



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Diseño del Sistema de Tratamiento Primario de Aguas Residuales  
mediante Lagunas de Estabilización sector Las Dunas, Tarapoto  
2019”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Vela Saavedra, Arturo (ORCID: 0000-0002-0097-7589)

**ASESORA:**

Dra. Sandoval Vergara, Ana Noemi (ORCID: 0000-0002-9702-8434)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento.

**TARAPOTO – PERÚ**

**2019**

## **Dedicatoria**

A:

- **Segundo Arturo y Nedith,**  
mis queridos padres.

- **Rita y Cori,**  
mis adoradas hermanas

## **Agradecimiento**

Algunas personas mostraron su apoyo al enterarse de la creación de este trabajo de investigación, sin duda se aceptó su ayuda con mucha gratitud. El autor lamentaría que sus limitaciones personales afectasen la culminación de este trabajo de investigación, y sin duda acepta su responsabilidad. Es necesario agradecer a la Dra. Ana Noemi Sandoval Vergara, por su orientación impartida en la experiencia curricular Metodología de la Investigación, Al ingeniero Benjamín López Cahuaza, docente de la experiencia curricular Ingeniería Sanitaria, por brindar al autor su valioso tiempo en la asesoría de este trabajo de investigación, al estudiante de Ingeniería Civil, Maycol Yordwin Vásquez Menor, por su apoyo incondicional en la creación de la maqueta del diseño final, al estudiante de Ingeniería Civil, Alfredo Vílchez Ushiñahua, por su gran apoyo moral e incondicional, y a todos los compañeros de clase, por los momentos de convivencia compartidos durante todo el ciclo. A todos ellos, muchas gracias.

## Índice de contenidos

	<b>Pág.</b>
Carátula .....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen .....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA .....	22
3.1 Diseño de investigación.....	22
3.2 Variables, operacionalización .....	22
3.3 Población y muestra, selección de la unidad de análisis.....	25
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	25
3.5 Métodos de análisis de datos .....	27
3.6 Aspectos éticos .....	27
IV. RESULTADOS .....	28
V. DISCUSIÓN.....	53
VI. CONCLUSIONES .....	55
VII. RECOMENDACIONES .....	56
REFERENCIAS .....	57
ANEXOS .....	62

## Índice de tablas

<b>Tabla 1:</b> Cuadro comparativo de tipos de tratamiento de aguas residuales .....	9
<b>Tabla 2:</b> Riesgos de una planta de tratamiento, su origen y prevención.....	11
<b>Tabla 3:</b> Ventajas e inconvenientes de las lagunas en serie.....	17
<b>Tabla 4:</b> Ventajas e inconvenientes de las lagunas en paralelo.....	17
<b>Tabla 5:</b> Cuadro de operacionalización de la variable Sistema de Tratamiento Primario.....	23
<b>Tabla 6:</b> Cuadro de operacionalización de la variable Lagunas de Estabilización.....	24
<b>Tabla 7:</b> Cuadro de validez.....	26
<b>Tabla 8:</b> Perímetro y área de influencia de Tarapoto y Morales .....	32
<b>Tabla 9:</b> Población de Tarapoto del año 2000 al 2015.....	32
<b>Tabla 10:</b> Población de Tarapoto del año 2012 al 2015.....	33
<b>Tabla 11:</b> Población de Tarapoto del año 2012 al 2019.....	35
<b>Tabla 12:</b> Población de Tarapoto del año 2012 al 2039.....	36
<b>Tabla 13:</b> Población de Morales del año 2000 al 2015.....	37
<b>Tabla 14:</b> Población de Morales del año 2012 al 2015 .....	37
<b>Tabla 15:</b> Población de Morales del año 2012 al 2019 .....	39
<b>Tabla 16:</b> Población de Morales del año 2012 al 2039 .....	40
<b>Tabla 17:</b> Resumen de los cálculos realizados.....	41
<b>Tabla 18:</b> Resumen de cálculos realizados .....	42
<b>Tabla 19:</b> Resultados de laboratorio – 1 .....	43
<b>Tabla 20:</b> Resultados de laboratorio – 2.....	44
<b>Tabla 21:</b> Resultados de cálculos realizados.....	52

## Índice de figuras

<b>Figura 1:</b> Laguna de estabilización en paralelo. ....	14
<b>Figura 2:</b> Laguna de estabilización en serie. ....	15
<b>Figura 3:</b> Plano de desagüe de Tarapoto. ....	29
<b>Figura 4:</b> Plano de desagüe de Tarapoto – resaltando el área de influencia. ....	30
<b>Figura 5:</b> Plano de desagüe de Tarapoto – resaltando la división de Tarapoto y Morales. ....	31
<b>Figura 6:</b> Plano de medidas de la laguna primaria. ....	48
<b>Figura 7:</b> Plano de medidas de la laguna primaria – Corte C-C. ....	49
<b>Figura 8:</b> Plano de medidas de la laguna secundaria. ....	50
<b>Figura 9:</b> Plano de medidas de la laguna secundaria – corte C-C. ....	51
<b>Figura 10:</b> Tomando muestras de agua del río Cumbaza. ....	58
<b>Figura 11:</b> Registrando datos de pH y temperatura del agua. ....	58
<b>Figura 12:</b> Midiendo el tamaño de la muestra. ....	58
<b>Figura 13:</b> Almacenando la muestra. ....	58
<b>Figura 14:</b> Envasando el frasco para su envío al laboratorio. ....	58
<b>Figura 15:</b> Aplicando el preservante para envío al laboratorio. ....	58

