comprometidos en el índice aprobado mediante decreto supremo N° 015-2004- vivienda. Esta norma fue publicada el 26 de noviembre del 2005.

Normas peruanas

a. Normas técnica

Del reglamento nacional de edificaciones, en su título II- habitaciones urbanas, el ítem 11.3 - obras de saneamiento, se consignan las siguientes normas técnicas relativas al proyecto:

- OS: 070 Redes de aguas Residuales
- OS: 080 Estaciones de bombeo de aguas residuales
- OS.090 Plantas de tratamiento de aguas residuales

De las obligaciones, funciones y derechos

a. Constitución política del Perú (1993) Artículos del 66-68

Los recursos naturales son patrimonio de la nación, siendo el estado quien fija las condiciones de su utilización, determina la política nacional del ambiente y está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

b. Ley general de servicios de saneamiento. Artículo 2

Para los efectos de la presente ley, la prestación de los servicios de saneamiento comprende la prestación regular de servicios de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial, y disposición sanitaria de excretas, tanto en el ambiente urbano como el rural.

Artículo 10

Los sistemas que integran los servicios de saneamiento son:

1. Servicio de agua potable

- sistema de producción
- Sistema de distribución

2. Servicio de Alcantarillado Sanitario y Pluvial.

- Sistema de recolección
- Sistema de tratamiento y disposición de las aguas servidas.

3. Servicio de Disposición Sanitaria de Excretas, Sistema de letrinas y

Fosas Sépticas.

c. Ley general del ambiente

Artículo 1.- Del derecho y deber fundamental

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

Artículo 67.- Del saneamiento básico

Las autoridades públicas a nivel nacional, sectorial, regional y local, priorizan medidas de saneamiento básico que incluyan la construcción y administración de infraestructura apropiada; La gestión y manejo adecuado del agua potable, las aguas pluviales, las aguas subterráneas, el sistema de alcantarillado público, el reúso de aguas servidas, la disposición de excretas y los residuos sólidos, en las zonas urbanas y rurales promoviendo la universalidad, calidad y continuidad de los servicios de saneamiento, así como el establecimiento de tarifas adecuadas y consistentes con el costo de dichos servicios, su administración y mejoramiento.

Artículo 74.- De la responsabilidad general

Todo titular de operaciones es responsable por las emisiones, efluentes, descargas y demás impactos negativos que se generan sobre el ambiente, la salud y los recursos naturales, como consecuencia de sus actividades. Es la responsabilidad incluye los riesgos y daños ambientales que se generan por acción u omisión.

Artículo 120.- De la Protección de la calidad de las Aguas 120.1 El estado, a través de las entidades señaladas en la ley, está a cargo de la protección de la calidad del recurso Hídrico del país. 120.2. El estado promueve el tratamiento de las aguas residuales confines de su reutilización, considerando como premisa la obtención de la calidad necesaria para su reúso, sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizaran.

Artículo 121.- Del vertimiento del agua residual. El estado emite sobre la base de 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 las normas legales vigentes. **De los límites máximos permisibles (LMP)**

a. Ley general del ambiente

Artículo 32°

Del límite máximo permisible

El límite máximo permisible (LMP), es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud; al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por la respectiva autoridad competente. Según el parámetro en particular a que se refiere, la concentración o grado podrá ser expresado en máximos, mínimos o rangos.

El LMP guarda coherencia entre el nivel de protección ambiental establecido para una fuente determinada y los niveles generales que se establecen en los ECA. La implementación de estos instrumentos debe asegurar que no exceda la capacidad de carga de los ecosistemas, de acuerdo con las normas sobre la materia.

b. Resolución directoral RD N° 033-92- DIGESA

El vertimiento de cualquier naturaleza a los cursos de agua deberá ajustarse a los límites permisibles establecidos de acuerdo a la clasificación de las aguas según su uso.

c. Reglamento de la ley general de aguas.

Artículo 81

La calidad de los cuerpos de agua en general, respecto a sus usos, se clasifican en:

I. Aguas de abastecimiento domestico con simple desinfección.

II. Aguas de abastecimiento domestico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación y coloración, aprobados por el ministerio de salud

III. Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales.

IV. Aguas de zonas recreativas de contacto primario (baños y similares).

V. Aguas de zonas de pesca de mariscos.

VI. Aguas de zonas de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial. Artículo 82

Las aguas correspondientes a los diferentes usos, se regirán con los siguientes valores:

Tabla N° 4: Limites Bacteriológicos

Parámetro	I	II	III	IV	V	VI
Coliformes totales (NMP/100ml)	8.8	20,000	5,000	5,000	1,000	20,000
Coliformes fecales(NMP/100ml)	0	4,000	1,000	1,000	200	4,000

Tabla N° 5 : Limites de demanda Bioquímica de oxígeno .DBO5

Parámetro	I	II	III	IV	V	VI
DBO (mg/l)	5	5	15	10	10	10
OD (mg/l)	3	3	3	3	5	4

Tabla N° 6 : Limites de sustancias potencialmente peligrosas

Parámetro (mg./m3)	I	II	III	V	VI
Selenio	10	10	50	5	10
Mercurio	2	2	10	0.1	0.2
PCB	1	1	1+	2	2
EstereS estalatos	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Cadmio	10	10	50	0.2	4
Cromo	50	50	1,000	50	50
Níquel	2	2	1+	2	**
Cobre	1,000	1,000	500	10	*
Plomo	50	50	100	10	30
Zinc	5,000	5,000	25,000	20	**
Cianuro	200	200	1+	5	5
Fenoles	0.5	1	1+	1	100
Sulfuros	1	2	1+	2	2
Arsénico	100	100	200	10	50
Nitratos	10	10	100	NA	NA

Fuente: Ley general de la aguas

De los usos de los efluentes tratados

a. Reglamento de los títulos I, II, III de la ley general de aguas

Artículo 90

Cuando se solicitan licencias para usos de aguas de filtraciones, desagües o drenajes, para fines agrícolas, estos serán otorgados cuando su calidad, cantidad y la oportunidad de su uso permitan el éxito de una campaña agrícola. Para este efecto deberán acompañarse de un estudio hidrológico correspondiente a los análisis respectivos.

b. Complementación del reglamento del título III de decreto ley N° 17752

Artículo 182°

Será lícita la utilización de aguas servidas para irrigación, solo cuando se cuenten específicamente con la autorización sanitaria respectiva, y en los casos y con las limitaciones que especifica el presente reglamento.

Artículo 184°

Será competencia de la dirección de saneamiento ambiental del ministerio de salud, manejar el registro sanitario de todas las concesiones que se hayan otorgado por diversas entidades y para riego de tierras con aguas servidas, así como los que en el futuro se otorguen.

LEY N° 28611.- LEY GENERAL DEL AMBIENTE

“Artículo 31°.- Del Estándar de Calidad Ambiental.

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 (ECAAgua) 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.

En caso de que el vertimiento del agua residual tratada pueda afectar la calidad del cuerpo receptor, la vida acuática asociada a este o sus bienes asociados, según los estándares de calidad establecidos o estudios específicos realizados y sustentados científicamente, la Autoridad Nacional debe disponer las medidas adicionales que hagan desaparecer o disminuyan el riesgo de la calidad del agua, que puedan incluir tecnologías superiores, pudiendo inclusive suspender las autorizaciones que se hubieran otorgado al efecto. En caso de que el vertimiento afecte la salud o modo de vida de la población local, la Autoridad Nacional suspende inmediatamente las autorizaciones otorgadas.

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 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 LeyN° 27446, Ley del Sistema Nacional deEvaluación 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.

La Autoridad Nacional, en coordinación con el Consejo de Cuenca y el Ministerio del Ambiente, promueve los mecanismos de protección de la cuenca a fin de contribuir a la conservación y protección del agua y bienes asociados, así como el diseño de los mecanismos para que los usuarios de agua participen activamente en dichas actividades.

Los titulares de derechos de uso de agua que inviertan en trabajos destinados al uso eficiente, a la protección y conservación del agua y sus bienes asociados y al mantenimiento y desarrollo de la cuenca hidrográfica pueden deducir las inversiones que efectúen para tales fines de los pagos por concepto de retribución económica o tarifas de agua, de acuerdo con los criterios y porcentaje que son fijados en el Reglamento. Este beneficio no es aplicable a quienes hayan percibido otro beneficio de parte del Estado por el mismo trabajo ni cuando resulte del cumplimiento de una obligación de la normativa sectorial.”

“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 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 regadío, 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."

CAPITULO III

RESULTADOS

TECNOLOGÍA, OPERACIONES Y PROCESOS DE TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL

La prevención de la polución del agua y del suelo, sólo es posible si la definen técnicas apropiadas de tratamiento y disposición del agua residual. Sin embargo, ningún programa de control tendrá éxito si no se cuenta con los recursos financieros para la implementación, operación y mantenimiento permanente.

El agua residual recogida en comunidades, instituciones y municipios debe ser conducida, en última instancia, a cuerpos de agua receptores o deberán ser tratadas, con fines de riego. En tal sentido las cargas contaminantes y nutrientes presentes en el agua residual, deben ser removidas para la protección del entorno (humano y ambiente). La carga de contaminantes y nutrientes, constituyen el principal objetivo, por lo cual su regulación es muy importante. Estas regulaciones se norman mediante leyes y decretos, para establecer la calidad apropiada del agua, de acuerdo a sus distintos usos.

3.1 Tecnologías de tratamiento

El cambio más importante que ha ocurrido en los últimos 25 años en la implementación y manejo de sistemas de tratamiento del agua residual, es el desarrollo de nuevas tecnologías y el retorno al uso de tecnologías convencionales, pero empleando equipos modernos.

Un buen número de nuevas tecnologías han sido introducidas para los pequeños sistemas de tratamiento, y han hecho posible producir efluentes de la misma calidad o incluso mejor que los producidos por grandes plantas de tratamiento.

Ejemplos importantes incluyen el uso de tamices de disco rotatorio, procesos de lodos activados, sistemas acuáticos de tratamiento, humedales artificiales y reactores anaerobios.

El sistema de Tratamiento proyectado de aguas residuales (PTAR) estaría constituido básicamente:

- Captación y cámara de bombeo.
- Línea de Impulsión.
- Unidades de Retratamiento (cámara de rejillas, desarenador, trampa de grasa) de dos fases.
- Unidad de sedimentación o clarificación.
- Sistema de Filtración.
- Sistema de Cloración.
- Almacenamiento de agua tratada.

El área disponible con que cuenta la Municipalidad Distrital de Víctor Larco es dos (02) Hectáreas, para la construcción de la Planta de Tratamiento de agua residual, para reúso en riego de parques y jardines.

3.2 Operaciones y Procesos de Tratamiento

La complejidad y efectividad de los sistemas de tratamiento del agua residual obedecen a la adecuada aplicación de las operaciones y procesos unitarios, tal que permite cumplir los propósitos por el que el sistema es empleado.

Actualmente, dichas operaciones y procesos unitarios, están siendo sometidos a una intensa y continua investigación, tanto desde el punto de vista de ejecución, como de aplicación de los mismos. Como consecuencia de ello se ha desarrollado nuevas operaciones y procesos de tratamiento, y se han llevado a cabo muchas modificaciones en los procesos y operaciones existentes, con el objetivo de conseguir su adecuación a los crecimientos, y rigurosos requerimientos que se establecen, con el propósito de mejorar la calidad del agua residual.

Las operaciones y procesos utilizables para el tratamiento del agua dependen del tipo de efluente y las características exigidas. Estas pueden clasificarse en:

- **Operaciones Unitarias Físicas**
- **Procesos Unitarios Químicos**
- **Procesos Unitarios Biológicos**

Operaciones Unitarias Físicas

Se refiere a los procesos donde predomina la acción de las fuerzas físicas, que permiten separar las partículas sedimentables y no sedimentables del agua residual. Entre ellas tenemos:

Rejas o Cribas de barras

Tienen como objetivo la remoción de los materiales gruesos o en suspensión. Están formadas por barras separadas uniformemente con espaciamentos libres que varían entre 1 y 5 cm., Comúnmente 2.5 cm. y colocadas en ángulo de 30° y 60° respecto a la horizontal para facilitar su limpieza manual. Los materiales retenidos en estas unidades pueden ser retirados mecánicamente o manualmente y se eliminan enterrándolos en micro-rellenos sanitarios, ubicados dentro del predio de la planta de tratamiento y en lo posible en las cercanías de la unidad de rejas.

Desarenador

El agua residual contiene por lo general sólidos inorgánicos como arena, cenizas y grava, a los que se denomina generalmente como arenas o partículas discretas. La cantidad es variable y depende de muchos factores, pero principalmente alcantarillado del tipo separativo (sólo recolección del agua residual doméstica) o combinado (en conjunto con el drenaje pluvial).

Las arenas pueden dañar a los equipos mecánicos por abrasión y causar serias dificultades de operación en los tanques de sedimentación y en la digestión de los lodos, por acumularse alrededor de las tuberías de entrada o salida, causando

obstrucciones, o formando depósitos dentro de las unidades así su capacidad de tratamiento.

Para poblaciones pequeñas generalmente se diseñan en forma de canales, en los que se controla la velocidad de flujo para propiciar la sedimentación de material inorgánico, manteniendo en suspensión los sólidos orgánicos. De acuerdo con la reglamentación nacional se dimensionan por lo menos dos desarenadores en paralelo, para retirar una-de las unidades en el momento de limpieza de las arenas removidas. Las arenas retiradas deben enterrarse conjuntamente con los residuos retirados de las rejillas.

Coagulación-Floculación

Los equipos en los que se lleva a cabo este proceso, suelen constar de dos partes bien diferenciadas: Una primera donde se adicionan los reactivos, y se somete el agua a una fuerte agitación y durante un corto periodo de tiempo, con el objetivo de Conseguir una buena y rápida mezcla de reactivos y coloide para llevar a cabo la coagulación. A continuación se pasa a una zona donde la agitación es mucho menos intensa y donde el agua permanece más tiempo.

En este caso el objetivo es que se produzca la floculación. De esta forma la materia en suspensión tiene unas características mucho más adecuadas para su eliminación mecánica, según las operaciones ya mencionadas anteriormente las cantidades a dosificar son mucho menores que para las sales, pero tanto la eficacia como el costo es mucho mayor.

Procesos Unitarios Químico

Son métodos de tratamiento en las cuales la eliminación o conversión de los contaminantes se consigue con la adición de productos químicos. El proceso de cloración es el mas importante, ya que se aplica con mayor frecuencia en los sistemas de tratamiento de aguas.

Desinfección

Cuando se descarga el agua residual tratada en cuerpos de agua que van a utilizarse, o que pueden ser utilizados como fuentes de abastecimiento público, o para propósitos recreativos, se requiere un tratamiento suplementario para destruir los organismos patógenos, a fin de que sean mínimos los peligros para la salud debido a la contaminación de dichas aguas, tal tratamiento se conoce como desinfección. Si se utiliza una tecnología distinta a la laguna de estabilización debe evaluarse la necesidad de utilizar este proceso en función al impacto en los usos del cuerpo receptor de los efluentes o la reutilización del agua residual.

Existen varios métodos de desinfección:

- Físicos, tales como: filtración, ebullición, rayos ultravioleta.

- Químicos, aplicación de: cloro, bromo, yodo, ozono, membranas de UF, etc.

Procesos unitarios Biológicos

En este tipo de tratamiento se aprovecha la acción de microorganismos presentes en el agua residual, los cuales en su proceso de alimentación, degradan la materia orgánica, convirtiéndola en material celular, productos inorgánicos o material inerte.

La presencia o ausencia de oxígeno disuelto en el agua residual, define dos grandes grupos o procesos de actividad biológica, los aerobios (en presencia de oxígeno) y los anaerobios (en ausencia de oxígeno).

En los procesos aerobios, los microorganismos presentes utilizan el oxígeno para metabolizar los compuestos orgánicos complejos hasta llegar a compuestos más simples. Estos procesos generalmente son más rápidos pero requieren de condiciones favorables que permitan el desarrollo de microorganismos y la alimentación continua de oxígeno.

Los procesos anaerobios se producen en ausencia de oxígeno molecular. En estos se desarrollan bacterias formadoras de ácidos, las cuales hidrolizan y fermentan compuestos orgánicos complejos a ácidos simples, en el método conocido como proceso de fermentación ácida; éstos compuestos ácidos son transformados por un segundo grupo de bacterias en gas metano y anhídrido carbónico.

En el tratamiento del agua residual municipal, por lo general, se utilizan los procesos aerobios. Existe un gran número de variantes en estos procesos y dependen del contenido de organismos con relación a la materia orgánica presente, de si los microorganismos se encuentran suspendidos o fijos, de la forma y cantidad de oxígeno suministrado, etc.

Dependiendo de la forma en que estén soportados los microorganismos, existen dos grandes tipos de procesos.

Procesos Con microorganismos fijos

- **Filtro anaerobio**
- **Filtros percoladores (rociadores)**
- **Biodiscos**
- a. Filtro anaerobio**

Esencialmente consiste en un reactor de flujo ascendente empacado con soportes plásticos o con piedras de 3 a 5 cm de diámetro promedio. El coeficiente de vacíos debe ser grande para evitar el taponamiento, lo que en algunos casos se traduce en un área específica inferior a 100 m²/m³. Debido a la distribución desordenada del soporte, las purgas de lodo no son efectivas, lo que provoca una acumulación lenta pero constante de biomasa que con el tiempo puede crear problemas de taponamiento. Este reactor puede admitir cargas hasta de 20 Kg.DQO/m³.día.

b. Filtros percoladores (o biofiltros)

El mecanismo principal de remoción de la materia orgánica de este sistema no es la filtración sino la adsorción y asimilación biológica en el medio de soporte. Generalmente, no requieren recirculación, a diferencia del sistema de lodos activados (donde esta recirculación es determinante para mantener los microorganismos en el contenido del tanque de aeración "licor mezclado").