## Resumen

Se Diseñó un sistema de tratamiento de aguas residuales mediante lagunas de estabilización en el sector las Dunas, Tarapoto 2019. El diseño fue de nivel experimental – pre experimental, debido a que se pudo manipular o modificar las variables, esto se pudo verificar en la maqueta. Fue del tipo pre experimental debido a que se recolectó datos sólo una vez, y se realizó todos los cálculos necesarios para el diseño, pero no se ejecutó. Las variables fueron: Sistema de tratamiento primario y lagunas de estabilización, ambas fueron cuantitativa continua. Se realizó el cuadro de operacionalización de variables con las siguientes dimensiones: Área de influencia, población de diseño, caudal de diseño, contaminación bacteriológica, contaminación orgánica, características físico-químicas, cantidad de lodos, medidas de las lagunas. La población muestral estuvo conformada por tres recipientes en los cuales se almacenaron aguas residuales del colector Las Dunas. El diseño se realizó según lo establecido en la Norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Se realizó el cuadro de validez cuyas fuentes son: Norma IS.010 Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma OS.100 Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma OS.070 Reglamento Nacional de Edificaciones, Decreto Supremo N° 003-2010 MINAM, Norma OS.090 Reglamento Nacional de Edificaciones. Se utilizó el software AutoCAD para dibujar los planos del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales. Se realizó una maqueta de la planta de tratamiento de aguas residuales. Este trabajo de investigación se desarrolló respetando las normas ISO 9001-2015, también se utilizó las Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones, además se utilizó el esquema de la Universidad César Vallejo como formato para poder elaborar la investigación. En todo momento se respetó todos los derechos de autor, respetando sus respectivas citas bibliográficas.

**Palabras clave:** Aguas residuales, tratamiento primario , lagunas de estabilización.

## **Abstract**

A wastewater treatment system was designed through stabilization ponds in the Dunas sector, Tarapoto 2019. The design was experimental - pre experimental, because the variables can also be manipulated or modified, this can also be verified in the model It was a pre-experimental type because data has been collected only once, and all requirements for design have been met, but it has not been executed. The variables were: Primary treatment system and stabilization lagoons, both were continuous quantitative. The operationalization table of variables was made with the following dimensions: Influence area, design population, design flow, bacteriological contamination, organic contamination, physical-chemical characteristics, quantity of sludge, lagoon measurements. The sample population consisted of three containers in which sewage from the Las Dunas collector was stored. The design was carried out as established in Standard OS.090 of the National Building Regulations. The table of the validity of sources of information was made: Standard IS.010 National Building Regulations, Standard OS.100 National Building Regulations, Standard OS.070 National Building Regulations, Supreme Decree No. 003-2010 MINAM, Standard OS.090 National Building Regulations. Autocad software is included to draw the design drawings of the wastewater treatment plant. A model of the wastewater treatment plant was made. This research work is kept in compliance with the ISO 9001-2015 standards, it also refers to the regulations of the National Building Regulations, as well as the scheme of the César Vallejo University as a format to be able to prepare the research. All copyright was respected at all times, respecting their respective bibliographic citations.

**Keywords:** Wastewater, primary treatment , stabilization ponds.



## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el recurso hídrico es un problema que todos padecemos, ya sea por la mala distribución hídrica, las sequías en algunos países o simplemente porque no hay una adecuada racionalización. En este contexto, es preciso saber que en la mayoría de países latinoamericanos, el proveedor del recurso hídrico es el mismo que se encarga del sistema de alcantarillado y desagüe, y así mismo, de dar el mantenimiento al sistema de alcantarillado, que son vía de conducción de las aguas servidas o residuales antes de que sean vertidas a los ríos y así evitar contaminación ambiental.

En América Latina, la población se encuentra concentrada en ciudades en más del 80%, y el abastecimiento de agua no es suficiente, la contaminación del agua pone en peligro la salud de las personas. Aquí en el Perú, tan solo se ha ejecutado el 30% de la inversión en cuanto a planeamiento urbano se refiere, esto del 2006 al 2015; y en cuanto a tratamiento de aguas servidas o residuales se refiere, existen muchos en el Perú, pero que están obsoletos; o que necesitan tecnología que no está de acuerdo a la realidad peruana, tal parece que los intereses políticos y económicos predominaron.

En el Perú, las enfermedades infecciosas continúan siendo uno de los principales problemas que causan la muerte en la población, menores de cinco años, el deficiente sistema de agua potable, la falta de sistemas de tratamiento de aguas servidas o residuales, además de la existencia de hectáreas de cultivos que son regados con agua contaminada de desagüe doméstico hacen que la diseminación de éstas, sea imposible. A esto se suma el creciente uso de aguas servidas o residuales en el sector agrícola y áreas verdes, actividad ilegal ejercida en muchas ciudades del territorio nacional.

Tarapoto es una ciudad ubicada en el Nororiente peruano y es capital de la provincia de San Martín, cuenta con 101 000 habitantes según el censo del año 2005 y carece de un sistema de tratamiento de aguas servidas o residuales, y esto provoca contaminación del río Cumbaza y éste a su vez genera enfermedades en la población, además del malestar de los habitantes de la Asociación de Viviendas “Las Dunas”, a causa de los malos olores que emana al verter las aguas servidas o residuales al río, ya que está ubicado muy cerca a dicha asociación.

Los habitantes de diferentes centros poblados ubicados río abajo del vertimiento, que, al no contar con agua potable, se ven en la necesidad de utilizar el agua del río Cumbaza para realizar sus quehaceres domésticos, siendo así víctimas de enfermedades, a esto se suma la falta del sistema de desagüe en dichos centros poblados, provocando así un malestar general, que no se queda sólo en Tarapoto, sino que también abarca a los centros poblados río abajo.

CASIERRA, Henry y et al. Desinfección de agua residual doméstica mediante un sistema de tratamiento acoplado con fines de reúso. (Artículo científico). Tecnología y ciencias de agua. 2016: 7. (4). Concluyó que: El presente trabajo de investigación habla a cerca de la desinfección de aguas servidas o residuales, con la finalidad de reutilizarlas, como alternativa para el reúso de agua residual doméstico para riego. Según los resultados, es posible obtener un 99.99% de desinfección de coliformes fecales.

CONSTANTINO, Lucho y et al. Diseño de fosas sépticas rectangulares mediante el uso de la herramienta Fosep. (Artículo científico). Revista Mexicana de Ingeniería Química. 2015: 14 (3). Concluyó que: El objetivo del presente trabajo de investigación fue el desarrollo de una aplicación informática que calcula las dimensiones de un tanque séptico rectangular, luego de las pruebas necesarias, finalmente se concluye que la fosa séptica evaluada en el Municipio de “El Alberto” no cumple con las dimensiones recomendadas por la herramienta Fosep para tratar el agua residual que se genera.

BELTRÁN, Diana y et al. Calidad de agua de la bahía interior de Puno, Lago Titicaca durante el verano del 2011. (Artículo científico). Revista peruana de biología. 2011: 22 (3). Concluyó que: Luego de evaluar periódicamente, entre diciembre del 2010 y abril del 2011, a 12 estaciones ubicadas aleatoriamente, en la bahía de Puno, se concluyó que las aguas servidas o residuales de Espinar, son evacuadas al Lago Titicaca sin antes ser tratadas convenientemente.

LLAGAS, Wilmer. GUADALUPE, Enrique. Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. (Artículo científico). Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG. 2006: 15. (17). Concluyó que: Las medidas de las celdas para realizar el diseño del humedal en la Ciudad Universitaria de la

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, es en relación de (4:1) es decir que por cada 1 metro de ancho que tenga la celda, tendrá 4 metros de largo. Además, el flujo que atraviesa el humedal, debe vencer la resistencia a fricción generada por la vegetación, El agua proveniente de este humedal será usada en las áreas verdes del Campus de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

MORALES, Dante y et al. Niveles de boro no permisibles en reservorio de agua potable, cuenca hidrográfica Locumba, Región Tacna – Perú. (Artículo científico). Campus. 2017: 22. (24). Concluyó que: Las concentraciones de boro en el reservorio de agua potable durante los meses de agosto y noviembre superan los permisibles, y no es apto para consumirlo. Así que es necesario que las autoridades tomen medidas necesarias para salvaguardar la salud de las personas.

TUDELA, Juan. Estimación de beneficios económicos por el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Puno (Perú). (Artículo científico). Desarrollo y sociedad. 2017: 79. (6). Concluyó que: Los lugareños de la zona Sur de Puno, están dispuestos a pagar para mejorar el sistema de tratamiento de aguas servidas o residuales en mayor medida que los habitantes de las zonas centro y norte de Puno, esto se debe en gran medida a que los más afectados son los precisamente de la zona sur de Puno.

LARIOS, Fernando. GONZALES, Carlos. MORALES, Yennyfer. Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. (Artículo científico). Saber y hacer. 2015: 2. (2). Concluyó que: Más del 80% de la población habitan en zonas urbanas, y el 70% de las aguas servidas o residuales no tienen tratamiento. En el Perú, la tercera parte de la población no cuenta con un sistema de saneamiento, estando así en riesgo la población, por falta de agua potable, y sistema de aguas servidas o residuales. Los gobiernos regionales y locales, solo ejecutaron la tercera parte del dinero destinado hacia los proyectos para la inversión, del plan de saneamiento 2006 – 2015, equivalente a 369 millones de dólares, lo cual demuestra la capacidad de ejecución de las autoridades.

GONZALES, Ronny. Implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales por el método de lagunas de estabilización en el distrito de Echarati La

Convención-Cuzco 2016. (Tesis de doctorado). Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú, 2018. Concluyó que: Teniendo en cuenta la Norma O.S.100 del Reglamento Nacional de Edificaciones, se considera seis habitantes / vivienda. La población de diseño inicial son 377 conexiones de alcantarillado, y al multiplicarlo por la cantidad de habitantes / vivienda, se obtiene la población de diseño inicial que es 2262 habitantes, este es un dato primordial para poder realizar los cálculos posteriores.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Definición de tratamiento primario

“El agua residual municipal fresca y aerobia tiene olor a queroseno y color gris. El agua residual con más tiempo de haber sido generada es séptica y pestífera; su olor característico es a sulfhídrico, similar al de los huevos podridos”. (VALDEZ Y VÁSQUEZ, 2003, sp).

“Remoción de una considerable cantidad de materia en suspensión sin incluir la materia coloidal y disuelta”. (NORMAS LEGALES, 2006, p. 320559).

### 2.2 Fundamentos básicos del tratamiento primario

Las conexiones del sistema de tratamiento de aguas servidas o residuales cuentan con tres elementos principales: (MANUAL DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES URBANAS, 2008).

- **Recogida y conducción**

Es la etapa en que se recolecta todas las aguas servidas o residuales de los hogares restaurantes, hoteles, etc., y son transportados hacia el pretratamiento, si lo tuviera, y luego al sistema de tratamiento; consiste en toda una red de tuberías o alcantarillado, comúnmente conocido como cunetas, en muchas ocasiones, este desplazamiento se realiza por efectos de la gravedad, pero en otros es necesario realizar bombeo (depende de la topografía del terreno). Básicamente, en Tarapoto, las instalaciones de aguas pluviales y aguas residuales están interconectadas entre sí, es decir, tanto las aguas residuales como las de lluvia van por la misma alcantarilla.