Una vez que el filtro se encuentre operando, la superficie del medio comienza a cubrirse con una sustancia viscosa y gelatinosa conteniendo bacterias y otro tipo de microorganismos. El efluente de la sedimentación primaria es distribuido uniformemente en el medio de soporte del filtro a través de un sistema distribuidor de flujo. El oxígeno necesario, para que se lleve a cabo el metabolismo biológico aerobio, es suministrado por la circulación del aire a través de los intersticios entre el medio filtrante y, parcialmente, por el oxígeno disuelto presente en el agua residual. Al cabo de un tiempo, comienza el crecimiento microbiano en la interfase anaerobia del medio filtrante, generando el crecimiento de organismos anaerobios y facultativos que junto con los organismos aerobios forman el mecanismo básico para la remoción de la materia orgánica.

El efluente del filtro percolador deberá pasar a través de un clarificador secundario para colectar la biomasa desprendida. La sedimentación primaria es necesaria antes de los filtros para minimizar los problemas de obstrucción.

c. Biodiscos (filtros rotativos)

Originalmente, este sistema consistía en un tanque por donde fluye el agua residual, previamente decantadas, y en cuyo interior existía una serie de discos de madera, con diámetros entre 1 a 3.5 m, montados sobre una flecha horizontal que permitía el giro de los discos; durante el movimiento, cerca del 40% del área superficial de los discos se encontraba sumergida en el agua residual contenida en el tanque. Actualmente se utilizan placas de plástico corrugado y otros materiales en vez de los de madera. Cuando el proceso inicia su operación, los microorganismos del agua residual afluyente se adhieren a la superficie del

material plástico y se desarrollan hasta que toda esta área queda cubierta con una capa o película microbiana.

Al girar los discos, la película biológica adherida a estos entra en contacto alternadamente con el agua residual que está en el tanque y con el oxígeno atmosférico. Al emerger la porción sumergida, los discos arrastran una capa líquida sobre la superficie de la película biológica, lo cual permite la oxigenación del agua y los microorganismos. Debido a la sucesión de inmersiones, la capa líquida se renueva constantemente. La oxigenación se lleva a cabo por difusión a través de la película líquida que queda adherida a la biomasa. Los microorganismos utilizan el oxígeno molecular disuelto para efectuar la degradación aerobia de la materia orgánica que se utiliza como fuente de nutrientes. El exceso de microorganismos se desprende de los discos debido a las fuerzas cortantes originadas por la rotación de los discos al pasar por el agua. Los microorganismos desprendidos se mantienen en suspensión

en el líquido, salen del tanque con el efluente y se requiere de un sedimentador secundario para retirar estos nuevos sólidos en suspensión.

En forma general, el sistema está constituido por un sedimentador primario, biodiscos y un sedimentador secundario.

Procesos Con microorganismos en suspensión -

Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA) o UASB.

- Lagunas de estabilización.
- Sistemas que requieren de aireación

Dentro de estos procesos, Para aguas residuales municipales, han sido más utilizados los procesos de microorganismos en suspensión.

REACTORES ANAEROBIOS DE FLUJO ASCENDENTE (RAFA) O UASB

Corresponde a Lettinga el desarrollo de este reactor que por su simplicidad se ha difundido en varios países. Su gran ventaja consiste en que no requiere ningún tipo de soporte para retener la biomasa, lo que implica un ahorro importante. Su principio de funcionamiento se basa en la buena sedimentabilidad de la biomasa producida dentro del reactor, la cual se aglomera en forma de granos o flóculos. Estos granos o flóculos cuentan además con una actividad metanogénica muy elevada, lo que explica los buenos resultados del proceso.

El reactor es de flujo ascendente y en la parte superior cuenta con un sistema de separación gas-líquido-sólido, el cual evita la salida de los sólidos suspendidos en el efluente y favorece la evacuación del gas y la decantación de los flóculos que eventualmente llegan a la parte superior del reactor. Un punto importante en su diseño es la distribución de las entradas del agua residual, ya que una mala repartición puede provocar que ciertas zonas del manto de lodos no sean alimentadas, desperdiciando así su actividad. Esto es particularmente cierto en las aguas residuales municipales, pues la limitada materia orgánica presente forma sólo pequeñas cantidades de biogás y por tanto la agitación del lecho, provocada por las burbujas, se ve reducida.

El punto débil del proceso consiste en la lentitud del arranque del reactor (generalmente de 6 meses); por otro lado, en desagües diluidos como son las aguas residuales domésticas, las variables críticas de diseño son las hidráulicas (velocidad ascensional, velocidad de paso a través del separador de fases, dispositivos de entrada y salida) y no así la carga orgánica.

LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

Se conoce con este término a cualquier laguna o estanque o grupos de ellos, proyectados para llevar a cabo un tratamiento biológico. Existen diversos tipos de lagunas, dependiendo de sus características y pueden ser:

Lagunas Anaerobias

Generalmente se usan como una primera etapa de depuración; se puede considerar como un gran digestor ya que se le aplican cantidades de materia orgánica o carga orgánica por unidad de volumen, de manera tal que prevalezcan las condiciones anaerobias, es decir ausencia de oxígeno. La eficiencia esperada en este tipo de lagunas varía con el tiempo de retención hidráulico; con tiempos de 1 a 5 días se obtienen eficiencias de remoción de DBO de 40 a

60%, respectivamente (La reglamentación nacional recomienda usar un valor promedio de 50 %). La temperatura es uno de los factores que más influencia tiene en estas unidades, se puede decir que su eficiencia decrece notablemente con valores inferiores a 15 °C (En general, la Norma S090: Plantas de tratamiento de aguas residuales, no recomienda su uso para temperaturas promedio mensuales menores de 15 °C) Una desventaja de estas lagunas es la producción eventual de malos olores que impide su localización en lugares cercanos (500 m) de zonas habitadas. Generalmente son estanques profundos, de 3 a 4 metros de profundidad.

- Lagunas Facultativas

Se diseñan con una profundidad que varía normalmente entre 1.5 m a 2.5 m (aunque pueden utilizarse profundidades mayores) y una cantidad de materia orgánica o carga orgánica por unidad de superficie que permita el crecimiento de organismos aerobios y facultativos (estos últimos pueden reproducirse tanto en presencia como en ausencia de oxígeno) y algas microscópicas que gracias al fenómeno de la fotosíntesis producen el oxígeno requerido para la estabilización de la materia orgánica presente en el agua residual.

Este es el tipo de lagunas más usado, por su flexibilidad y no producen los posibles olores de las lagunas anaerobias. Como en todos los procesos biológicos, el factor principal que afecta su eficiencia, es la temperatura. Las eficiencias esperadas en estas lagunas van desde 60% hasta 85% en remoción de DBO. La eficiencia en la remoción de bacterias, especialmente del grupo

coliforme, puede alcanzar valores de 99,99 %, debido a los tiempos de retención hidráulicos prolongados, valores de periodo de retención hidráulica superiores a 10 días permiten la remoción total de parásitos (huevos de nematodos y quistes de protozoos). Su gran capacidad de remoción de patógenos, sin el uso de desinfección, hace que las lagunas de estabilización sean la alternativa tecnológica a favorecer en nuestro país por una alta incidencia de enfermedades diarreicas y parasitosis.

- Lagunas Aireadas

En estas lagunas el oxígeno es suministrado por equipos mecánicos de aireación y también por la actividad fotosintética de las algas y por la transferencia de oxígeno de la interfase aire-agua. Este tipo de lagunas es usado para aumentar la capacidad de las lagunas facultativas sobrecargadas o cuando la disponibilidad de terreno es reducida, generalmente se diseñan con profundidades de 2 a 6 metros y tiempos de retención de 3 a 10 días.

Dependiendo de la potencia de los equipos de aireación con relación al volumen de la laguna, estas pueden operar en un régimen de completo mezclado o parcialmente mezcladas; en las primeras la actividad es netamente aerobia y en las segundas en las zonas en donde no hay influencia de los aireadores, se sedimentan los lodos y se producen condiciones anaerobias.

Las eficiencias de remoción de DBO son del orden de 80 al 90%.

c. sistemas que requieren de aireación

Existen otros sistemas de tratamiento que al igual que las lagunas airadas requieren de equipamiento para el suministro de oxígeno, estos sistemas son conocidos como lodos activados y existen muchas variantes como aireación extendida y zanjas de oxidación entre otras, existen, además, sistemas patentados.

PLANTA DE TRATAMIENTO MEDIANTE LODOS ACTIVADOS

Este proceso fue desarrollado en Inglaterra en 1914 por Arden y Lockett, y su nombre proviene de la producción de una masa activada de microorganismos capaz de estabilizar un residuo por vía aeróbica. (Metcalf, 1995).

En este proceso, el agua residual es introducida a un reactor que contiene un cultivo bacteriano aeróbico en suspensión.

El ambiente aeróbico se logra mediante la introducción de aire con un soplador y difusores, o por acción de aireadores mecánicos. Después el agua ya tratada que sale del estanque de aireación, junto con el lodo, es sometida a un proceso de separación que se lleva a cabo en un estanque de sedimentación, en el cual el lodo biológico es separado del agua residual tratada.

Una fracción del lodo separado es recirculado al reactor con el fin de mantener constante la concentración deseada de la biomasa en el reactor.

En los procesos de lodos activos las bacterias son los principales microorganismos, ya que son los causantes de la degradación de la materia orgánica que trae el agua residual.

En el reactor aireado las bacterias aeróbicas y facultativas utilizan la materia orgánica para obtener fuente de energía necesaria para la síntesis de materia orgánica como masa biológica. Una pequeña fracción del residuo original se oxida en compuesto de bajo contenido energético tales como el NO_3^- , el SO_4^{2-} , o el CO_2 .

Los sólidos suspendidos pueden formar núcleos sobre los cuales se desarrollen los microorganismos, con lo que se incrementan en forma graduada la cantidad de sólidos, formando lo que se conoce como lodo activo. Los flóculos absorben la materia orgánica coloidal y disuelta (disminuyendo la concentración de sólidos suspendidos).

Este sistema consiste en la formación de flóculos microbianos aeróbicos dispersos en el estanque de oxidación (reactor), los cuales requieren de agitación y aireación (Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, 1993).

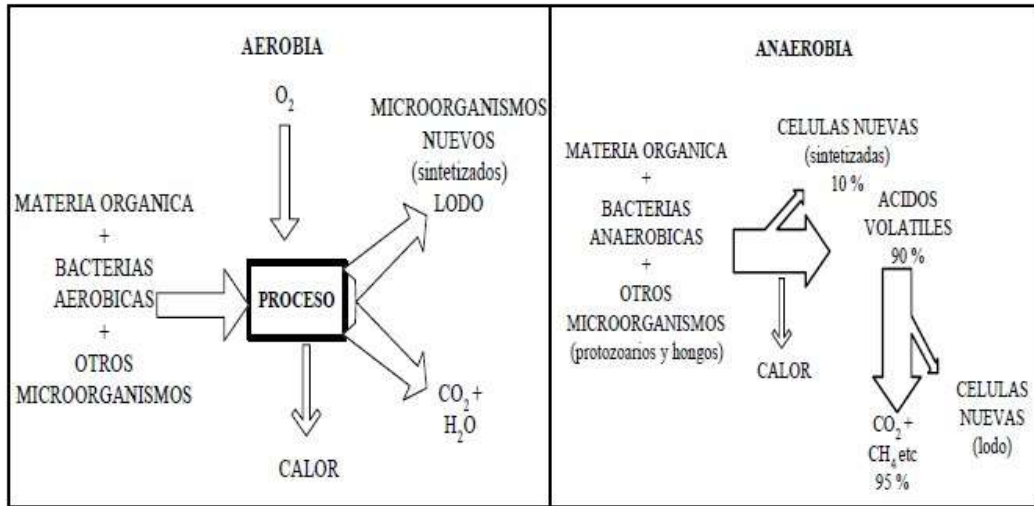


Figura N° 4 : Representación esquemática de los procesos de descomposición aerobios y anaerobios

Tabla N° 5 : Tratamiento aerobio versus tratamiento anaerobio

Aerobio	Anaerobio
$C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O$ $\Delta G^\circ = -2840 \text{ Kj/mol gluc}$	$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 3 CO_2 + 3 CH_4$ $\Delta G^\circ = -393 \text{ Kj/mol gluc}$
<ul style="list-style-type: none"> • Mayor eficiencia de remoción. • Operatividad comprobada. • 50% de C es convertido en CO₂, 40-50% es incorporado dentro de la masa microbiana. • 60% de la energía es almacenada en la nueva biomasa, 40% es perdido como calor. • Ingreso de elevada energía para aireación. • Limitación de cargas orgánicas. • Se requiere adición de nutrientes. • Requerimiento de grandes áreas. • Sensible a economía de escala. • Periodos de arranque cortos. • Tecnología establecida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor producción de lodos. • Menores costos de operación. • 95% de C es convertido en biogás; 5% es transformado en biomasa microbiana. • 90% de la energía es retenida como CH₄, 3-5% es perdido como calor, 5-7% es almacenada en la biomasa. • No requiere de energía. • Acepta altas cargas orgánicas. • Degrada compuestos policlorados. • Requerimiento bajo de nutrientes. • Se requiere pequeña área superficial. • Largos periodos de arranque. • Recientemente establecida, todavía bajo desarrollo para aplicaciones específicas.

Fuente: Adaptado de Arce (1997).

PROCESO DE SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS SELECCIONADAS

Proceso de selección

Para seleccionar las mejores tecnologías de tratamiento de agua residual, se evaluaron dos sistemas de selección:

Sistema de Criterios técnicos para la selección del tratamiento de aguas Residuales. La información presentada a continuación, tiene como objetivo básico el facilitar la comparación relativa entre las alternativas de tratamiento, para la toma de decisiones en la selección del proceso que mejor se ajuste a las necesidades de cada localidad o institución y al mismo tiempo dar una idea del monto de las inversiones requeridas, que involucra cada sistema.

Es importante resaltar que las alternativas de tratamiento que se describirán no presentan las mismas características respecto a otros procesos de tratamiento y no entregan la misma calidad de efluente por lo que su selección final principalmente se condiciona a los requerimientos y exigencias de las leyes ambientales, en función de los usos a los cuales se destinen las aguas residuales tratadas y a los usos de los cuerpos receptores de éstas.

Los criterios de selección más importantes son los siguientes:


- a. La viabilidad económica y técnica de la construcción y operación de la planta.**
- b. La calidad de efluente que es posible obtener con cada tecnología (frente a la calidad exigida en la descarga o reutilización del agua).**
- c. La confianza que las tecnologías ofrecen a las autoridades, por haber sido probadas o no en un número suficiente de instalaciones en el mundo.**
- d. El requerimiento de área debe ser bajo, en especial cuando no está disponible y/o el precio es alto.**

e. El sistema debe ser simple en su operación, mantenimiento y control ya que una buena operación no debe depender de la presencia de operadores e ingenieros experimentados.

f. Influencia en el medio ambiente. Este criterio está sujeto a la zona que rodea la planta y la cercanía de esta al núcleo poblacional.


A continuación se describen los principales procesos de tratamiento ,en función de los seis criterios mencionados.

CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO



NORMA OS.090: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

- ✓ Estudio del cuerpo receptor, considerando condiciones más desfavorables.
- ✓ Definir grado de tratamiento según disposición final de los efluentes de la PTAR.
- ✓ Caracterización de aguas residuales domésticas y no domésticas.
- ✓ Caudales actuales y futuros.
- ✓ Aportes per cápita actuales y futuros.
- ✓ Horizonte de diseño.
- ✓ Requerimiento de tratamiento de lodos
- ✓ Disponibilidad de terreno para construcción de PTAR.



TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO			
Niveles de Tratamiento y tecnologías			
PRETRATAMIENTO	TRATAMIENTO PRIMARIO	TRATAMIENTO SECUNDARIO	TRATAMIENTO TERCIARIO
Cribas + Desarenador (Medidor de caudal)	Tanques Imhoff Tanques de Sedimentación Tanques de Flotación Tanque Séptico UASB	Lagunas de Estabilización Lodos Activados Filtros Biológicos o Percoladores Módulos Rotatorios de Contacto	Lagunas de maduración Ósmosis inversa Electrodialisis Destilación Coagulación Adsorción
	Lagunas Facultativas*		Remoción por espuma Filtración
	Lag. Anaerobias	Lag. Facultativas*	Extracción por solvente Intercambio iónico Oxidación química Precipitación Nitrificación-Denitrificación
	Lag. Aereadas		

(*) La ventaja competitiva de las lagunas es que remueve **huevo de helmintos** con mayor eficacia (PR≥10 días).

PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

Es el proceso estándar en los países industrializados. Es un proceso aerobio mecanizado, construido en plantas de concreto.

Tiene en general Elevados costos de inversión y operación, y en general produce efluentes de mayor calidad que otros procesos simples, como el anaerobio o las lagunas. Para el proceso de lodos activados de flujo continuo, los costos de inversión en México, estimados a partir de plantas reales, son de 18, 000 – 36,000 US\$/ (L/s), en función del gasto de diseño de la planta, mientras los costos de operación son de 0,07 - 0,22 US\$/m³. En plantas muy grandes con digestión aerobia de lodos y cogeneración con biogás, los costos de operación pueden ser menores.

La calidad del efluente del proceso de lodos activados es elevada, aunque puede requerir algo más que desinfección (coagulación, sedimentación o filtración terciarias) para uso público urbano.