- **Tratamiento**

El tratamiento de aguas servidas o residuales, es una serie de procesos físicos, químicos y biológicos, diseñados para deshacerse de la mayor cantidad de desechos, antes de ser expulsados a los ríos, respetando las normas establecidas en el reglamento nacional de edificaciones y los límites máximos permisibles.

- **Evacuación**

Es la parte final del tratamiento, consiste en la descarga de las aguas tratadas al río más cercano, y en cuanto a los lodos obtenidos, se procede

a su desecho (por lo general se entierra en pozos), de esta manera culmina el proceso de tratamiento.

## **2.3 Etapas de una planta de tratamiento**

- **Tratamiento preliminar**

Esta fase del tratamiento primario, se trata de la remoción o retiro de sólidos gruesos y materiales grandes que flotan, se realiza mediante rejillas de diferentes medidas, por donde irán pasando las aguas residuales, y los desechos sólidos irán quedando para su posterior extracción diaria de la planta; además se retira las grasas por medio de desengrasadores; esto es muy importante para que no haya problemas en la sedimentación. Entre los materiales removidos se puede encontrar latas, botellas, madera, papel, plástico, tela y otros desechos sólidos. Dependiendo del origen de las aguas residuales, (doméstico, industrial o agrícola), se puede realizar otro tipo de tratamiento preliminar más especializados; pero básicamente consiste en dejar pasar las aguas a través de rejillas de diferentes medidas. (NORMA OS.090 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, 2006). Los componentes de un tratamiento preliminar son los siguientes:

- ✓ **Canal de aproximación**

Consiste en un canal de longitud muy amplia cuya función es disminuir la velocidad de flujo de las aguas residuales que ingresan al sistema.

- ✓ **Vertedero de excesos**

Su función es desviar los excesos de las aguas servidas o residuales que se introducen al sistema, para evitar desbordes, esto generalmente sucede en épocas altas, donde las aguas pluviales se mezclan con las aguas residuales.

- ✓ **Rejillas**

Su función es retener los sólidos grandes (maderas, plásticos, telas, botellas), etc. Al final del día, estos son retirados del sistema y enterrados.

✓ **Trampa de grasas**

Es un sistema para dividir las grasas o aceites de las aguas servidas o residuales; para dejar pasar así las aguas residuales un poco más limpias al sistema.

✓ **Desarenador**

Es una estructura hidráulica de longitud amplia, cuya finalidad es remover las arenas de las aguas servidas o residuales, mediante la sedimentación.

• **Sedimentación**

Es el segundo procedimiento en el sistema de tratamiento, consiste en separar las partículas sólidas del agua, por efecto de la gravedad, y debido a su densidad y peso específico (mayores que el del agua), irán hacia el fondo de las pozas del sistema de tratamiento. Se define como el asentamiento de las partículas, en esta fase, se encuentran partículas mucho más pequeñas que las arenas, y lo que se obtiene en el fondo es prácticamente lodo. Se utilizan generalmente tanques rectangulares o circulares para este procedimiento; cabe mencionar que además de obtener sólidos en el fondo de las pozas, además habrá partículas que floten (éstas serán las grasas y aceites), que serán retiradas manualmente. Este procedimiento se realiza para clarificar aún más las aguas servidas o residuales del sistema. (NORMA OS.090 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, 2006).

• **Flotación**

La flotación consiste en unir las burbujas de aire a los sólidos suspendidos en las aguas residuales, causando así que se reduzca su peso específico, obligándolas a emerger a la superficie, y se eliminen mediante un dispositivo de barrido. Este es un proceso físico de separación de los sólidos con las aguas residuales, fundamentado en la diferencia de densidades, pero a diferencia de la sedimentación (que es por efectos de la gravedad), éste es inducido por burbujas de aire introducidas desde la

parte inferior de las pozas. (NORMA OS.090 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, 2006).

- **Coagulación y floculación**

Debido a que, en esta etapa del sistema de tratamiento, las partículas que aún quedan en las aguas residuales, son muy pequeñas, es necesario realizar el procedimiento de coagulación, que consiste en agregar productos químicos para lograr la desestabilización de partículas coloidales, es decir que coagule, la floculación es la unión de partículas coloidales desestabilizadas, que forman partículas más grandes llamados floculos. Mientras que la floculación es un complemento de la coagulación, es el procedimiento por el cual los coloides se juntan entre sí, formando partículas más grandes, para luego sedimentar con facilidad. (NORMA OS.090 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, 2006).

- **Filtración**

Es cernir las aguas servidas o residuales mediante algo poroso, hecho a base de material granular, para lograr la mayor cantidad de sólidos en suspensión que se hallan en las aguas servidas o residuales. (NORMA OS.090 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, 2006).

## **2.4 Comparación de los diferentes tipos de tratamientos existentes**

Sin duda son muchas las ventajas del tratamiento primario, sobre todo en cuanto a la reducción de contaminantes de los ríos, pero también tiene desventajas; ahora se mostrará un cuadro comparativo de los tipos de tratamiento. (FUNDAMENTOS DEL TRATAMIENTO BIOLÓGICO, s.f.).



**Tabla 1: Cuadro comparativo de tipos de tratamiento de aguas residuales**

TIPO DE TRATAMIENTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Filtros biológicos Biodiscos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altas eficiencias de remoción, 75% - 85% sólidos en suspensión y microorganismos 95% - 99%.</li> <li>• Efluente parcialmente nitrificado.</li> <li>• Efluente para reuso agrícola.</li> <li>• Menos requerimiento de equipo electromecánico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altos costos por obra civil, equipamiento y operación.</li> <li>• Mayor capacitación para operadores.</li> <li>• Producción de lodos inestable.</li> </ul>
Lagunas de estabilización	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo costo por obra civil.</li> <li>• Bajo costo por operación y mantenimiento.</li> <li>• Capacitación nula de operadores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere grandes extensiones de terreno.</li> <li>• Puede despedir olores indeseables.</li> <li>• Necesitan de sol, temperaturas constantes para tener un mejor desempeño.</li> </ul>
Lodos activados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altas eficiencias de remoción 85% - 95% sólidos en suspensión y microorganismos 98% - 99.5%.</li> <li>• Lodos parcialmente estabilizados.</li> <li>• Efluente parcialmente nitrificado.</li> <li>• Fácil de estabilizar durante arranque.</li> <li>• Menor requerimiento de terreno.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altos costos por obra civil y equipamiento.</li> <li>• Alto costo de operación y mantenimiento.</li> <li>• Mayor capacitación para operadores.</li> <li>• Requiere un área de depósito para los lodos residuales.</li> </ul>
Humedales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remueve hasta 70% de sólidos de bacterias.</li> <li>• Muy bajo costo de obra civil.</li> <li>• Muy bajos costos de operación y mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aún están en estado experimental.</li> <li>• Requiere una remoción periódica de exceso de material vegetal.</li> <li>• Es utilizado mejor en áreas donde están disponibles plantas nativas.</li> </ul>

**Fuente:** Fundamentos del tratamiento biológico.

## **2.5 Identificación y clasificación de riesgos de una planta de tratamiento primario**

Una planta de aguas servidas o residuales, consta de muchos riesgos debido a las aguas a tratar, el trabajador encargado de las operaciones de la Planta de Tratamiento, debe conocer los siguientes riesgos. (OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON EL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS, 2013).

- Los que causan daños físicos
- Infecciones corporales
- Inhalación de gases nocivos

Los riesgos pueden ser controlados con condiciones adecuadas de trabajo, así como el uso adecuado de los implementos de seguridad necesarios. La gente que trabaja en torno a los sistemas de recolección o las instalaciones de aguas residuales están expuestos a los riesgos de la siguiente tabla:

**Tabla 2: Riesgos de una planta de tratamiento, su origen y prevención.**

RIESGO	ORIGEN	PREVENCIÓN
Infecciones	<p>Inhalación de patógenos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contacto de patógenos con piel, ojos, quemaduras, cortadas, raspones y boca.</li> </ul>	<p>Uso de equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Máscaras protectoras y lentes, guantes de látex, tapabocas desechables</li> </ul>
Daño físico	<p>Caídas y resbalones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimiento de maquinaria.</li> <li>• Levantar, jalar o empujar de forma impropia.</li> <li>• Acción repetitiva.</li> <li>• Ahogamiento.</li> </ul>	<p>Instalaciones adecuadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protecciones circundantes (escaleras con más de dos metros de altura).</li> <li>• Instalación de barandales en plataformas mayores a 1.5 metros.</li> <li>• Utilización de equipos de seguridad:</li> <li>• Fajas, arnés.</li> <li>• En equipos mecánicos, colocar protección en las partes móviles expuestas; uso de chaleco salvavidas.</li> </ul>
Espacios confinados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acceso y salidas limitadas</li> <li>• Ventilación pobre</li> <li>• No apto para ser ocupado por trabajadores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilización de arnés</li> <li>• Ventilación y medición de gases</li> <li>• Realizar actividades en cuadrillas</li> <li>• Evitar estancias prolongadas</li> <li>• Uso de chalecos salvavidas</li> </ul>
Espacios con eficiencia de oxígeno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilación limitada</li> <li>• Reacciones químicas</li> <li>• Alta temperatura o humedad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilización de arneses, ventilar adecuadamente</li> <li>• Realizar las actividades en cuadrillas</li> <li>• Evitar estancias prolongadas</li> <li>• Medición de gases antes de ingresar</li> </ul>
Exposición a químicos, gases y vapores tóxicos, corrosivos o nocivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Químicos</li> <li>• Reacciones químicas</li> <li>• Desechos industriales</li> <li>• El laboratorio</li> <li>• Carencia de ventilación</li> </ul>	<p>Uso de equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Máscaras protectoras</li> <li>• Guantes de látex</li> <li>• Uso de equipo de respiración autónoma</li> </ul>

**Fuente:** Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales con el proceso de lodos activados – Tomo II.

## **2.6 Dimensiones el tratamiento primario**

- **Área de influencia**

Es el sector de alcance de la población beneficiada con la planta de tratamiento, es decir, es el área territorial desde donde se recolectará las aguas servidas o residuales. Estos datos se obtienen mediante estudios de planos de drenaje y alcantarillado y cálculos matemáticos, antes de poder realizar el diseño de la planta de tratamiento.

- **Población de diseño**

Es la cantidad de habitantes que se espera tener en el sector, para cuando la construcción del sistema de tratamiento llegue al periodo óptimo de diseño (tiempo en años durante los cuales prestará el servicio), denominada también población futura, calculada en base a datos poblacionales de años anteriores, por lo general obtenidos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (I.N.E.I), mediante métodos matemáticos ya establecidos.

- **Caudal de diseño**

Es el volumen de aguas servidas o residuales que llegará al sistema de tratamiento en el futuro, (haciendo una aproximación desde el presente, hasta el periodo óptimo de diseño), se realiza este cálculo para proyectarse y que el sistema de tratamiento cumpla con la capacidad solicitada.

- **Contaminación bacteriológica**

Es la determinación de la cantidad de bacterias que puedan contener las aguas servidas o residuales, antes y después de ingresar al sistema de tratamiento primario, este parámetro se determina mediante pruebas de laboratorio y se realiza con la finalidad de poder comprobar el correcto funcionamiento del sistema.