El proceso discontinuo de lodos activados (reactores biológicos secuenciales, RBS) produce un efluente en general de mejor calidad y permite una gran flexibilidad de operación, además de requerir menos espacio en planta para su construcción. Al ser un proceso relativamente compacto, el proceso de lodos activados se ha empleado frecuentemente en México para el tratamiento de medianos y grandes caudales en zonas urbanas con terreno escaso y/o caro, especialmente en aplicaciones de reutilización del agua en uso público urbano, ya que proporciona una calidad adecuada.

Por otro lado al ser un proceso largamente probado en muchos países y venir respaldado por fuertes compañías del sector, ha sido en muchos casos la tecnología seleccionada.

En diciembre de 2004, en México, 22 % de las 1300 PTAR municipales en operación eran procesos de lodos activados que, sin embargo, sumaban 43 % del caudal instalado en las plantas en operación, con un caudal instalado promedio de 136 L/s por planta. El proceso de lodos activados, se perfila entonces como un proceso apto para cumplir con los límites más estrictos de la legislación vigente con respecto a la calidad del agua residual tratada, pero con considerables o elevados costos de operación.

Tecnología de Lodos Activados

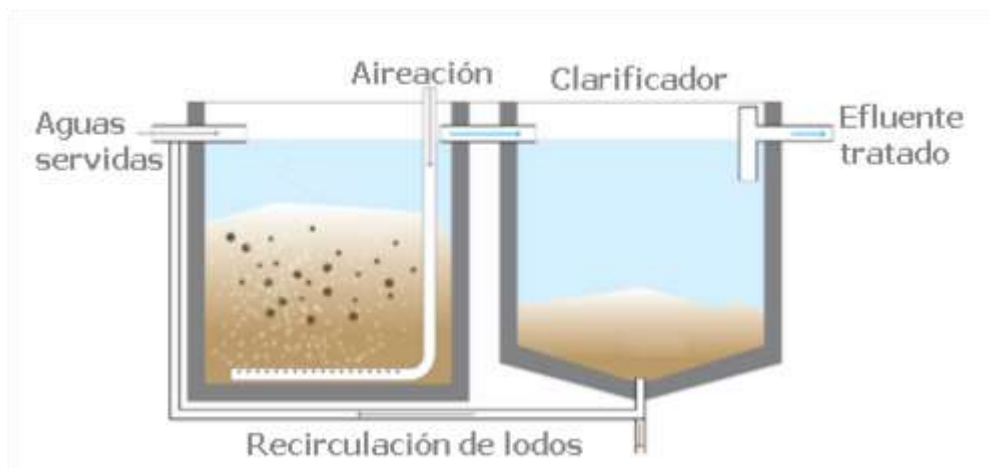
Tecnología Convencional de tipo Biológico

Remoción Directa: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DQO), Nitrógeno, Fósforo, Sólidos Suspendidos Totales y Sólidos Sedimentables.

Remoción Indirecta: Regula pH, temperatura y en algunos casos además remueve Coliformes fecales, color e índice de fenol.

Descripción

Tratamiento biológico de cultivo suspendido, donde el residuo se estabiliza biológicamente en un reactor bajo condiciones aeróbicas. Durante el crecimiento y mezcla los organismos flocculan formando una masa activa denominada lodos activados. El ambiente aeróbico se logra mediante el uso de aireación por medio de difusores o sistemas mecánicos.



La Tecnología

La tecnología de Lodos Activados es una de las más difundidas a nivel mundial. Creada en 1914 para el tratamiento de efluentes industriales y efluentes municipales. Los objetivos que persigue el tratamiento biológico del agua residual son la coagulación y eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables y la estabilización de la materia orgánica.

El principio básico del proceso consiste en que las aguas residuales se pongan en contacto con una población microbiana mixta, en forma de suspensión de flóculos en un sistema aireado y agitado (Winkler, 1999).

APLICACIÓN

Tratamiento de Aguas Servidas Domiciliarias en poblaciones medianas y grandes.



Fotografía N° 8 : Vista de una planta de tratamiento de Lodos Activados

Eficiencia

Tabla N° 6 : Eficiencia de los lodos activados

DBO ₅	90 – 95%
SST	85 – 95%
Nitrógeno total	15 – 30% Tratamiento Secundario 70 - 90% Incluyendo Desnitrificación
Fósforo	10 – 25% Tratamiento Secundario 70 - 90% Incluyendo Remoción adicional de N y P
Coliformes Fecales	60 – 90%

Ventajas y Desventajas del sistema de Lodos Activados

VENTAJAS:

- Flexibilidad de operación a través de un control racional de la biomasa presente en el proceso.
- Alta Eficiencia de remoción de carga orgánica sustancialmente más alta que la que se alcanza en otros procesos como los del tipo Convencional por Cultivo Fijo.
- Minimización de Olores y Ausencia de insectos.
- Puede incorporar Desnitrificación al proceso.
- Posibilidades de regular energía consumida para variaciones de carga orgánica.
- Prescinde de sedimentación primaria. Los lodos generados son altamente mineralizados por lo que no requieren de tratamiento posterior.
- Generación de lodos secundarios "estabilizados" que al igual que los sistemas convencionales pueden ser aprovechados como fertilizantes, mejoradores de suelo y obtención de biogás, entre otras.

DESVANTAJAS:

- Requiere mayor Sofisticación y Mantenimiento.
- Dependencia con la temperatura del efluente a tratar y condiciones de entrada como pH y presencia de compuestos tóxicos.
- Riesgo de taponamiento de los dispositivos de aireación durante ciclos operativos específicos.
- Requiere de un control permanente, tanto operativo como de análisis de laboratorio.
- Altos costos de operación, asociados fundamentalmente a los requerimientos de oxígeno.

- Bajo abatimiento bacteriológico, logrando en general abatir no más allá de un ciclo logarítmico en términos de Coliformes Fecales, con la consecuente necesidad de efectuar desinfección final al efluente.

Condiciones Operativas y Parámetros de Operación

Tabla N° 7 : Condiciones operativas y parámetros de operación

CONDICIONES OPERATIVAS		PARAMETROS DE OPERACIÓN	
Tipo de Operación:	5-15 días	Temperatura	Ambiente : 15 – 40°C*
Selectividad:	No es selectivo	Caudal de Operación	No tiene limitaciones**
Pre Tratamiento	En general filtrado previo	Vidal Útil	20 años***
Consumo de Reactivos	Requiere Oxígeno		

- (*)Temperatura de operación ideal para el mejor desempeño de la tecnología es entre 35-37°C
- (**) El caudal máximo de operación no tiene limitaciones ya que éste es definido en el diseño.
- (***)Vida útil referida a los equipos y motores con un adecuado manejo de mantenimiento

Costos Asociados

Estimación de costos considerando un caudal, Q=212 (L/s)

Costo Inversión: US\$ 66.000

Costo Tratamiento: 0,05 (US\$/m³)

Función de estimación de costo:

Costo Inversión (miles US\$) con Caudal de tratamiento Q (L/s)

$$Inv = 0,0012*Q^3 - 0,1598*Q^2 + 44,048*Q + 406,25$$

$$R^2 = 0,9902$$

Costo Tratamiento (US\$/m³) con Caudal de tratamiento Q (L/s)

$$C = -0,0377*Ln(Q) + 0,2482$$

$$R^2 = 0,9574$$

Lagunas de estabilización

Cuando el terreno es barato e impermeable, y no se requiere bombear el agua residual a grandes distancias o elevaciones, las lagunas de estabilización suponen costos de inversión bajos o moderados, con valores en México en torno a los 7, 000 – 8, 000 US\$/(L/s), para un caudal elevado (900 L/s). En plantas menores el costo aumenta, en torno a los 13,000 US\$/(L/s), para un caudal de 100 L/s.

Cuando el terreno es caro, poco apto para la excavación o permeable, los costos aumentan considerablemente. Los costos de operación de las lagunas de estabilización son en México bajos o muy bajos (en torno a los US\$ 0,03 - 0,05 US\$ /m³), a no ser que se requiera bombear el agua residual desde una cierta distancia o desnivel.

La calidad del efluente de las lagunas de estabilización no es en general tan buena como la del proceso de **lodos activados**, a no ser que se utilicen tiempos de retención muy elevados y, en algunos casos, postratamientos para remover sólidos y patógenos. Sin embargo, las lagunas son adecuadas para cumplir con la mayor parte de los límites establecidos en la NOM-001SEMARNAT-1996 (riego agrícola directo, y descarga a cuerpos de agua destinados al riego agrícola). Por ello, y por ser procesos económicos y de operación sencilla, que resisten bien las oscilaciones de carga y caudal, se han aplicado ampliamente en nuestro país, especialmente en poblaciones con disponibilidad de terrenos cercanos a la expansión urbana

Las lagunas aireadas facultativas tienen costos de inversión intermedios entre el proceso de lodos activados y las lagunas de estabilización, y suponen una alternativa para considerar cuando existen amplias extensiones de terreno pero su disponibilidad o su precio no hace viable la construcción de lagunas de estabilización:

Las lagunas aireadas ocupan menos terreno y tienen menores costos de inversión que el proceso de lodos activados.

- **Tratamiento anaerobio**

La calidad del efluente del proceso anaerobio es en general menor que la del proceso aerobio. Sin embargo, es posible combinar el proceso anaerobio con un postratamiento aerobio, o con lagunas de estabilización o humedales artificiales, para conseguir una mejor calidad del efluente. El tanque séptico (o fosa séptica) y el tanque Imhoff representan dos formas tradicionales de tratamiento anaerobio descentralizado de los efluentes domésticos, normalmente en lugares donde no existe red de alcantarillado. También se han utilizado en el tratamiento del agua residual municipal.

El reactor anaerobio de lecho de lodos y flujo ascendente upflow anaerobic sludge blanket reactor, UASB reactor) se ha llamado en México reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA). Este reactor permite tratar el agua residual a temperatura ambiente, para temperaturas del agua residual de 15°C o más.

Esto incluye durante todo el año las regiones de clima tropical y subtropical, como el sureste mexicano o la mayor parte de Colombia. Según la misma referencia, para temperaturas del afluente de 12 - 15 °C. Las regiones incluidas en esta última categoría incluyen los países mediterráneos, el centro y norte de México y el norte de Chile y Argentina.

Los costos de inversión y operación para el tratamiento anaerobio son bajos. El sistema Lodos activados + lagunas facultativas tiene costos de inversión de 9,000 -18,000 US\$, para una planta de 360 L/s, con unos costos de operación bajos, en torno a los 0.03 US\$ / m³.

Tarifas del agua potable en la actualidad

Entre 20% y 40% se incrementarían las tarifas de agua potable de aprobarse el Proyecto de Estudio Tarifario 2014- 2019 propuesto por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (Sunass), que será presentado hoy en audiencia pública en la sede de la Empresa de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de La Libertad (Sedalib). La tarifa media por metro cúbico de agua sería reajustada de S/. 3 a S/. 3,90.

Se expresa públicamente que una actualización de las tarifas que pagan los usuarios con el fin de conseguir recursos para mejorar, renovar y ampliar los servicios de agua potable y alcantarillado; no se usará para pago de planillas o mantenimiento.

“A nadie le gusta que le incrementen las tarifas, pero habrá una diferenciación, pues hay sectores que van a tener una variación del 20% a 25%; otros llegarán a 40% y en otros lugares más bien habrá una disminución de tarifas”.

En consecuencia Sedalib expresa que en el distrito de La Esperanza la facturación mensual para quienes no tienen medidor se reducirá de S/. 49,50 a S/. 40,90.



Fotografía N° 9: Vista de aspersores regando con agua residual tratada

Diseño de la Alternativa N°1 : Lagunas de Estabilización



Diseño del sistema de PRE tratamiento

a.-Diseño de cámaras de rejas medias antes del desarenador

1. Determinación de la eficiencia de barra "E"

e = espesor de barra < 5-15 > $e = 6.25$ mm
 s = separación entre barras < 25- 50 > $s = 25$ mm
 a = ancho de barra <30-75> $a = 30$ mm

Los valores de e, s, a se escogieron según a la Norma Técnica de edificación S.010. (NT. S.010)

$$E = s / (s + e) = 25 / (25 + 6.250) = 0.800$$

2. Determinación del numero de barras "N"

Para un ancho de canal(B) de 1.00 m

$$N = (B-s) / (s + a)$$

$$N = (1000 \text{ mm} - 25 \text{ mm}) / (25 \text{ mm} + 30 \text{ mm}) = 18 \text{ Barras}$$

3. Área útil de rejas A_{ur}

Para una velocidad entre rejas (V_r) de 0.6m/s (NT. S.010)

$$A_{ur} = Q_{mxh} / V_r = 0.0165 \text{ m}^3/\text{s} / 0.6 \text{ m/s} = 0.03 \text{ m}^2$$

4. Longitud mojada de rejas L_r

$$L_r = A_{ur} / B = 0.03 \text{ m}^2 / 1.0 \text{ m} = 0.03 \text{ m}$$

Altura mojada de rejas $h_r = L_r \cdot \text{sen}(\alpha) =$

$$0.03 \cdot \text{sen}(45^\circ) = 0.02 \text{ m}$$

6. Velocidad de aproximación V_a ; < 0.3-0.6> (NT. S.010)

$$V_a = V_r \cdot E = 0.6 \text{ m/s} \cdot 0.80 = 0.48 \text{ m/s}$$

7. Calculo de perdida de carga con 50% de ensuciamiento Velocidad con 50% de colmatación

$$V_b = 2 \cdot V_r = 2 \cdot 0.6 \text{ m/s} = 1.2 \text{ m/s}$$

$$H_f = (1.143 \cdot (V_{b2} + V_{a2})) / 2 \cdot g = 0.071 \text{ m}$$

b. -Diseño de la cámara desarenadora Datos:

$$Q_{prom} = 0.0083 \text{ m}^3/\text{s} ; Q_{mxh} = 0.01654 \text{ m}^3/\text{s} ; Q_{min} = 0.00415$$

Tabla N° 11 : Dimensionamiento del medidor Parshall

Ancho de garganta, W(m)	Q_{min}		Q_{mxh}	
	m3/s	m3/día	m3/s	m3/día
0.076	0.0008	69	0.0538	4,648
0.152	0.0015	130	0.1104	9,539
0.229	0.0025	216	0.2519	21,764
0.305	0.0031	268	0.4556	39,364

Fuente: Marais y Van Andel, 1996

1. Seleccionamos el ancho de la garganta de la canaleta Parshall. $W = 0.076 \text{ m}$
2. Calculamos la carga máxima en el canal desarenador

$$H_{max} = [Q_{max} / (2.2 \cdot W)]^{0.667} = 0.21 \text{ m}$$

3. Calculo de R y Cr

$$R = Q_{max} / Q_{min} = 4; Cr = (R^{1/3} - 1) / R = 0.15$$

4. Calculamos el resalto Z

$$Z = C_r \cdot H_{\max} = 0.15 \cdot 0.21 = 0.03 \text{ m}$$

5. Calculo de la profundidad máxima de agua en el canal desarenador, P_{\max}

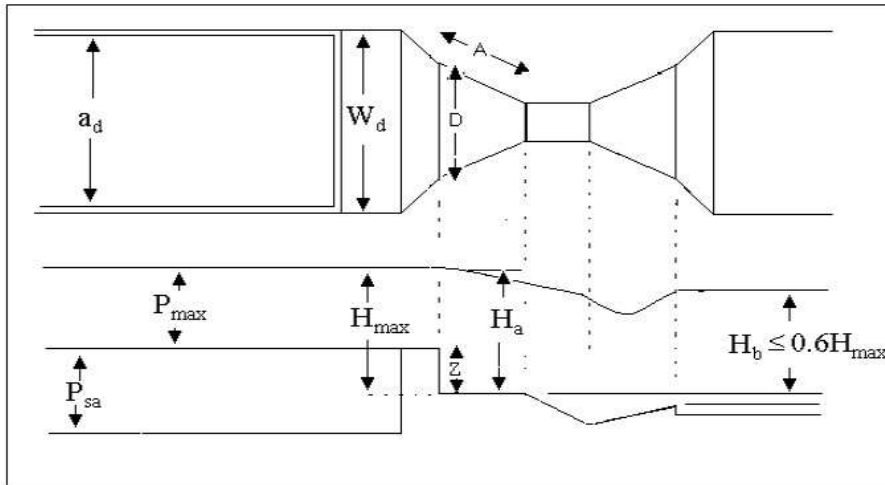


Figura N° 5 : Línea Piezometrica –Medidor Parshall

$$P_{\max} = H_{\max} - Z = 0.14 - 0.02 = 0.18 \text{ m.}$$

6. Calculamos el ancho del canal desarenador $a_d = Q_{\max} / (P_{\max} \cdot V_{\max}) = 0.01654 / (0.18 \cdot 0.3) = 0.3 \text{ m}$

7. Determinamos el factor de C_v .

$$C_v = 2.6 \cdot C_r^{1/0.5} \cdot (1 - C_r) = 2.6 \cdot (0.15)^{1/0.5} \cdot (1 - 0.15) = 0.85$$

8. Escogemos el largo del canal desarenador

$$13.5 \leq L \leq 18 \cdot C_v \Rightarrow 13.5 \leq L \leq 15.5 \text{ m} \Rightarrow L = 14 \text{ m.}$$

9. Calculamos el volumen y la profundidad de sólidos arenosos acumulados. Sea el tiempo entre limpieza (t_{op}) 25 días y la carga de sólidos arenosos, C_{sa} es

$$0.03 \text{ m}_3 / 1000 \text{ m}_3.$$

$$V_{sa} = t_{op} \cdot Q_{\text{med}} \cdot C_{sa} / (1000)$$

$$V_{sa} = \{ (25 \text{ días}) \cdot (0.0083 \text{ m}_3/\text{s} \cdot 886400 \text{ s/día}) \cdot (0.03 \text{ m}_3 / 1000 \text{ m}_3) \} / 1000$$

$$V_{sa} = 0.54 \text{ m}_3$$

$$P_{sa} = V_{sa} / (a_d \cdot L) = 0.54 / (0.46 \cdot 14) = 0.08 \text{ m. Para casos prácticos, Redondeamos } P_{sa} = 0.1 \text{ m}$$

10. Se diseña la cota del canal aguas debajo de la canaleta parshall para que la carga en el canal sea ≤ 0.60 de la carga en el desarenador (H_{max}), todas medidas con referencia a la base de canaleta parshall, para asegurar flujo libre en la canaleta parshall.

C.- Diseño de Rejas Finas al ingreso del desarenador

1. Determinación de la eficiencia de barra "E"

$$e = \text{espesor de barra} < 5-15 > ; e = 6.25 \text{ s} = \\ \text{separación entre barras} < 10 - 25 > ; s = 15 \text{ E} \\ = s / (s + e) = 15 / (15 + 6.25) = 0.71$$

2. Determinación del numero de barras "N"

$$N = (B - s) / (s + a) = (300 \text{ mm} - 15 \text{ mm}) / (15 \text{ mm} + 30 \text{ mm})$$

$N = 6.3$ barras. Lo redondeamos a 7 barras

3. Área útil de rejas A_{ur}

$$A_{ur} = Q_{mxh} / V_r = 0.0165 \text{ m}^3/\text{s} / 0.6 \text{ m/s} = 0.03 \text{ m}^2$$

4. Longitud mojada de rejas L_r

$$L_r = A_{ur} / B = 0.03 \text{ m}^2 / 0.30 \text{ m} = 0.1 \text{ m}$$

Altura mojada de rejas h_r $h_r = L_r \cdot \text{sen}(\alpha)$

$$= 0.1 \cdot \text{sen}(45^\circ) = 0.07 \text{ m}$$

Velocidad de aproximación V_a ; $< 0.3-0.6 >$

$$V_a = V_r \cdot E = 0.6 \text{ m/s} \cdot 0.62 = 0.37 \text{ m/s}$$

6. Calculo de perdida de carga con 50% de ensuciamiento Velocidad con 50% de colmatación

$$V_b = 2 \cdot V_r = 2 \cdot 0.6 \text{ m/s} = 1.2 \text{ m/s}$$

$$H_f = (1.143 \cdot (V_{b2} + V_{a2})) / 2 \cdot g = 0.09 \text{ m.}$$

Tabla N° 8 : Dimensiones de medidores Parshall

w	A	B	C	D	E	F	G	K	N	
1"	2.5	36.6	35.6	9.3	16.8	22.9	7.6	20.3	1.9	2.9
3"	7.6	46.6	45.7	17.8	25.9	45.7	15.2	30.5	2.5	5.7
6"	15.2	61.0	61.0	39.4	40.3	61.0	30.5	61.0	7.6	11.4
9"	22.9	88.0	86.4	18.0	57.5	76.3	30.5	45.7	7.6	11.4
1'	30.5	137.2	134.4	61.0	84.5	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
1 1/2'	45.7	144.9	142.0	76.2	102.6	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
2'	61.0	152.5	149.6	91.5	120.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
3'	91.5	167.7	164.5	122.0	157.2	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
4'	122.0	183.0	179.5	152.5	193.8	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
5'	152.5	198.3	194.1	183.0	230.3	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
6'	183.0	213.5	209.0	213.5	266.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
7'	213.5	228.8	224.0	244.0	303.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
8'	244.0	244.0	239.2	274.5	340.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
10'	305.0	274.5	427.0	366.0	475.9	122.0	61.0	183.0	15.3	34.3

Fuente: Acevedo Neto

D). diseño de la unidad de mezcla rápida canaleta Parshall Dado Que

W = 76mm. Para el dimensionamiento de la canaleta Parshall tenemos que:

A = 46.6 cm, B = 45.7cm, C = 17.8, D = 25.9cm, E = 45.7cm,

F = 15.2cm,

G = 30.5cm,

K = 2.5cm,

N=5.7cm

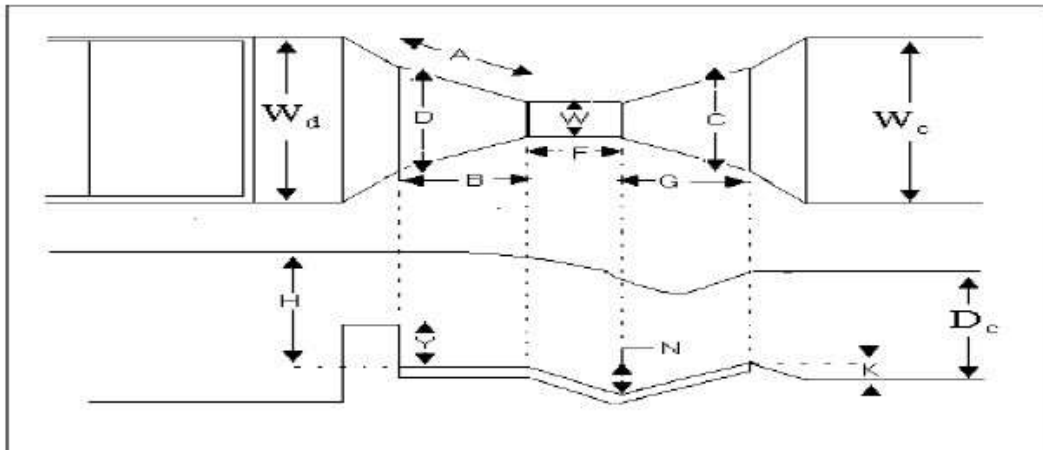


Figura N° 6 : Dimensionamiento del medidor Parshall

Diseño del reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)

Para orientar el diseño del reactor anaerobio de flujo ascendente se dan los siguientes datos importantes:

Caudal promedio..... $Q_{prom} = 29.8 \text{ m}^3/\text{hr}$

Caudal máximo horario $Q_{mxh} = 59.6 \text{ m}^3/\text{hr}$

Carga de DBO_5 $\text{DBO}_5 = 273.8 \text{ mg/l}$

Coliformes fecales $N_0 = 3.54 \cdot E_{+08} \text{ NMP/ } 100\text{ml}$

ZONA : REACTOR

Datos	Rango	Formular	Valor	Unidad
Velocidad Ascensional (V_{asc})	NT. S.010	En Base al Caudal Máximo Horario	1	$m^3/(m^2.h)$
Area Superficial (A_s)		$A_s = Q_{msh} / V_{asc}$	60	m^2
Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)	<6 -14> NT. S.010		7	horas
Volumen del Reactor (V_r)		$V_r = TRH. Q_{prom}$	209	m^3
Altura del Reactor (H_r)	< 3-5 > NT. S.010	$H_r = V_r / A_s$	4.0	m
Carga Hidráulica Volumétrica (CHV)		$CHV = Q_{prom} / V_r$	3.4	$m^3/m^3/día$
Carga Hidráulica Superficial (CHS)		$CHS = Q_{prom} / A_s$	12.0	$m^3/m^2/día$
Relación L/a	< 2-3>	Para Agua Residual Domestica	2.5	
Ancho del Reactor (a)		$A = (A_s / (L/a))^{0.5}$	5	Con fines prácticos y de diseño lo dejamos en 5.3 m
Largo del reactor (L_r)		$L_r = (L/a) . a$	12	m

Observación: NT. S.010, se refiere a la norma técnica de edificación S.010

ZONA :SEDIMENTADOR

Tabla N°9 : Datos y rango para el sedimentador

Datos	Rango	Formular	Valor	Unidad
Periodo de retención	<1.5-2>	Norma Técnica de Edificación S.010	2	horas
Borde libre (Hl)	0.2	Norma Técnica de Edificación S.010	0.20	m
Longitud del Sedimentador (L_s)			12	m
Carga Superficial (CSS)	< 1.2- 1.5>	Norma Técnica de Edificación S.010	1.5	$m^3/m^2/h$
Área Total de Sedimentadores (Ats)		$Ats = Q_{msh} / CSS$	48	m^2
Angulo de las Paredes del sedimentador con horizontal(°)	< 50 - 60 >	Norma Técnica de Edificación S.010	60°	Grados
Profundidad zona sedimentador(hs)		Norma Técnica de Edificación S.010	1.5	m
Ancho Superficial de un Sedimentador (as)		$as = 2 . hs / \tan(60°)$	2.0	m
Área de Cada Sedimentador (Acs)		$Acs = as . Ls$	24.0	m^2
Nor de Sedimentadores (Ns)		$Ns = Ats / Acs$	2	unidades
Ancho en la Base del Sedimentador (ab)	< 0.15-0.20>	Norma Técnica de Edificación S.010	0.2	m
Área Total en la Base del Sedimentador (Abs)		$Abs = Ls . ab . Ns$	5.0	m^2
Velocidad de paso en la Base del Sedimentador (Vpa)	Se recomienda $5m^3/m^2/h$ (Norma S.010)	$Vpa = Q_{prom} / Abs$	6.0	$m^3/m^2/h$
Altura desde la Punta Hasta la Base (alt)		$alt = (ab/2) . \tan(60°)$	0.2	m

Tabla N° 10 : Valores de DBO5 y Coliformes Fecales

Datos	Rango	Formular	Valor	Unidad
Eficiencia en la remoción de DBO ₅		$E_{DBO_5} = 100 \cdot [1 - 0.7 \cdot (TRH^{-0.5})]$	74	%
DBO ₅ en el efluente (S)		$S = S_0 - (E_{DBO_5} \cdot S_0 / 100)$	72	mg/l
Eficiencia en la remoción de coliformes fecales (Ecf)	Autores (van Haandel y Lettinga, 1994:		50	%
Coliformes fecales en el efluente (N)		$N = N_0 - (E_{cf} \cdot N_0 / 100)$	$1.77E^{+08}$	NMP/100ml

Sistema de distribución del afluente hacia el Rafa

Del la parte final del sistema de PRE-tratamiento, sale una tubería de PVC de 8 pulgadas de diámetro. Esta tubería conecta a una cámara repartidora, las que tienen dos vertederos triangulares, y dividen al caudal de ingreso en dos partes iguales (Á)(plano L -3). Los flujos son enviados, mediante dos tuberías de PVC de 6 pulgadas. Estas descargan en dos cámaras (B, C)(plano L-3) repartidoras, las que tienen 12 compartimientos con sus respectivas tuberías de distribución.

Estas están diseñadas para repartir en forma equitativa el caudal afluente y provocar una mejor distribución de la masa de agua dentro del reactor.

Distribución 1: Tramo de tubería (8 pulgadas) que conecta a la cámara repartidora de caudales

$$Q_{mhx} = 16.53 \text{ l/s}$$

Diámetro de tubería (PVC) = 8" \leftrightarrow 0.2m

Rugosidad (n) = 0.01

Pendiente (s) = 0.004 m/m

Tirante Normal (Y) = 0.11m

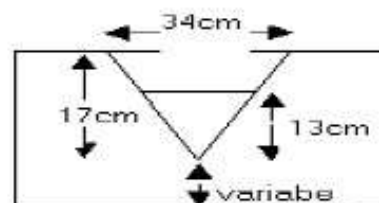


Distribución 2: Vertederos, que dividen el caudal en dos partes iguales Se ha dimensionado la geometría del vertedero triangular a partir de la fórmula de Kindsvater

$$Q = C_e \cdot (8/15) \cdot \tan(\alpha/2) \cdot (2 \cdot g)^{1/2} \cdot h_{5/2}$$

Donde

Q = Caudal para cada vertedero = 8.3 l/s



C_e = coeficiente de descarga = 0.58

α = ángulo del vertedero = 90°

Despejando el valor de h tenemos la siguiente ecuación: h

$$= (Q/1.4)_{0.4} = 13.0 \text{ cm}$$

Distribución 3: Tuberías(6"), que reparten los caudales de los vertederos hacia dos cámaras repartidoras del Rafa

$$Q_{\max} = 8.3 \text{ l/s}$$

Diámetro de tubería = 6" <> 0.15 m

Rugosidad (n) = 0.010

Pendiente (s) = 0.004

Tirante Normal (Y) = 0.09 m



Figura 11.10

Diseño de tuberías de distribución dentro del reactor

El sistema de distribución cuenta con 2 cámaras repartidoras de caudales (B y C)(plano L-3), las cuales cada una cuenta con 12 compartimientos con sus respectivas tuberías.

Para el caso del tratamiento de agua residual doméstica, la experiencia práctica nos indica que el diámetro aproximado de la tubería es de 40mm a 50mm, con el propósito de aumentar la velocidad y generar una turbulencia en el flujo en el punto de entrada del reactor para remover los lodos depositados en el reactor. Para esos diámetros, las velocidades son usualmente superiores a 0.4m/s. Por lo tanto se asumirá un diámetro de 50mm para poder diseñar el reactor

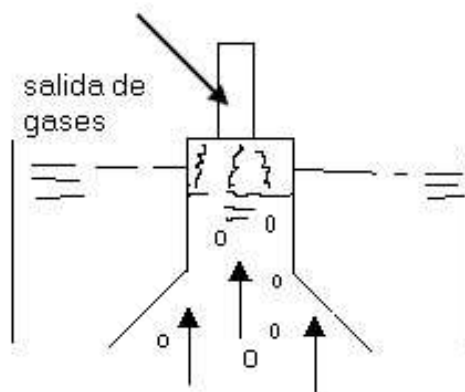


Figura N° 7 : Separador de gas líquido Solido

Este elemento es característico de los reactores UASB. En el se produce el proceso de sedimentación de los sólidos en suspensión y la separación del biogás. Los parámetros que definen su diseño son los siguientes:

- $V_{\text{ascension max.}} = 1 \text{ m/h}$
- Angulo de inclinación = 45°
- Recolección de Biogás es segura.

Para que la velocidad máxima sea del valor estipulado debe haber siempre un área libre mínima de 30 m^2 .

$$Q = 8.3 \text{ l/s} \leftrightarrow 30 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\begin{aligned} \text{Amínima} &= Q_{\text{compartimiento}} / V_{\text{maxima}} = 30 \text{ m}^3/\text{h} / 1 \text{ m/h} = 30 \text{ m}^2 \\ \text{Aminima} &= L_{\text{compartimiento}} \cdot L_{\text{separator}} = 12 \text{ m} \cdot L_{\text{separator}} = 30 \text{ m}^2; \\ L_{\text{separator}} &= 2.5 \text{ m}. \end{aligned}$$

Sistema de recolección del efluente en el Rafa

Se ubican en la parte superior de los sedimentadores y consisten en dos canales laterales de sección triangular ubicadas en la parte interna del Rafa y dos canales laterales de sección rectangular ubicadas en la parte lateral del Rafa. Las aristas de las canaletas, donde se vierte el agua estarán dentadas de manera que tengan un vertedero de tipo triangular. La cantidad de vertederos y el caudal que pasa en cada vertedero se calcula de la siguiente manera:

$(4 \text{ aristas}) \cdot (12 \text{ m}) \cdot (5 \text{ vertederos} / \text{ m}) = 240 \text{ vertederos}$ El caudal que debe verter cada vertedero es:

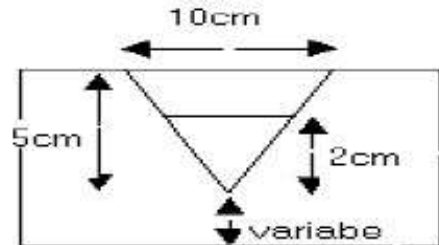
$$Q = Q_{\text{max}} / 240 = 16.54 / 240 = 0.069 \text{ l/s}$$

Se ha dimensionado la geometría del vertedero triangular a partir de la formula de Kindsvater

$$Q = C_e \cdot (8/15) \cdot \tan(\alpha/2) \cdot (2.g)^{1/2} \cdot h^{5/2}$$

Donde:

Q = caudal para cada vertedero 0.069 l/s C_e = coeficiente de descarga = 0.58 α = ángulo del vertedero = 90°.



Despejando el valor de h tenemos la siguiente ecuación: $h = (Q / 1.4)^{0.4} = 2.0 \text{ cm}$

Sistema de salida de agua tratada hacia la laguna secundaria

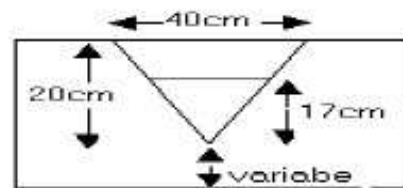
El desagüe de las cuatro canaletas del reactor desemboca en un canal y mediante una tubería de 8" ubicada en la zona intermedia del canal, el efluente sale del reactor hacia un repartidor de caudal , dividiendo el caudal en tres partes. De este repartidor salen tres tuberías de PVC de 6" que alimentan posteriormente la laguna secundaria.

Diseño de cada vertedero

Se ha dimensionado la geometría del vertedero triangular a partir de la formula de Kindsvater

$$Q = C_e \cdot (8/15) \cdot \tan(\alpha/2) \cdot (2.g)^{1/2} \cdot h^{5/2} \text{ Donde:}$$

Q = caudal para cada vertedero 16.54 l/s C_e = coeficiente de descarga = 0.58 α = ángulo del vertedero = 90°.



Despejando el valor de h tenemos la siguiente ecuación:

$$h = (Q/1.4)^{0.4} = 17.0 \text{ cm}$$

Diseño de las lagunas facultativas

Se asume que el propósito en orden de prioridad es la remoción de patógenos, principalmente huevos de helmintos y coliformes fecales con el objetivo de

cumplir los limites de la ley general de aguas para la clasificación tipo III. Se diseña una batería de lagunas facultativas.