## **2.7 Definición de lagunas de estabilización**

“Una laguna de estabilización es, básicamente, una excavación en el suelo donde el agua residual se almacena para su tratamiento por medio de la actividad bacteriana con acciones simbióticas de las algas y otros organismos”. (COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, 2007, p. 2).

## 2.8 Clasificación de las lagunas de estabilización

Se clasifican de acuerdo a sus características principales: (LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN, s.f.).

- **Según su funcionamiento**

- ✓ **Aeróbicas**

Las lagunas aeróbicas o aerobias suelen medir de 1 a 1.3 m de profundidad para que la luz solar pueda llegar hasta el fondo de éstas. Y así puedan desarrollarse algas que produzcan oxígeno para las bacterias aerobias. La razón de que sean poco profundas es para controlar el crecimiento de las algas, si la laguna sería muy profunda, el excesivo crecimiento de las algas, impediría que la luz solar penetre en el agua. Es recomendable dejar de usar este tipo de lagunas en lugares muy fríos, ya que en invierno puede congelarse completamente y paralizar el tratamiento de aguas residuales.

- ✓ **Facultativas**

Las lagunas facultativas son las que poseen una zona aerobia en la superficie y una anaerobia en el fondo, la finalidad de estas lagunas es la estabilización de la materia orgánica en medio oxigenado, proporcionado principalmente por algas presentes en el cuerpo del agua. En este tipo de lagunas se pueden encontrar cualquier tipo de microorganismos desde anaerobios estrictos en el fango del fondo hasta aerobios estrictos en la superficie, además, de bacterias y protozoarios; en las lagunas facultativas es esencial la presencia de algas que son los principales suministradores de oxígeno disuelto. La profundidad de estas suele comprenderse entre 1 y 2 metros para facilitar así un ambiente oxigenado en la mayor parte del perfil vertical.

- ✓ **Anaeróbicas:**

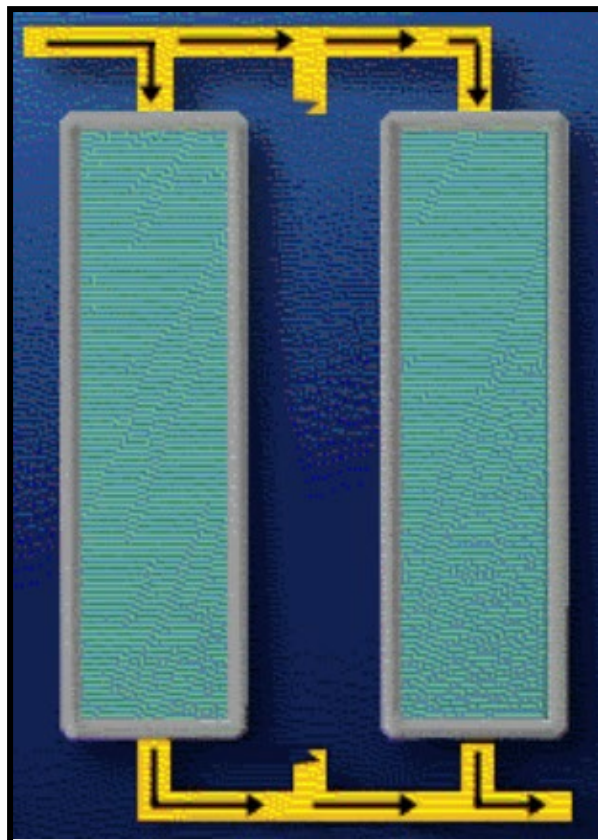
Este tipo de lagunas es parte del tratamiento secundario, cuyo objetivo es remover la mayor cantidad posible de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) soluble que pueda escapar o que no se retuvieron en el tratamiento primario, además de remover cantidades adicionales de sólidos suspendidos. Todas estas remociones se realizan esencialmente con procesos biológicos, para lograr la descomposición de los

contaminantes orgánicos en un periodo corto de tiempo. En el proceso del tratamiento secundario se logra remover hasta un 85% de la Demanda bioquímica de Oxígeno DBO y sólidos suspendidos.

- **Según su secuencia:**

- ✓ **En paralelo**

Es cuando las lagunas de estabilización están conectadas por el caudal de entrada, pero individualmente. Al estar colocadas en paralelo, el efluente se divide entre ellas. La ventaja de la conexión en paralelo es que una puede estar en mantenimiento mientras otra funciona sin interrumpir la marcha de la planta. (TIPOS DE LAGUNAS, s.f.).

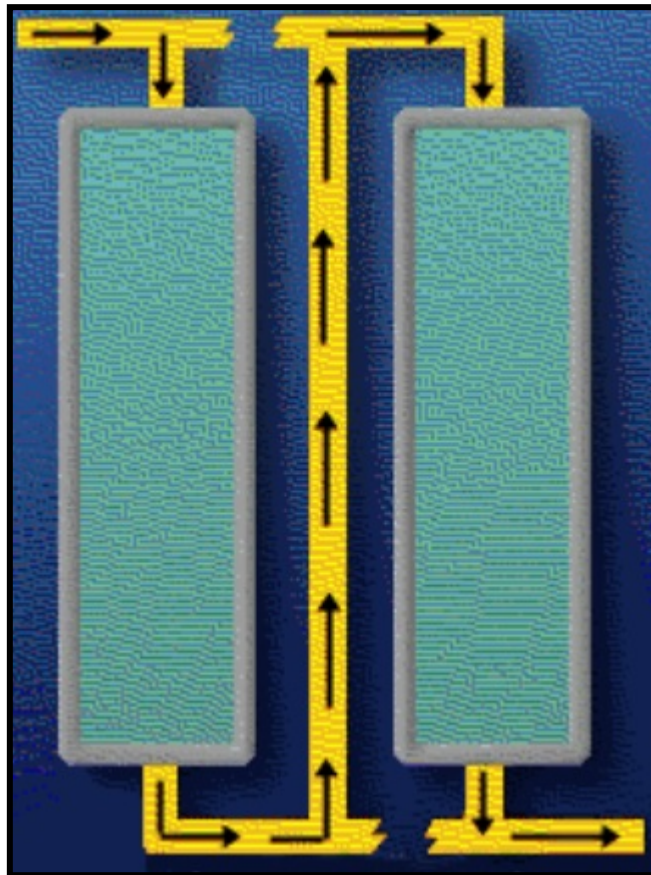


**Figura 1:** Laguna de estabilización en paralelo.

- ✓ **En serie**

Es cuando las lagunas de estabilización están conectadas consecutivamente una de tras de otra, permitiendo que las aguas residuales, fluyan de una laguna a otra. Una ventaja es que las lagunas

en serie producen efluentes con pocas bacterias y algas. Y esta forma de organización de las lagunas, disminuye la posibilidad de que colapse.



*Figura 2: Laguna de estabilización en serie.*

- **De acuerdo a su posición en el sistema lagunar**

- ✓ **Primarias**

Es la razón de estudio de este trabajo de investigación, es la primera fase del tratamiento de aguas residuales en general, sus objetivos son:

- ✚ Reducción de compuestos orgánicos (demanda bioquímica de oxígeno DBO y demanda química de oxígeno DQO) tanto soluble como total.
- ✚ Reducción de sólidos suspendidos.
- ✚ Reducción de parásitos Nematodos > 10 días.
- ✚ Reducción de costos de construcción > cargas superficiales.

✓ **Secundarias**

- ✚ Reducción de Coliforme fecal al nivel deseado.
- ✚ Complementar reducción de nematodos.
- ✚ Reducir a los niveles requeridos la concentración de otros contaminantes (DBO, nutrientes y algas).
- ✚ Minimizar la influencia de la estratificación termal.

✓ **Terciarias**

Son llamadas también tratamiento terciario, tienen como objetivo principal la reducción de concentración de bacterias patógenas, estas lagunas por lo general son el último paso antes del tratamiento antes de verter las aguas a los ríos o volver a utilizarlo en la agricultura.

## **2.9 Objetivos de las lagunas de estabilización**

Para seleccionar correctamente la clase de laguna a utilizar para el tratamiento de aguas servidas o residuales, es necesario saber los objetivos que este puede alcanzar. (LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN, sf).

- **Protección epidemiológica**

El ciclo hidrológico del agua, se ve afectado con la contaminación al ser depositado las aguas servidas o residuales a los ríos, uno de los objetivos del tratamiento de aguas residuales mediante lagunas de estabilización es proteger la salud de las personas, previniendo la contaminación de los ríos al ser descargados las aguas residuales a éstos; ya que de estos efluentes se extrae el agua para luego ser potabilizada.

- **Protección ecológica**

Se refiere a la flora y fauna que pudiesen verse afectadas con la contaminación a causa de las descargas de las aguas residuales en los ríos, además de los malos olores en la zona y los animales carroñeros que abundan en el lugar de la descarga. A favor del sistema de tratamiento de las aguas residuales, está el reúso que pudiese darse en estas aguas en la agricultura.

- **Reúso**

Se refiere exclusivamente a la manera en que se puede volver a utilizar las aguas obtenidas luego del tratamiento, esto en el campo de la agricultura,



también en la costa se puede descargar al mar, río o quebrada, o lagos, además se puede realizar el riego de las áreas verdes recreativas y la infiltración en el suelo, cualquiera de estos es válido, siempre y cuando cumplan con todos los requisitos y permisos municipales.

### 2.10 Ventajas y desventajas de las lagunas de estabilización

Sin duda las lagunas de estabilización tienen ventajas, pero también tienen desventajas, a continuación, se muestra una tabla comparativa que describe las ventajas y desventajas.

- **Lagunas en serie**

**Tabla 3: Ventajas e inconvenientes de las lagunas en serie**

VENTAJAS	INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pocas bacterias y algas en el efluente.</li> <li>• El efluente recorre es corriente en todo el circuito, conteniendo así la expansión de las algas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La primera laguna recibe cargas orgánicas.</li> <li>• Ocupación de terreno, que es superior a la de otros métodos de tratamiento.</li> </ul>

**Fuente:** Tipos de lagunas

- **Lagunas en paralelo:**

**Tabla 4: Ventajas e inconvenientes de las lagunas en paralelo**

VENTAJAS	INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pueden admitir mayor cantidad de carga son hacerse anaerobias.</li> <li>• Se puede realizar el mantenimiento de una, mientras las demás están funcionando sin interrumpir la planta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El efluente puede ser de peor calidad que el de las algunas en serie</li> <li>• Las pérdidas considerables de agua por evaporación en verano.</li> </ul>

**Fuente:** Tipos de lagunas

## 2.11 Operación y mantenimiento de las lagunas de oxidación o estabilización

Se debe contratar mínimo un operador de medio tiempo para las lagunas de oxidación o estabilización. (OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN, s.f).

- **Operación en el funcionamiento inicial**

Al inicio, la laguna obtendrá más pérdidas por percolación, éstas son mayores debido a:

- ✓ El terreno es más vulnerable a la absorción, mientras logra saturarse.
- ✓ El suelo no se permeabiliza aún.

- **Operación para el funcionamiento normal**

- ✓ Los olores son soportables y no es detectable a 100 m.
- ✓ El color de la laguna se vuelve entre gris y negro.
- ✓ Se observa burbujas de gas.