LAGUNA SECUNDARIA

Parámetro	Formula	Valor	Unidad
Caudal promedio de diseño (Q_{prom})		714	m ³ /día
Caudal máximo horario (Q_{mxh})		1428	m ³ /día
DBO ₅ afluente (S_0)	Tabla 11.1	72	mg/L
Coliformes fecales afluentes (N_0)	Tabla 11.1	1.77E+08	NMP/100ml
Carga superficial aplicada (C)	$C=Q_{prom} * DBO_5 / 1000$	51.5	KgDBO ₅ /día
Dimensiones de laguna			
Temperatura media ambiental del mes mas frío del año (T^a)	Fuente: Senami	13.0	°C
Temperatura de agua del mes mas frío (T^ag)	$T^ag = T^a + 2^{\circ}C$	15.0	°C
Carga superficial de diseño (Csd)	$Csd = 250 * 1.05^{(T^ag-20)}$	195.88	KgDBO ₅ /Ha.día
Area Superficial total (As)	$As = C / csd$	0.26	Ha
Relación Largo / Ancho (LW) <2-3>	Norma Técnica de S.010	2	
Ancho (W)	$W = (As / (L / W))^{0.5}$	36	m
Largo (L)	$L = (W * (L / W))$	72	m
Profundidad (Z)		2	m
Volumen laguna secundaria (V_1)	$V_1 = L * W * Z$	5256	m ³
Determinación del caudal efluente (Qe)			
Perdida por infiltración (Pif)	Para lagunas Secundarias	0.017	cm/día
Perdida por evaporación (Pev)	Para lagunas Secundarias	0.2	cm/día
Calculo del caudal efluente (Qe)	$Qe = Qua - ((Pev - Pif) / 100) * L * W$	710	m ³ /día

Parámetro	Formula	Valor	Unidad
Determinación coliformes fecales (Ne) y demanda biológica de oxígeno (S)			
Periodo de retención hidráulico teórico (PRH _{teo})	$PRH_{teo} = V_1 / Q_e$	7.4	Redondeamos a 8 días
Factor de Corrección Hidráulica (Fch)	Para lagunas Secundarias	0.7	
Periodo de retención hidráulica corregido (PRH _{real})	$PRH_{real} = PRH_{teo} * Fch$	6	días
Tasa neta de mortalidad (Kb) a 20°C	Norma Técnica de Edificación S.010	0.904	1/día
Tasa neta de mortalidad a la temperatura del agua del mes mas frío Kb(T°ag)	$Kb(T°ag) = Kb(20°C) * 1.04^{(T°ag - 20)}$	0.743	
Tasa de desoxigenación KD(20°C)	Norma Técnica de Edificación S.010	0.17	1/día
Tasa de desoxigenación KD(T°ag)	$KD(T°ag) = KD(20°C) * 1.05^{(T°ag - 20)}$	0.113	1/día
Factor de dispersión (d)	$d = \frac{(1.158 * [(PRH_{real} * (W + 2 * Z))^{0.489}] * W^{1.511})}{[T°ag + 42.5]^{0.734} * [(L * Z)^{1.489}]}$	0.11	
Factor adimensional (ac) coliformes fecales	$ac = (1+4 * PRH_{real} * d * Kb(T°ag))^{0.5}$	1.7	
Factor adimensional (ad) DBO ₅	$ad = (1+4 * PRH_{real} * d * KD(T°ag))^{0.5}$	1.17	
Concentración de coliformes Fecales en el efluente (Ne)	$N_e = [N_0 * 4 * ac * e^{(1/2d)}] / [((1+ac)^2 * e^{(ac/(2 * d))}) - ((1-ac)^2 * e^{((-ac)/(2 * d))})]$	7.6E+06	NMP/100ml
Eficiencia parcial de remoción coliformes	$E = [(N_0 - N_e) / N_0] * 100\%$	96	%
DBO ₅ efluente	$S = [S_0 * 4 * ad * e^{(1/2d)}] / [((1+d)^2 * e^{(ad / (2 * d))}) - ((1-ad)^2 * e^{((-ad)/(2 * d))})]$	33.1	mg/l
Eficiencia parcial de remoción de DBO ₅	$E = [(S_0 - S) / S_0] * 100\%$	54	%

LAGUNA TERCIARIA

Parámetro	Formula	Valor	Unidad
Caudal promedio de diseño (Q_{prom})		710	m ³ /día
DBO ₅ afluente (S_0)		33.1	mg/L
Coliformes fecales afluente (N_0)		7.60E+06	NMP/100ml
Dimensiones de Laguna			
tiempo de retención Hidráulico teórico(PR_{Hteo})	$PR_{Hteo} \geq 10$ días	14.0	días
Volumen para laguna (V_2)	$V_2 = Q_{prom} * PR_{Hteo}$	9940.0	m ³
Area Superficial (A_s)	$A_s = V/Z$	4970.0	m ²
Relación Largo / Ancho (L/W) <2-3>	Norma Técnica de Edificación S.010	2	
Ancho (W)	$W = (A_s / (L/W))^{0.5}$	50	m
Largo (L)	$L = (W * (L/W))$	100	m
Profundidad (Z)		2	m
Determinación del caudal efluente (Q_e)			
Perdida por infiltración (Pif)	Para lagunas terciarias	0.017	cm/día
Perdida por evaporación (Pev)	Para lagunas terciarias	0.2	cm/día
Calculo del caudal efluente (Q_e)	$Q_e = Q_{in} - ((Pif + Pev) / 100) * L * W$	701	m ³ /día
Determinación coliformes fecales (N_e) y demanda biológica de oxígeno (S)			
Factor de Corrección Hidráulica (Fch)	Para lagunas terciarias	0.7	
Tiempo de retención hidráulica real (PR_{Hreal})	$PR_{Hreal} = PR_{Hteo} * Fch$	10	días
Temperatura media ambiental en el mes mas frío del año (T^a)	Fuente: Senami	13.0	°C
Temperatura de agua del mes mas frío (T^a_{ag})	$T^a_{ag} = T^a + 2^{\circ}C$	15.0	°C
Tasa neta de mortalidad (Kb) a 20°C	Norma Técnica de Edificación S.010	0.904	1/día
Tasa neta de mortalidad a la temperatura del agua del mes mas frío $Kb(T^a_{ag})$	$Kb(T^a_{ag}) = Kb(20^{\circ}C) * 1.04^{(T^a_{ag} - 20)}$	0.743	
Tasa de desoxigenación KD(20°C)	Norma Técnica de Edificación S.010	0.17	1/día
Tasa de desoxigenación KD(T^a_{ag})	$KD(T^a_{ag}) = KD(20^{\circ}C) * 1.05^{(T^a_{ag} - 20)}$	0.113	1/día
Factor de dispersión (d)	$d = \frac{(1.158 * PR_{Hreal} * (W + 2 * Z))^{0.489} * W^{1.511}}{[T^a_{ag} + 42.5]^{0.734} * [(L * Z)^{1.489}]}$	0.18	
Factor adimensional (ac) coliformes fecales	$ac = (1 + 4 * PR_{Hreal} * d * Kb(T^a_{ag}))^{0.5}$	2.5	
Factor adimensional (ad) DBO ₅	$ad = (1 + 4 * PR_{Hreal} * d * KD(T^a_{ag}))^{0.5}$	1.333	
Concentración de coliformes Fecales en el efluente (N_e)	$N_e = [N_0 * 4 * ac * e^{(1/2d)}] / [((1+ac)^2 * e^{(ac/(2 * d))} - ((1-ac)^2 * e^{(-ac)/(2 * d)})]$	9.4E+04	NMP/100ml
Eficiencia parcial de remoción coliformes	$E = [(N_0 - N_e) / N_0] * 100\%$	99	%
DBO ₅ efluente	$S = [S_0 * 4 * ad * e^{(1/2d)}] / [((1+d)^2 * e^{(ad/(2 * d))} - ((1-ad)^2 * e^{(-ad)/(2 * d)})]$	12.5	mg/l
Eficiencia parcial de remoción de DBO ₅	$E = [(S_0 - S) / S_0] * 100\%$	62	%

LAGUNA DE ACABADO

Parámetro	Formula	Valor	Unidad
Caudal promedio (Q_{prom})		701	m ³ /día
DBO ₅ afluente (S_0)		12.50	mg/L
Coliformes fecales afluente (N_0)		9.4E+04	NMP/100ml
Dimensiones de Laguna			
tiempo de retención Hidráulico teórico(PR_{Hteo})	$PR_{Hteo} \geq 10$ días	14.0	días
Volumen para laguna (V_s)	$V_s = Q_{prom} * PR_{Hteo}$	9814	m ³
Area Superficial (A_s)	$A_s = V / Z$	4907	m ²
Relación Largo / Ancho (L / W) <2-3>	Norma Técnica de Edificación S.010	2	
Ancho (W)	$W = (A_s / (L / W))^{0.5}$	50	m
Largo (L)	$L = (W * (L / W))$	99	m
Profundidad (Z)		2	m
Determinación del caudal efluente (Q_e)			
Perdida por infiltración (Pif)	Para lagunas de acabado	0.017	cm/día
Perdida por evaporación (pev)	Para lagunas de acabado	0.200	cm/día
Calculo del caudal efluente (Q_e)	$Q_e = Q_{in} - (Pif + pev) / 100 * L * W$	692	m ³ /día
Determinación coliformes fecales (N_e) y demanda biológica de oxígeno (S)			
Factor de Corrección Hidráulica (Fch)	Para lagunas de acabado	0.7	
Tiempo de retención hidráulica real (PR_{Hreal})	$PR_{Hreal} = PR_{Hteo} * Fch$	10	
Temperatura media ambiental en el mes mas frío del año (T^a)	Fuente: Senami	13	°C
Temperatura de agua del mes mas frío (T^ag)	$T^ag = T^a + 2^{\circ}C$	15	°C
Tasa neta de mortalidad (Kb) a 20°C	Norma Técnica de Edificación S.010	0.904	1/día
Tasa neta de mortalidad a la temperatura del agua del mes mas frío $Kb(T^ag)$	$Kb(T^ag) = Kb(20^{\circ}C) * 1.04^{(T^ag - 20)}$	0.743	
Tasa de desoxigenación KD(20°C)		0.170	1/día
Tasa de desoxigenación KD(T ^{ag})	$KD(T^ag) = KD(20^{\circ}C) * 1.05^{(T^ag - 20)}$	0.113	1/día
Factor de dispersión (d)	$d = \frac{(1.158 * [PR_{Hreal} * (W + 2 * Z)]^{0.489} * W^{1.511})}{[T^ag + 42.5]^{0.734} * [(L * Z)^{1.489}]}$	0.17	
Factor adimensional (ac) coliformes fecales	$ac = (1 + 4 * PR_{Hreal} * d * Kb(T^ag))^{0.5}$	2.50	
Factor adimensional (ad) DBO ₅	$ad = (1 + 4 * PR_{Hreal} * d * KD(T^ag))^{0.5}$	1.332	
Concentración de coliformes Fecales en el efluente (N_e)	$N_e = [N_0 * 4 * ac * e^{(1/2d)}] / \{ [(1+ac)^2 * e^{(ac/(2*d))} - ((1 - ac)^2 * e^{(-ac) / (2 * d)})] \}$	1.0E+03	NMP/100ml
Eficiencia parcial de remoción coliformes	$E = [(N_0 - N_e) / N_0] * 100\%$	99	%
DBO ₅ efluente	$S = [S_0 * 4 * ad * e^{(1/2d)}] / \{ [(1+ad)^2 * e^{(ad/(2*d))} - ((1 - ad)^2 * e^{(-ad) / (2 * d)})] \}$	4.7	mg/l
Eficiencia parcial de remoción de DBO ₅	$E = [(S_0 - S) / S_0] * 100\%$	62	%

Diseño de la alternativa N° 2 : Planta Tratamiento Lodos

Activados

Diseño del reactor con aireación extendida Datos

Disponibles:

Caudal medio del agua residual (Q).....714m³/día

Caudal máximo horario (Q_{mh}).....1428 m³/día

Materia orgánica entrante (S_0).....273.8 mg DBO₅/ l

Carga orgánica aplicada.....196.35 Kg DBO₅/día

Eficiencia de remoción del DBO₅ = 95% (Norma técnica S.010) DBO5 (S_e)
 =273.8*(1-0.95) = 13.69 mg DBO₅/ l

Tabla N° 11 : Parámetros Seleccionados

Parámetro	Intervalo	Valor	Unidad
Y	0.4 - 0.8	0.7	KgSSVLM / KgDBO ₅
K_d	0.025 - 0.075	0.04	1/día
θ_c	20 - 30	25	días
X_t	3,000 – 6,000	3,000	mg /l
Q_r / Q	0.5 - 1.5	1	

1. El rango de parámetros se encuentra estipulado en la norma técnica peruana S.010
2. Los valores seleccionados se escogieron basándose en la Norma técnica peruana y al desempeño de varias plantas de tratamiento de aguas domesticas.

Donde:

Y : Coeficiente de producción

K_d : Coeficiente de respiración o de decaimiento de primer orden θ_c

θ_c : Tiempo de residencia de los microorganismos

X_t : Concentración de sólido suspendidos volátiles en el reactor

Q_r / Q : Relación de recirculación.

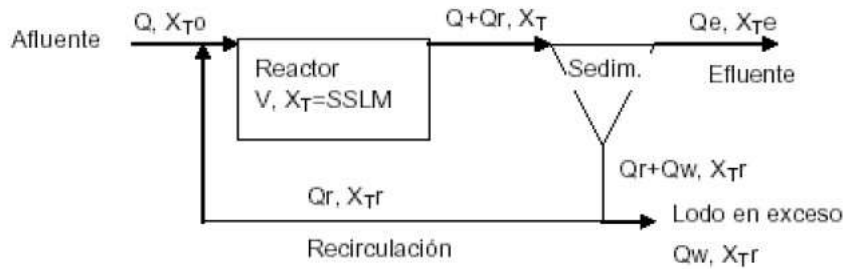
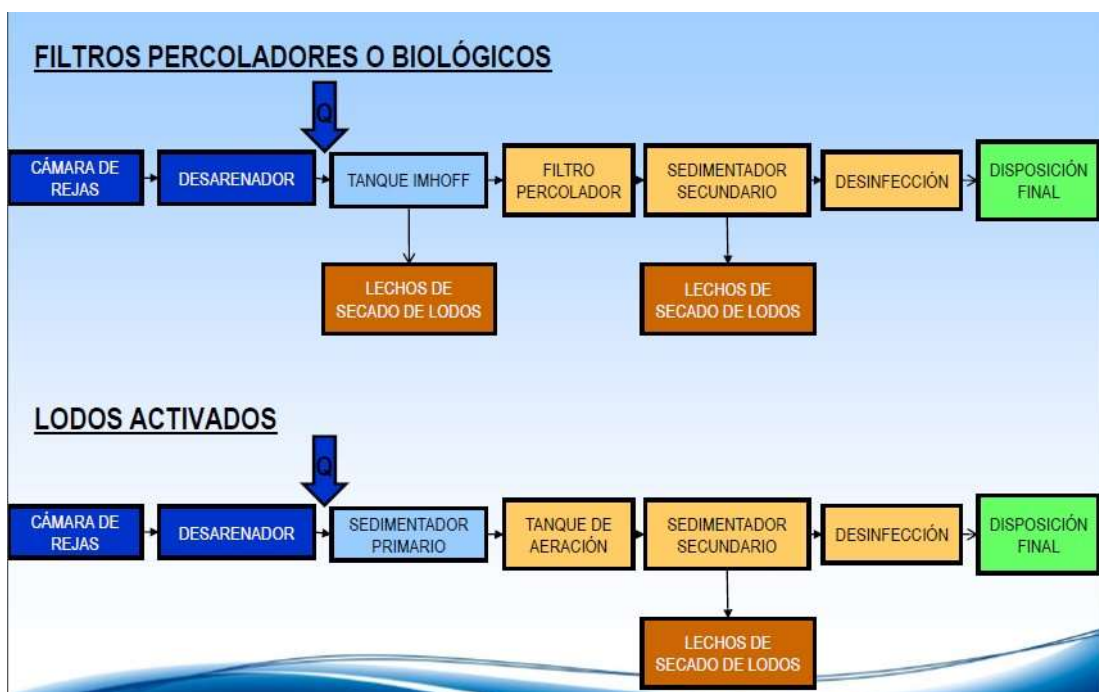


Figura N° 8 : Proceso Propuesto



a.- Calculo del volumen

Remplazando los valores de la tabla tenemos

$$V = \frac{\theta_c Q_y (S_o - S_e)}{x(1 + kd \theta_c)}$$

$$V = 542.4 \text{ m}_3$$

b.- Tiempo de retención hidráulico (TRH)

$$TRH = V / Q = 18 \text{ horas}$$

Norma técnica Peruana, TRH < 16 – 48 horas >

c.- Determinación de las dimensiones del estanque de aireación

Para una altura del reactor $H = 5$ m (propuesto) y relación largo /ancho ($L / a = 3$)

$$A_{sup} = V / H = 108.49 \text{ m}^2$$

Entonces tenemos que, $a = 6$ m y $L = 18$ m

d.- Relación: alimento / microorganismo (F/M)

$$F / M = S_0 / X_t \cdot V = 0.2 \text{ KgDBO5 / KgssvLM.día}$$

e.- Determinación de la producción observada (Υ_{obs})

$$\Upsilon_{obs} = Y / (1 + K_d \cdot \theta_c)$$

$$\Upsilon_{obs} = 0.35$$

f.- Producción de la producción de lodos P_x

$$P_x = \frac{Y_{obs} \cdot Q(S_o - S_e)}{10^3}$$

$$P_x = 65 \text{ Kg / día}$$

g.-Concentración de sólidos suspendidos volátiles (SSV) en la recirculación (X_r)

$$Q_r / Q = 1, \text{ entonces } Q_r = Q$$

$$X_r = X \cdot (Q_r + Q) / Q_r = 6,000 \text{ mg/l}$$

h.- Caudal del lodo de purga en la recirculación (Q_w)

$$Q_w = V \cdot X / X_r \cdot \theta_c = 11 \text{ m}^3 / \text{ día}$$

i.- Determinación del consumo de oxígeno (Kg O₂/ día) Kg

$$O_2 / \text{día} = Q_{mh} \cdot (S_0 - S_e) / F \cdot 10^3 \text{ g / kg} - 1.42 \cdot P_x F = 0.7$$

Reemplazando valores obtenemos

$$\text{Kg } O_2 / \text{día} = 439 \text{ kg / día}$$

j.- Determinación del consumo de oxígeno/ hp.día (N)

$$N = N_0 \cdot [(\beta \cdot C_{WALT} - C_L) / C_{S20^\circ C}] \cdot 1.024^{(T-20)} \cdot \alpha$$

N_0 = Requisitos de oxígeno en condiciones estándares = 1.5 kgO₂/hp.hr

C_{WALT} = Concentración de saturación de oxígeno en condiciones de campo =
8.29 mg/l

C_L = Nivel de oxígeno en el tanque de aireación = 2 mg/l

$C_{S20^\circ C}$ = Concentración de saturación de oxígeno en condiciones al nivel del mar
= 9.08 mg/l

α = Factor de corrección que relaciona los coeficientes de transferencia de oxígeno = 0.9. β = Factor de corrección que relaciona los coeficientes de transferencia de oxígeno = 0.95

$$T = 21.8^\circ C$$

Entonces $N = 0.912 \text{ kgO}_2 / \text{hp.hr} \Leftrightarrow 22 \text{ kgO}_2 / \text{hp. Día h.-}$

Potencia requerida (P_{req})

P_{req} = Demanda de oxígeno / consumo de oxígeno/hp.día (N)

$$P_{req} = 439 \text{ kgO}_2 / \text{día} / 22 \text{ kgO}_2 / \text{hp. día} = 20 \text{ hp}$$

Diseño del Tanque de ecualización

Aunque es esta la primera cámara que se encuentra en la planta propuesta, se calcula en función a la cámara de aireación, que como podemos apreciar en los cálculos es calculada primero por ser la más importante.

La cámara de ecualización, también llamada Digestor primario debe tener un volumen igual de la cámara de aireación, lo cual resulta muy práctico porque se

considerara que no trabajara al 100% de su capacidad. Ello dará un margen para sobre picos y un mayor periodo de retención para facilitar la limpieza de la cámara de aireación y el mantenimiento de sus equipos.

Diseño del Sedimentador

a.- Determinación del área superficial del sedimentador (A_s)

$$A_s = (1 + R) \cdot Q_{mh} \cdot X_r \cdot 3.6 / (C_s \cdot 1000)$$

Relación de recirculación ($R = Q_r / Q_p$) = 1

Caudal máximo horario (Q_{mh}) = 16.53 l / s

Carga de sólidos $C_s = 3.5 \text{ Kg} / \text{m}_2 \cdot \text{h}$

Concentración de sólidos en la recirculación (X_r) = 6,000 SSV mg / l Entonces tenemos:

$$A_s = 203.27 \text{ m}_2$$

b.- Determinación del radio del sedimentador (R_s) $R_s = (A$

$/ \pi)^{0.5} = 8.1 \text{ m}$; por lo tanto el diámetro $D = 16.2 \text{ m}$ c.-

Determinación de h_2

$$h_2 = \text{Tang}5^\circ \cdot R_s = 0.7$$

d.- Determinación de h_1 Relación:

$$R_s / (h_1 + h_2) = 3 \text{ (relación geométrica)}$$

Despejando tenemos: $h_1 = 2 \text{ m}$ e.-

Volumen del sedimentador

$$V = [\pi \cdot R_{s2} \cdot h_1 + (h_2 \cdot \pi \cdot R_{s2} / 3)] = 477 \text{ m}_3$$

Diseño de la cámara de contacto con cloro a.-

Consideraciones de diseño:

Caudal medio (Q)..... 0.496 m_3 / min .

Tiempo de retención (t).....15 a 30 min.

Dosis empleada.....10 mg / l

Altura Propuesta (h).....1.0 m

b.- Cálculo del volumen teórico

$$V = Q \cdot t = 0.497 \text{ m}_3 / \text{min} \cdot 25 \text{ min} = 12.40 \text{ m}_3$$

c.- Con la altura propuesta se determina el área A

$$= V / h = 12.40 \text{ m}_2$$

Considerando una relación de $L / a = 2$, tenemos lo siguiente

$$L = 5\text{m}; a = 2.5 \text{ m}$$

Diseño del lecho de secado a.-

Datos disponibles

Producidos de lodos (P_x) = 65.1 Kg SS / día

Tasa de aplicación (T_s) = 100 Kg SS / m² . año, por norma $T_s < 60 - 100 >$

Relación largo / ancho (L/a) = 2 **b.-**

Área del lecho del secado

$$A_L = P_x \cdot T_s = 238 \text{ m}_2$$

$$L = 22; a = 11$$

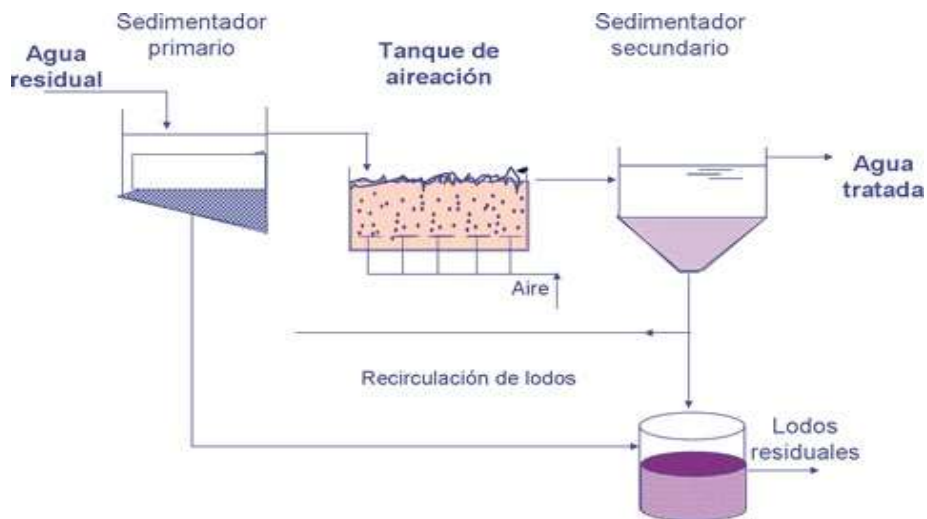


Figura N° 9 : Proceso planta de tratamiento mediante Lodos Activados

COSTOS DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

Costos de construcción

El presupuesto de las alternativas, como todo presupuesto de obra fue determinado bajo los siguientes parámetros:

- Partidas involucradas
- Metrado de cada partida
- Costos unitarios de cada partida
- Porcentajes de gastos generales
- El impuestos general a las vetas (I.G.V.)

De las 2 alternativas de construcción, la primera contempla reactor RAFA y lagunas facultativas con revestimiento con manta geotextil, mientras que la segunda alternativa contempla estanque ecualizador, reactor de lodos activados, Sedimentador secundario, cámara de contacto con cloro.

En la segunda alternativa se obtuvo un costo menor en la cual el monto total de la obra asciende a: US\$/. 100,622 incluidos los gastos generales y el I.G.V. o trescientos un mil ochocientos sesenta y seis y 00/ 100 Nuevos Soles.

PRESUPUESTO ALTERNATIVA N° 1 : LAGUNAS FACULTATIVAS

Cod. Iten	Descripción	Umed.	Qtd.	Costo Unitario(US\$)	Total(US\$)
	PTAR UNMSM				275,051.59
1	Obras preliminares				12,392.98
1.01	Trazo replanteo	Mes	6.000	884.450	5,306.70
1.02	Movilización y desmovilización de equipos	GLB	1.000	208.280	208.28
1.03	Caseta para guardiana Y/O deposito	GLB	1.000	1,258.30	1,258.30
1.04	SSH-obreros	M2	5.000	18.300	91.50
1.05	Oficina y almacén de obra	M2	30.000	175.940	5,278.20
1.06	Cartel de obra	M2	6.250	40.000	250.00
2	Pretratamiento				5,064.57
2.1	Movimiento de tierras				58.78
2.1.1	Nivelación y compactación de solado	M2	31.100	1.880	58.78
2.2	Concreto simple				604.06
2.2.1	Solado $f_c = 100\text{kg/cm}^2$ Tipo V $e = 0.1$	M3	12.120	49.840	604.06
2.3	Obras de arte de concreto armado				4,401.73
2.3.1	Concreto losa de cimentación $f_c = 210\text{Kg/cm}^2$	M3	12.120	62.350	755.71
2.3.2	Encofrado y desencofrado de losa de cimentación	M2	16.870	7.320	123.49
2.3.3	Acero de losa de cimentación grado 60	Kg	364.700	0.803	292.98
2.3.4	Concreto en muros reforzados $f_c = 210\text{Kg/cm}^2$	M3	20.390	62.350	1,271.32
2.3.5	Encofrado y desencofrado muros reforzados	M2	118.812	7.320	869.70
2.3.6	Acero en muros reforzados grado 60	Kg	417.320	0.823	343.59
2.3.7	Tarrajeo impermeabilizante en muros	M2	66.600	3.593	239.32
2.3.8	Tarrajeo en exteriores	M2	49.520	2.893	143.28
2.3.9	Tarrajeo impermeabilizante de losa de fondo	M2	25.700	3.593	92.35
2.3.10	Rejilla metálica inclinada	und	1.000	56.667	56.67
2.3.11	Rejas metálicas (cámara de rejas)	und	2.000	40.000	80.00
2.3.12	Compuerta de plancha metálica	und	2.000	66.667	133.33

Cod. Iten	Descripción	Umed.	Qty.	Costo Unitario(US\$)	Total(US\$)
3	Reactor UASB				20,155.93
3.1	Movimiento de tierras				401.12
3.1.1	Excavación	M3	209.000	1.480	309.32
3.1.2	Velación y compactación para solado	M2	60.000	1.530	91.80
3.2	Concreto simple				1,277.10
3.2.1	Solado fc=100kg/cm2 tipoV e=0.1m	M3	6.000	49.840	299.
3.2.2	Encofrado y desencofrado	M2	8.400	7.320	61.49
3.2.3	Concreto fc = 140kg/cm2 tipo V	M3	14.700	62.350	916.55
3.3	Concreto Armado				18477.70
3.3.1	Losa de fondo				3095.68
3.3.1.1	Acero	Kg	1,176.00	0.960	1,128.96
3.3.1.2	Encofrado y desencofrado	M2	8.400	10.130	85.10
3.3.1.3	Concreto fc=210kg/cm2 tipo V	M3	14.700	88.040	1,294.19
3.3.1.4	Junta Water stop 4pulg	MI	44.000	1.760	77.44
3.3.1.5	Recubrimiento epoxico	M2	60.000	8.500	510
3.3.2	Placas				13,590.20
3.3.2.1	Acero	Kg	4,000.00	0.960	3,840.00
3.3.2.2	Encofrado y desencofrado	M2	340.000	10.130	3,444.20
3.3.2.3	Concreto fc =210kg/cm2 tipo V	M3	50.000	88.040	4,402.00
3.3.2.4	Recubrimiento epoxico	M2	224.000	8.500	1,904.00
3.3.3	Vigas				903.86
3.3.3.1	Acero	Kg	80.000	0.960	76.80
3.3.3.2	Encofrado y desencofrado	M2	60.000	7.320	439.20
3.3.3.3	Concreto fc =210kg/cm2 tipo V	M3	4.000	88.040	352.16
3.3.3.4	Recubrimiento epoxico	M2	4.200	8.500	35.70
3.3.3.5	Tuberías				888
3.3.3.6	Suministro e instalación PVC D=2"	MI	120.000	5.000	600
3.3.3.7	Suministro e instalación PVC D=6"	MI	16.000	18.000	288
4	Lagunas Facultativas				237,438.11
4.1	Movimiento de tierras				55,969.71
4.1.1	Excavación	M3	24,954.00	1.480	36,931.92
4.1.2	Nivelación y compactación interior de lagunas	M2	12,443.00	1.530	19,037.79
4.2	Impermeabilización				181,468.40
4.2.1	Losa de fondo				47,478.66
4.2.2	Suministro y colocación de geomembrana HDPE (1mm)	M2	9,378.50	3.500	32,824.75
4.2.3	Relleno material arcilloso compactado (Capas 5cm)	M3	468.925	31.250	14,653.91
4.3	Talud interior				130,178.25
4.3.1	Encofrado y desencofrado de talud	M2	244.130	10.130	2,473.04
4.3.2	Concreto Fc =175 kg/cm2 tipo V con fibras de polipropileno	M3	1,422.30	78.880	112,191.02
4.3.3	Suministro y colocación de geomembrana HDPE (1mm)	M2	3,064.50	3.500	10,725.75
4.3.4	Relleno material arcilloso compactado (Capas 5 cm)	M3	153.230	31.250	4,788.44
4.4	Obras de arte (tres lagunas)				2,713.50
4.4.1	Acero (tres lagunas)	Kg	1,000.00	0.960	960.
4.4.2	Encofrado y desencofrado	M2	50.000	10.130	506.50
4.4.3	Concreto Fc =140 kg/cm2 tipo V	M3	20.000	62.350	1,247
4.5	Tuberías				1,098
4.5.1	Suministro e instalación PVC D =6"	M	61.000	18.000	1,098
	Costo directo (US\$)				275,051.59
	Gastos generales (15%)				41257.74
	Sub-total (US\$)				316309.33
	IGV(19%)				60098.77
	Total presupuesto (US\$)				376408.10

PRESUPUESTO ALTERNATIVA N° 2 : LODOS ACTIVADOS

Cod. Item	Descripción	Umed	Qtd	Costo unitario(US\$)	Total(US\$)
	PTAR UNMSM				73,527
1	Obras preliminares				12392.98
2	Pretratamiento				5306.70
3	Estanque de aireación				18339.61
3.1	Movimiento de tierras				967.99
3.1.1	Excavación	M3	542.4	1.48	802.75
3.1.2	Nivelación y compactación para solado	M2	108	1.53	165.24
3.2	Concreto simple				860.11
3.2.1	Solado fc = 100kg/cm2 tipo V e = 0.1m	M3	16.2	49.84	807.41
3.2.2	Encofrado y desencofrado	M2	7.2	7.32	52.70
3.3	Concreto Armado				2363.18
3.3.1	Acero grado 60	Kg	900	0.96	864
3.3.2	Encofrado y desencofrado	M2	7.2	10.13	72.94
3.3.3	Concreto fc = 210kg/cm2 tipo V	M3	16.2	88.04	1426.25
3.4	Paredes				10048.32
3.4.1	Acero	Kg	1000	0.96	960
3.4.2	Encofrado y desencofrado	M2	480	10.13	4862.4
3.4.3	Concreto fc = 210kg/cm2 tipo V	M3	48	88.04	4225.92
3.5	Obras mecánicas				4000
3.5.1	Agitador		1	1,800	1800
3.5.2	Motores (10hp) + 2 paletas		2	800	1600
3.5.3	Instalación eléctrica		1	600	600
3.6	Tuberías de PVC	M	20	5	100
4	Estanque ecualizador				17247.61
4.1	Movimiento de tierras				968
4.1.1	Excavación	M3	542.4	1.48	802.75
4.1.2	Nivelación y compactación para solado	M2	108	1.53	165.24
4.2	Concreto simple				860.11
4.2.1	Solado fc = 100kg/cm2 tipo V e = 0.1m	M3	16.2	49.84	807.41
4.2.2	Encofrado y desencofrado	M2	7.2	7.32	52.70
4.3	Concreto Armado				2363.18
4.3.1	Acero grado 60	Kg.	900	0.96	864
4.3.2	Encofrado y desencofrado	M2	7.2	10.13	72.94

Cod.Iten	Descripción	Umed	Qtd	Costo unitario(US\$)	Total(US\$)
4.3.3	Concreto fc = 210kg/cm2 tipo V	M3	16.2	88.04	1426.25
4.4	Paredes				9856.32
4.4.1	Acero	Kg.	800	0.96	768
4.4.2	Encofrado y desencofrado	M2	480	10.13	4862.4
4.4.3	Concreto fc = 210kg/cm2 tipo V	M3	48	88.04	4225.92
4.5	Obras mecánicas				3200
4.5.1	Agitador		1	1,800	1800
4.5.2	Motores (10hp)		1	800	800
4.5.3	Instalación eléctrica		1	600	600
4.6	Tuberías de PVC	M	15	5	75
5	Sedimentador				13,713
5.1	Movimiento de tierras				1431
5.1.1	Excavación	M3	477	3	1431
5.2	Concreto armado				7126.85
5.2.1	Encofrado y desencofrado	M2	275	10.13	2785.75
5.2.2	Concreto fc = 210kg/cm2 tipo V	M3	27.5	88.04	2421.1
5.2.3	Acero	Kg.	2000	0.96	1920
5.3	Obras mecánicas				5,005
5.3.1	Uña saca lodo		1	2,000	2,001
5.3.2	Motores (20 hp)		1	1600	1,601
5.3.3	Motores (10 hp)		2	800	802
5.3.4	Instalación eléctrica		1	600	601
5.4	Tuberías de PVC	M	30	5	150
6	Cámara de contacto				4,260
6.1	Excavación	M3	12.41	2	24.82
6.2	Concreto armado				1717.34
6.2.1	Encofrado y desencofrado	M2	70	10.13	709.1
6.2.2	Concreto fc = 210kg/cm2 tipo V	M3	6	88.04	528.24
6.2.3	Acero	Kg.	500	0.96	480
6.3	Recubrimiento epoxico	M2	55	8.5	467.5
6.4	Sistema de dosificación de Hipoclorito de sodio		1	2,000	2000
6.5	Tuberías de PVC	M	15	5	75

Cod.Iten	Descripción	Umed	Qtyd	Costo unitario	Total
7	Lecho de secado				2,27
7.1	Excavación	M3	181.5	2	363
7.2	Concreto armado				1729.64
7.2.1	Encofrado y desencofrado	M2	66	10.13	668.58
7.2.2	Concreto fc = 210kg/cm2 tipo V	M3	6.6	88.04	581
7.2.3	Acero	Kg.	500	0.96	480
7.3	Material filtrante	Kg.	1000	0.1	100
7.4	Tuberías de PVC	M	15	5	75
Costo directo (US\$)					73,527
Gastos generales (15%)					11029
Sub-total (US\$)					84,556
IGV(19%)					16,066
Total presupuesto (US\$)					100,622

COMPARACION DE ALTERNATIVAS

PROYECTO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Descripción	Costo(US\$)	Costo(US\$)
Obras preliminares	12392.98	12392.98
Pretratamiento	5306.7	5306.7
Reactor RAFA	20155.93	-
Lagunas facultativas	237438.11	-
Ecuilizador	-	17247.61
Estanque de aireación	-	18,339.61
Sedimentador	-	13,712.85
Cámara de contacto	-	4259.84
Lecho de secado	-	2267.64
Costo directo	275293.72	73,527.23
Gastos generales(15%)	41294	11029.10
Sub-total	316587.78	84,556.31
IGV(19%)	60151.67	16065.70
Total Presupuesto(US\$)	376,739	100,622

COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA LAS 2 DE ALTERNATIVAS

A continuación se brinda los costos de operación para la planta de tratamiento de agua residual proyectada

Tabla N° 12 : Costos de operación y mantenimiento

Ítem	Descripción	Unid.	Cant.	P.u (US\$)	Alternativa N°1	Alternativa N°2
					Costo total (US\$)	Costo total (US\$)
1.1	Ingeniero supervisor (1d/mes)	mes	12	150	1,800.00	1,800.00
1.2	Vigilante (3 personas 25d/mes turno día y noche)	mes	12	600	7,200.00	7,200.00
1.3	Operador encargado de mantenimiento permanente (3 personas 25d/mes)	mes	12	600	7,200.00	7,200.00
1.4	Encargado del control y funcionamiento (1persona 4 días/ mes)	mes	12	160	1,920.00	1,920.00
1.5	Encargado mantenimiento general (1d/mes)	mes	12	80	960	960
1.6	Encargado de Control de efluentes (ensayos)	Glb	1	960	960	960
2.1	Energía eléctrica para oficina	mes	12	18	216	216
2.2	Energía eléctrica para motores	mes	12	1558		18696
2.3	Teléfono	mes	12	20	240	240
2.4	Agua	mes	12	15	180	180
2.5	Herramientas y utensilios, otros	Glb	1	250	250	250
3.1	Insumos Químicos(hipoclorito de calcio)	mes	12	1000		12000
TOTAL COSTO ANUAL					21,226.00	51,622.00

DETERMINACIÓN DE LA RENTABILIDAD DEL PROYECTO DE TESIS

El objetivo del estudio económico es ordenar y sistematizar la información de carácter monetario, que sirve para la evaluación económica del proyecto. Para poder determinar la rentabilidad de cada alternativa utilizaremos formulas matemáticas. El principal método matemático es el valor presente neto (VPN) que nos determinara si el proyecto es factible o no. Para poder determinar el VPN,

primero tenemos que calcular lo siguiente: Inversión inicial, egresos e ingresos, depreciación y flujos económicos netos.

Inversión inicial (P)

Es la cantidad de dinero proyectada para poder construir la planta de tratamiento de agua residual. De la alternativa económica N°1, la inversión inicial asciende a US\$/. 376,739 y la alternativa N°2 : US\$/.100,622.

Egresos anuales

Como parte de los egresos de la planta de tratamiento del agua residual se considera, en primera instancia, el costo para la operación y mantenimiento para cada alternativa . Este asciende a US\$/. 21,226 para la alternativa N°1 y US\$/. 51,622 para la alternativa N°2

Ingresos Anuales

Si bien es cierto que la construcción de la planta de tratamiento de agua residual no obtendrá ingresos directamente, el ahorro de las cuotas que se tendrá que pagar a Sedapal se considera como un ingreso. Hoy en día, el único cobro que realiza sedapal a la UNMSM, es por la descarga del agua residual hacia las alcantarillas de lima metropolitana. A continuación se calculara el ahorro de dinero que se obtendría si se efectuara el proyecto.

Para esto se necesitan los siguientes datos:

- Cantidad de dinero que se paga a Sedalib por descargar el agua residual hacia las alcantarillas de Trujillo, ascienda a S/ 50,606.00 como promedio mensual.
- Cantidad total de agua residual promedio que se descarga hacia las alcantarillas de Trujillo al mes, es de 48,346.58 m³
- Cantidad de agua residual que se trataría, si se concretara el proyecto, es de 21,420 m³/mes (Caudal medio mensual)

Entonces el ingreso anual será:

$$\text{Ingreso anual} = [(S/. 50,606 / \text{mes}) / (48,346.58 \text{ m}^3 / \text{mes})] \cdot (21,420 \text{ m}^3 / \text{mes})$$

. (12 meses / 1 año)

$$\text{Ingreso anual} = \text{S/. 269,052 equivale a US\$/. 89,684}$$

Costo por depreciación

Este costo corresponde a la depreciación, que en este caso se asumirá lineal y con un valor residual cero.

$$D = (C_{cf} - V_r) / n$$

Donde:

D : depreciación (US\$ / año)

C_{CF} : costo fijo final o costos de construcción (US\$) V_r : valor residual (cero) n : número de períodos que la planta prestará servicio (35 años)

Luego:

Depreciación alternativa N°1

$$D = (\text{US\$/.376,739} - 0) / 35 = \text{US\$/.10,764}$$

Depreciación alternativa N°2

$$D = (\text{US\$/.100,622} - 0) / 35 = \text{US\$/. 2,875}$$

13.5 Flujo económico neto (FEN)

Es el resultante de adicionar, de sumar, a la utilidad o pérdida proyectada, según el estado contable proyectado de pérdidas y ganancias. **Flujo económico alternativa N°1**

$$FEN_1 = \text{Ingresos}_1 - (\text{Egresos}_1 + \text{Depreciación}_1) = \text{US\$ /.57,694}$$

Flujo económico alternativa N°2

$$FEN_2 = \text{Ingresos}_2 - (\text{Egresos}_2 + \text{Depreciación}_2) = \text{US\$ /.35,187}$$

Valor presente neto (VPN)

La suma de utilidades (utilidades menos perdidas) que pueda generar el proyecto en el periodo 1,2, 3.. .N, lo expresamos en valor presente y los valores obtenidos, (positivos o negativos) lo compararemos con la inversión original y sabremos si al cabo del tiempo previsto el proyecto, es o no rentable.

En la tabla siguiente se brinda información, sobre el resultado del VPN, el cual nos ayudara a determinar la factibilidad del proyecto

Tabla N° 13 : Interpretación del VPN

Valor	Significado	Decisión a tomar
VPN > 0	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida	El proyecto puede aceptarse
VPN < 0	La inversión produciría pérdidas por encima de la rentabilidad exigida	El proyecto debería rechazarse
VPN = 0	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas	Dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida (r), la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores.

Determinación del VPN

$$VPN = -P + FNE1/ (1+ I)^1 + FNE2/ (1+ I)^2 + \dots \dots \dots FNE_n/ (1+ I)^N$$

Donde:

P = Inversión inicial

FNE = Flujo económico neto

I = Tasa descuento (14%)

N = Tiempo de recuperación de inversión

Se asignara valores para N, para poder determinar en que año el proyecto será factible. Para N = 15 años

Alternativa N°1

$$VPN = -376,739 + 57,694 / (1+ 0.14)^1 + \dots \dots \dots 57,694 / (1+ 0.14)^{15}$$

VPN15 = US\$/. -22,373

Alternativa N°2

VPN = -100,622+ 35,187/(1+ 0.14)¹ +.....35,187/(1+ 0.14)¹⁵

VPN15 = US\$/. 115,502

Se observa que, para un tiempo de 15 años, la alternativa N°2 presenta un valor presente neto positivo, mientras que alternativa N°1 presenta uno negativo. Por lo tanto, a la tabla N° 17 ; recomienda realizar la construcción de la alternativa N°2.

REQUERIMIENTOS PREVIOS AL ARRANQUE, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Para la puesta en marcha de los sistemas de tratamiento de aguas residuales es requisito indispensable que se encuentren concluidos los trabajos de construcción y recepción de las obras directamente relacionadas con las unidades de tratamiento. Asimismo, el operador de la planta deberá tener presente los siguientes alcances y requisitos para un adecuado desarrollo de las actividades que conformarán el arranque, operación y mantenimiento de la planta.

Aspectos de control

Las condiciones hidráulicas y biológicas que forman parte del proceso de depuración de las aguas residuales, pueden verse afectadas por una serie de factores. Algunos de éstos son fácilmente controlables y adaptables al proyecto, pero otros, por su propia naturaleza, no se pueden controlar y deben ser considerados con buen criterio, de modo que su interferencia no afecte el proceso.

Parámetros no controlables

Son los factores fuera del control del hombre y están representados básicamente por parámetros meteorológicos, así como por algunos de tipo local. Entre éstos se tienen:

Factores meteorológicos

- i. Evaporación:** La evaporación del agua altera la concentración de sólidos, de materia orgánica y de los elementos presentes en el agua, pudiendo modificar el equilibrio biológico.
- ii. Temperatura:** Es el parámetro más importante, dado que es una medida indirecta de otros factores importantes, como por ejemplo, la radiación solar, velocidad de fotosíntesis y la velocidad de metabolismo de los microorganismos.
- iii. Vientos:** Tienen importancia para las lagunas de estabilización, ya que favorecen la homogenización de la masa líquida.
- iv. Nubes:** Interfieren como elemento capaz de interponerse al paso de la luz solar.
- v. Factores locales:** Son factores propios de cada zona, tales como temperatura del agua, características de las aguas servidas e infiltración.

Parámetros Controlables

En general, son aquellos parámetros relacionados con el diseño mismo de las unidades. Estos factores son entre otros: la carga orgánica aplicada, el período de retención hidráulico y la profundidad de los niveles de agua en las unidades, los cuales dependen entre sí y demandan especial interés del operador.

Parámetros de control Operacional

Tienen relación directa con el funcionamiento de los procesos y su control periódico permite observar el comportamiento de cada unidad de tratamiento. Para esto, se deberá contar con instrumentación de análisis y equipo de muestreo adecuado.

En la planta se controlará los siguientes parámetros: caudal, temperatura, pH, remoción de DBO, remoción de sólidos, remoción de coliformes y concentración de nutrientes.

Si las unidades de tratamiento funcionan de acuerdo con la carga orgánica y bacteriológica consideradas en el proyecto, la operación se reducirá a un control periódico de la eficiencia del proceso, lo cual se describe detalladamente en los puntos posteriores.

En cuanto al monitoreo de la calidad de los efluentes de las distintas unidades del tratamiento, el laboratorio encargado de efectuar los análisis deberá estar equipado y contar con el personal y reactivos necesarios para implementar como mínimo las siguientes pruebas: DBOtotal y soluble, DQOtotal y soluble, sólidos totales, sólidos en suspensión y volátiles, ácidos grasos volátiles, nitrógeno amoniacal, nitrógeno orgánico, oxígeno disuelto, temperatura, pH, coliformes totales, coliformes fecales, y parásitos.

En lo que respecta a la puesta en marcha (cuatro a seis meses), se tomarán muestras puntuales cada dos días para controlar la correcta operación del RAFA. Los principales parámetros de control serán el pH, temperatura, determinación de ácidos grasos volátiles en el efluente, DBO y DQO en el afluente y efluente del reactor.

Personal de la planta

Debe estar conformado por un área administrativa y otra de operación y mantenimiento. El estudio de diversas experiencias de otros países en desarrollo permite prever el siguiente personal.

Personal de Operación y Mantenimiento

- **Un jefe de operación y mantenimiento.-** Tendrá a su cargo la planta de tratamiento, así como la coordinación de los operarios encargados de la operación y mantenimiento del recinto. Corresponderá a un profesional calificado en ingeniería química o sanitaria.

· **Tres operadores.-** (Jornada de 8 horas/día). Serán los encargados de realizar las tareas de control de la planta de tratamiento. Deberán tener conocimientos sobre mantenimiento y operación, para lo cual requerirán de cursos de capacitación.

Por lo menos uno de estos operadores debe residir permanentemente en la planta. Para tal efecto, es necesario prever la construcción de una casahabitación. Las responsabilidades que les serán asignadas son:

a. Informar periódicamente al jefe sobre el funcionamiento y estado de las unidades en general.

b. Realizar los controles necesarios para la normal operación de la planta, entre ellos:

- Medición de caudales
- Controles fisicoquímicos: lectura de parámetros, toma de muestras de agua
- Llevar a cabo los programas de mantenimiento físico de todas las unidades. ·

Dos obreros.- (Jornada de 8 horas / día). Deberán preocuparse del mantenimiento de las unidades de tratamiento, fundamentalmente mantener los taludes libres de vegetación; limpiar las canaletas, vertederos, desarenador y cámara de rejillas; remover grasas y materia orgánica flotante y mantener las áreas verdes.

Personal de administración

Una secretaría, Deberá trasladar los datos obtenidos a los registros de control de la planta y procesar la información que se enviará a los demás niveles.

Documentación requerida

La documentación disponible en todo momento en la planta, deberá contar con antecedentes propios del proyecto, a fin de conocer tanto las bases de diseño de la planta o también la ubicación de cada uno de los elementos del sistema.

Como mínimo, es recomendar contar con lo siguiente:

- Memoria técnica del proyecto
- Un juego completo de los planos de construcción
- Especificaciones técnicas de construcción.
- Formularios de registro de datos operacionales y de análisis de calidad
- Una colección de referencias técnicas. En la bibliografía del presente manual presenta una lista el material que podría adquirirse.
- Cuaderno de observaciones. En este cuaderno o bitácora, el operador apunta diariamente las lecturas efectuadas, así como los resultados de los parámetros físicos, químicos y biológicos, medidos o analizados tanto en la planta como en el laboratorio.

Requerimientos administrativos y de infraestructura

Para el desarrollo de las funciones administrativas, la planta deberá contar con siguientes requerimientos:

- Una oficina para el jefe y operador de la planta
- Una oficina para la secretaria: este ambiente debe disponer por lo menos de lo siguiente:
 - Un escritorio
 - Un mueble para conservar la documentación de la Planta.
 - Un computador personal para el almacenamiento de los registros de control
 - Una impresora para la edición de la documentación que se emita
 - Un teléfono
 - Material de escritorio
 - Servicios Higiénicos
 - Servicio de cocina.

Inoculación de lodos en el RAFA

Para la inoculación del digestor es necesario traer lodos con actividad metanogénica (concentración mínima de 10 kg.SSV/m³).

Para tal efecto, debe preverse un volumen entre 40 y 80 m³ y considerar el lugar de su obtención y el transporte respectivo.

Insumos de productos químicos

Durante el arranque y operación de la planta será necesario contar con productos químicos para atenuar o eliminar riesgos de un eventual mal funcionamiento de los procesos de tratamiento. Estos son los siguientes:

En tal sentido, inicialmente se requerirá disponer del siguiente stock:

- Soda cáustica (NaOH) = 5 sacos

- Cal (CaCO₃) = 5 sacos

- Hipoclorito de sodio = 20 lt

Equipo de trabajo y seguridad

A fin de lograr el óptimo desarrollo de la puesta en marcha, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento, es necesario que el personal cuente con herramientas básicas para su trabajo, así como el equipo de protección necesario para realizar las funciones en condiciones seguras.

CAPITULO IV

DISCUSIÓN

El reúso de aguas residuales para riego de parques, jardines públicos ,las aguas a utilizar en estos casos debe tener una calidad cuyas normas contemplan indicadores como pH, demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y turbidez o solidos suspendidos (SS) y definen los tratamientos necesarios en cada caso.

El sistema de riego utilizado es el de aspersion por lo que habrá que tener en cuenta los posibles problemas de obturación de las boquillas, por esta razón el agua debe tener muy baja turbiedad y sólidos en suspensión.

Donde el público tiene acceso directo a parques y jardines regados con aguas residuales tratadas, el peligro potencial para la salud humana puede ser mayor que el que presenta el riego de verduras consumidas crudas.

La recomendación de la OMS para el riego de parques, zonas verdes y campos deportivos con acceso al público, se muestran a continuación en la siguiente tabla:

La empresa de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de La Libertad (Sedalib) ha programado invertir más de 257 millones de soles en la ejecución de una serie de obras de saneamiento a favor de la población de la ciudad de Trujillo, se anunció hoy.

La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) precisó que el proyecto de Sedalip, correspondiente al periodo 2014-2019, beneficiará a más de 50,000 pobladores de los sectores de Florencia de Mora, El Porvenir y La Esperanza, que contarán por primera vez de una conexión domiciliaria.

El proyecto contempla un plan de inversiones que se destinarán a la ampliación de cobertura, renovación de redes de agua potable y alcantarillado, y el mejoramiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Para tal efecto, la Sunass presentó en audiencia pública el Proyecto de Estudio Tarifario, Estructura Tarifaria y Metas de Gestión de la EPS Sedalib, correspondiente al periodo 2014-2019.

El diseño de sistemas de tratamiento secundario como el proceso de lodos activados es una actividad que demanda demasiado tiempo, un (1) mes aproximadamente. Si las empresas dedicadas al diseño de estos sistemas de tratamiento desean competir en el mercado por una concesión, deben minimizar el tiempo empleado en el diseño.

Un punto importante para ganar una concesión es el no sobredimensionar la planta de tratamiento, ya que implicará gastos innecesarios que aumentarán los costos fijos, por ejemplo: bombas de alta potencia, vertederos costosos y válvulas inadecuadas, entre otros; por lo que se deben elaborar muy bien los cálculos de diseño y así evitar sumarle un factor de inseguridad extra que aumentaría aún más los costos fijos de la planta.

Debido a la necesidad de tratar el 86% de las aguas residuales se pretende, con este método, contribuir en el desarrollo de una alternativa de tratamiento, que sea diseñado con constantes cinéticas obtenidas experimentalmente de acuerdo a nuestra realidad. En el presente trabajo, se conocerán los aspectos más importantes de este sistema de tratamiento de aguas residuales para tener un conocimiento más claro y así poder trabajar con este método, en un futuro, de la manera más productiva o ventajosa.

Por tal motivo nuestro trabajo de investigación, contribuirá para el tratamiento de aguas residuales y hacer el reúso en riego de parques y jardines en la jurisdicción del Distrito de VICTOR LARCO, para lo cual se propone dos alternativas de

sistemas de tratamiento de aguas residuales, alternativas mediante lagunas facultativas y mediante planta de tratamiento de lodos activados.

Los Costos para la construcción ,operación y mantenimiento de los dos sistemas de tratamiento propuestos son diferentes , en la alternativa 1 los costos de construcción son mayores, que en el alternativa 2 ; pero los costos de operación y mantenimiento de la alternativa 1 son menores que en la alternativa 2 .

Tenemos que tener cuidado que el agua residual de curtiembres no debe ingresar para ningún sistema de tratamiento, en razón que ya seria tipificado como agua residual industrial y generaría contaminación por la presencia del cromo.



Fuente: Elaboración propia

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- 1.- El Distrito de Victor Larco Herrera cuenta con **25.40 hectáreas** destinadas a la habilitación de áreas verdes, entre las que se encuentran parques, plazuelas, bermas centrales, laterales, vivero Municipal , entre otros. y emplea semanal un volumen de 100,000 galones de agua potable para regar las plantas existentes en los parques y jardines

- 2.-Se propone dos sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales para reúso en riego de parques y jardines en el Distrito Victor Larco Herrera, alternativa 1 : mediante lagunas facultativas y alternativa 2 : mediante planta de tratamiento de lodos activados.

- 3.-El costo total para realizar la construcción de las dos alternativas planteadas son : Alternativa 1 es de trescientos un mil ochocientos sesentiseis y 00/ 100 soles . S/ 301,866.00 y el costo de la alternativa 2 es un millón ciento treinta mil doscientos diecisiete y 00/ 100 nuevos soles S/. 1130,217.00

- 4.- El estado actual del recurso hídrico que es menor cada año, nos permite proponer el reúso de aguas residuales tratadas mediante una planta de tratamiento mediante lodos activados, para riego de parques y jardines en el Distrito de Victor Larco Herrera.

- 5.- El Proyecto elaborado contribuirá a la gestión presupuestaria y hacer realidad el riego de parques y jardines con agua residual tratada, lo cual se evitara contaminación y disminuirá el costo por el uso de agua potable en riego de parques y jardines como se realiza actualmente.

- 6.- El Estudio de Impacto ambiental es importante que se tome en cuenta antes de la construcción de la planta de tratamiento, es de vital importancia para identificar y mitigar los impactos ambientales positivos y negativos.

7.- Las Charlas de culturización y sensibilización a todos los pobladores del distrito de Victor Larco Herrera, es importante para el conocimiento pleno del reuso de las aguas residuales tratadas en la futura Planta de Tratamiento de aguas residuales.

CAPITULO VI

RECOMENDACIONES

- 1.- Es recomendable el uso de planta de tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados , en aguas servidas domésticas o municipales de grandes ciudades y alta densidad poblacional, con población superior a 15.000 habitantes.
- 2.- Es Recomendable por que Tolera grandes cargas iniciales.
- 3.- Se recomienda considerar que la calidad inicial del efluente, determinará la calidad futura del lodo y su valor asociado.
- 4.- Es recomendable considerar la incorporación de "tratamientos equivalentes" en los expedientes técnicos de licitación, especialmente en aquellos proyectos en los que la diferencia de costos entre las alternativas de tratamiento de aguas residuales, técnicamente factibles depende mucho de los procedimientos constructivos y rendimientos propios de cada contratista
- 5.-Desarrollar la normatividad técnica para las nuevas tecnologías de tratamientos de aguas residuales para reúso en riego de parques y jardines.
- 6.-Debe Realizarse Cambios en la normatividad del Estado para nuevos modelos de gestión para reúso de aguas residuales tratadas, en riego de parques y jardines en el Perú.
- 7.-Se recomienda el control ambiental para todas las personas que frecuenten los parques y jardines que son regadas con aguas residuales tratadas
- 8.-Se recomienda charlas de capacitación ambiental para ciudadanos, padres de familia y alumnos de todos los niveles sobre la racionalización en uso del agua potable y sobre riego de parques y jardines con aguas residuales tratadas.

9.- Una vez construida la planta de tratamiento de agua residual, los diferentes tipos de análisis que se tendrá que hacer a las muestras de agua residual y tratada, tendrán que ser efectuadas en los laboratorios de la Universidad Privada Antenor Orrego, ya que cuentan con todos los equipos necesarios.

CAPITULO VII

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alaerts, G. (1995).** Wastewater Treatment. Tratamiento de Aguas Residuales, presentado en "Curso-Taller Internacional sobre Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales", febrero 13–marzo 17 de 1995. Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia.
- **APHA, AWWA, WPCF (1992).** Métodos Normalizados Para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. 1ra edición en español. Ediciones Diaz de Santos, Madrid-España.

 - **Conagua. (2011).** Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación. Diciembre de 2010, Mexico.

 - **Conagua. (2010).** Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS). México.

 - **Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York (1995).** Manual de Tratamiento de Aguas Negras. 13ra. reimpresión, Editorial LIMUSA. Mexico.

 - **Giraldo, E. (1998).** Perspectiva de Tratamiento Anaerobio de las Aguas Residuales Domésticas en Colombia. Presentado en "Seminario-Taller Saneamiento Básico y Sostenibilidad", AGUA Y SOSTENIBILIDAD, junio 1-12 de 1998. Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia.

 - **Lettinga, G y Hulshoff, P. (1987).** Arranque y Operación de Reactores UASB. Presentado en "Curso Arranque y Operación de Sistemas de Flujo Ascendente con Manto de Lodo", noviembre de 1987. Santiago de Cali, Colombia.

- **Madera, C. Peña, M. y Perez, M. (1998).** Selección de Tecnología para Tratamiento de Aguas Residuales: Un Enfoque Metodológico con Participación de los Usuarios. Presentado en Seminario-Taller "Saneamiento Básico y Sostenibilidad" "AGUA Y SOSTENIBILIDAD", junio 1-12 de 1998. Santiago de Chile.
- **Mansur, M. (1985).** Tratamiento de Desagües Domésticos en Reactores Anaeróbicos de Manto de Lodos de Flujo Ascendente. Protocolo de Investigación, mayo de 1985. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Medio Ambiente CEPIS. Lima, Perú.

- **Metcalf & Eddy (1995).** Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, Vertido y Reutilización. Volumen I-II, 3ra. Edición en español, MacGraw-Hill. Madrid, España.al.-

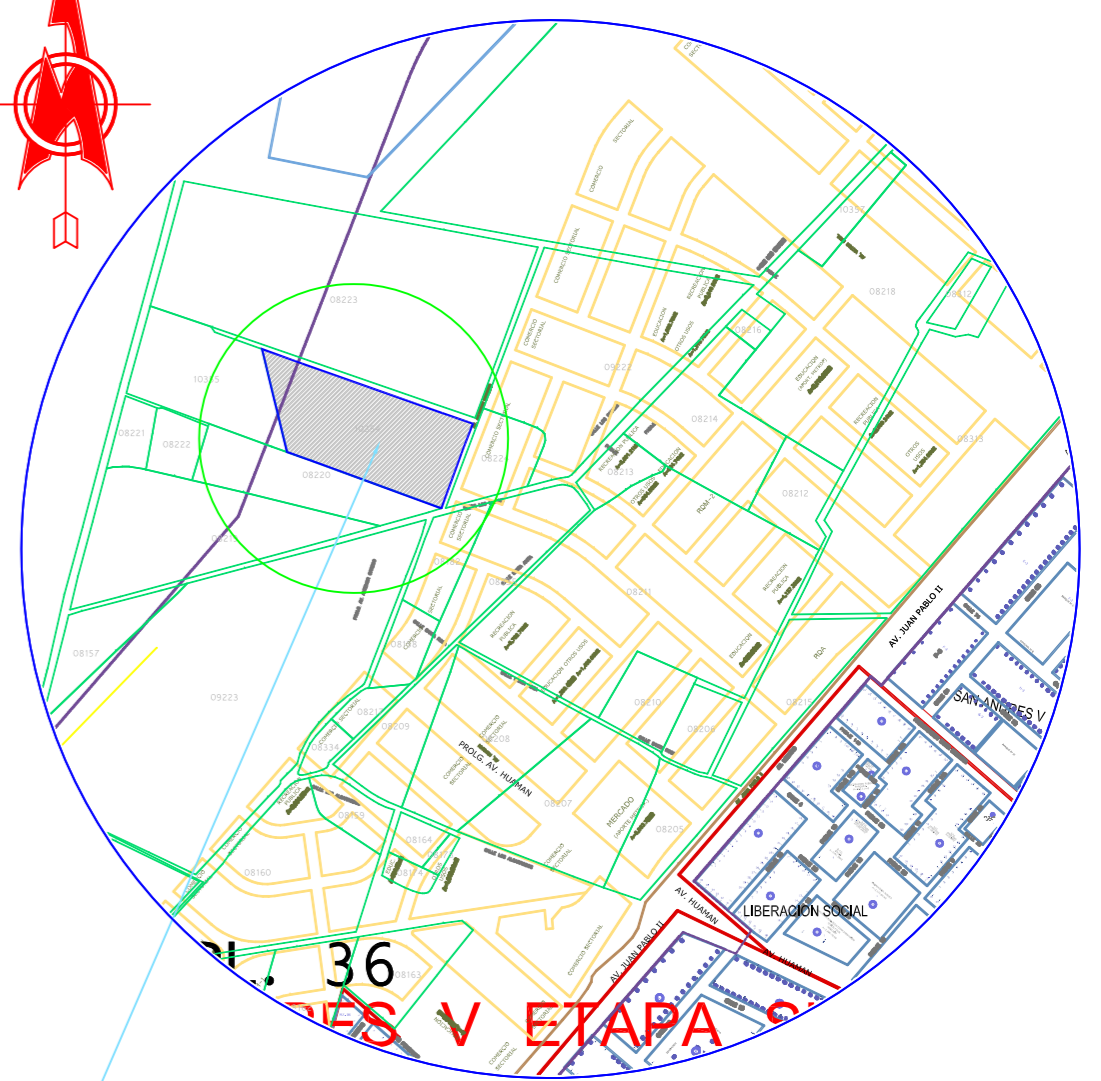
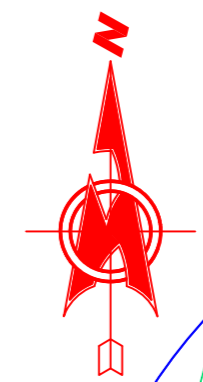
- **Moscoso, J. y León, R. (1996).** Curso de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales. OPS/CEPIS/PUB 96.20. Lima, Perú. Colombia.

- **Orozco, A. (1989).** Manual sobre Digestión Anaerobia, Capítulo I: Generalidades. Presentado en "Seminario Internacional sobre Digestión Anaeróbica - Elementos de Diseño". Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

- **Peña, M. y Valencia, E. (1998).** Reúso en Irrigación de Aguas Residuales Domésticas Tratadas: una Alternativa Sostenible para el Manejo Integral del Recurso Hídrico. Presentado en "Seminario- Taller Saneamiento Básico y Sostenibilidad", AGUA Y SOSTENIBILIDAD, junio 1-12 de 1998. Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia.

- **Souza, M. (1997).** Metodología de Análisis de Decisiones para Seleccionar Alternativas de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Brasilia. Brasilia- DF, Brasil.

- **Universidad del Valle (1995).** Metodología de Análisis. Curso – Taller Internacional sobre Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales. Febrero 13 – marzo 17 de 1995. Santiago de Cali, Colombia.
- **Wildschut, L. (1989b).** Diseño de Reactores UASB para Aguas Residuales Domésticas. Presentado en "Curso sobre Criterios de Diseño para Sistemas de Tratamiento Anaeróbico UASB, Ejemplos Prácticos a Nivel Regional y Nacional. Santiago de Cali, Colombia. p.



ESQUEMA DE LOCALIZACION
ESCALA 1/10,000

ZONIFICACION: R-4
AREA DE ESTRUCTURACION URBANA: I

DEPARTAMENTO : LA LIBERTAD
PROVINCIA : TRUJILLO
DISTRITO : VICTOR LARCO

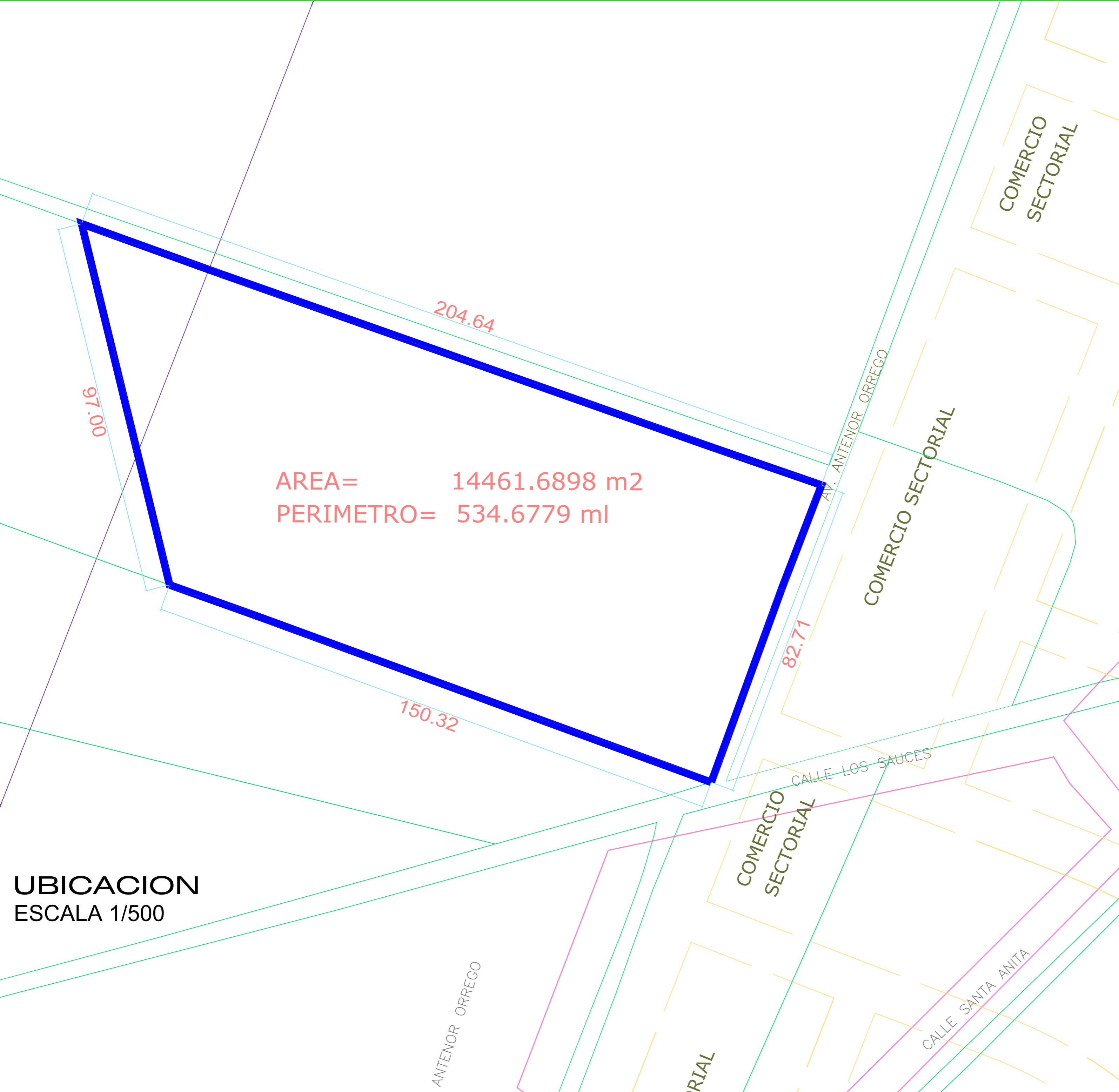
UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO:
"PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA REUSO EN RIEGO DE PARQUES Y JARDINES EN EL DISTRITO DE VICTOR LARCO HERRERA PROVINCIA TRUJILLO LA LIBERTAD"

AUTOR:
Bach. JULIO RICARDO ILICH ATOCHE SARMIENTO

ASESOR:
Dr. FIDEL GERMAN SAGASTEGUI PLASENCIA

ESCALA: INDICADA FECHA: MARZO 2016 DIBUJO: PLANO: **U-1**



AREA= 14461.6898 m²
PERIMETRO= 534.6779 ml

UBICACION
ESCALA 1/500