## 2.12 Dimensiones de lagunas de estabilización

- **Contaminación orgánica**

Se refiere a la acción de las lagunas de estabilización o estabilización con respecto a las aguas servidas o residuales contaminadas que ingresan al sistema, pues su misión es justamente reducir la contaminación con una serie de procesos en la planta de tratamiento primaria de aguas residuales, para que finalmente se viertan el río, o puedan reusarse, ya sea en la agricultura o piscicultura.

- **Características físico-químicas**

- ✓ **Físicas**

- **Olor**

Son los olores de las lagunas de estabilización que pudieran percibir los habitantes de los alrededores, muchas veces nauseabundos debido a la descomposición.

- **Color**

Se refiere a la tonalidad del color, de las aguas residuales, que es por lo general gris oscuro, pero va cambiando de tonalidad a medida que avanza en proceso del tratamiento (se va esclareciendo).

✓ **Químicas**

✚ **Ph**

Es la cantidad de acidez que tiene el agua, esta característica se mide en un laboratorio químico.

✚ **Oxígeno disuelto**

Esta característica determina cuan contaminada está el agua, mientras más alto sea el oxígeno disuelto, significa que es un agua más saludable.

• **Cantidad de lodos**

Es el residuo del proceso del tratamiento de la planta, se recolectan todos los días y se desechan enterrando en pozos, en lugares aledaños a la planta de tratamiento.

• **Medidas de las lagunas de estabilización**

✓ **Área**

Son las medidas de las lagunas en ancho y largo.

✓ **Profundidad**

Es la altura de las lagunas, medida desde el terreno natural hacia abajo del suelo.

## **2.13 Formulación al problema**

¿Cómo diseñar el sistema de tratamiento primario de aguas residuales mediante lagunas de estabilización en el sector las Dunas, Tarapoto 2019?

## **2.14 Justificación del estudio**

### **Justificación teórica**

El presente trabajo de investigación se basa en la norma N° 003-2010 del Ministerio del Ambiente, donde se aprueba los Estándares Nacionales Máximos Permisibles para la creación de plantas de tratamiento de aguas residuales, el cual permitirá mejorar la calidad de vida de las personas, en primera instancia del sector Las Dunas, y además de gran parte de Tarapoto.

### **Justificación práctica**

Este trabajo de investigación se realiza con la finalidad de mejorar la calidad de vida de los habitantes de Tarapoto, siguiendo las normas de salubridad y

del Ministerio del Ambiente, y que, de esta manera, Tarapoto se convierta en una ciudad limpia, sin contaminar a los ríos, y sobre todo disminuir la tasa de enfermedades a causa de ingerir agua contaminada de los habitantes río abajo.

### **Justificación metodológica**

Luego de realizar todos los cálculos necesarios para el diseño, se hará uso del software de diseño, AutoCAD, además se realizará una maqueta en donde se planteará gráficamente todo el trabajo de investigación.

### **Justificación social**

Este trabajo de investigación beneficiará fundamentalmente a los habitantes del sector Las Dunas, ya que el tratamiento de aguas residuales es primordial para mejorar la calidad de vida de estos habitantes, además, con la ampliación del sistema, posteriormente beneficiará a toda la ciudad de Tarapoto.

### **Justificación por conveniencia**

Se realiza este trabajo de investigación en el sector Las Dunas, ya que es allí en donde descarga el desagüe de gran parte de Tarapoto, y con esto se estaría mejorando la calidad de vida de estos pobladores, además en el futuro se puede ampliar e interconectar con el distrito de Morales.

## **2.15 Objetivos**

### **General**

- Diseñar el sistema de tratamiento primario de aguas residuales mediante lagunas de estabilización sector las Dunas, Tarapoto 2019.

### **Específicos**

- Determinar el área de influencia para el tratamiento primario de aguas residuales en el sector las Dunas, Tarapoto 2019.
- Obtener la población de diseño del sistema de tratamiento primario de aguas residuales en el sector las Dunas, Tarapoto 2019.
- Obtener el caudal de diseño del sistema de tratamiento primario de aguas residuales en el sector las Dunas, Tarapoto 2019.

- Determinar la contaminación bacteriológica para el diseño de la laguna de estabilización en el sector las dunas, Tarapoto 2019.
- Determinar la contaminación orgánica, para el diseño de la laguna de estabilización en el sector las Dunas, Tarapoto 2019.
- Determinar las características físico-químicas para aguas residuales para el diseño de la laguna de estabilización en el sector las Dunas, Tarapoto 2019.
- Determinar la cantidad de lodos para el diseño de la laguna de estabilización en el sector las Dunas, Tarapoto 2019.
- Obtener las medidas de las lagunas de estabilización para el tratamiento primario de las aguas residuales en el sector las Dunas, Tarapoto 2019.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Diseño de investigación**

- El diseño es de nivel experimental debido a que se puede realizar la manipulación o modificación de las variables, esto se podrá percibir en el diseño 2D.
- Es del tipo pre experimental debido a que se recolectará datos sólo una vez, y se realizará todos los cálculos necesarios para poder realizar el diseño, pero no se ejecutará.

#### **3.2 Variables, operacionalización**

- **Variables**

- ✓ Sistema de tratamiento primario —————▶ Cuantitativa continua.
- ✓ Lagunas de estabilización —————▶ Cuantitativa continua.

- **Operacionalización:**

**Tabla 5:** Cuadro de operacionalización de la variable Sistema de Tratamiento Primario

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	
Sistema de tratamiento primario	“Los tratamientos primarios son aquellos que eliminan los sólidos en suspensión presentes en el agua residual”. (CYCLUS ID, 2019, p. 1).	Se denomina sistema de tratamiento primario a aquellos sistemas que sirven para el tratamiento de aguas residuales, que, por su poca complejidad, brinda resultados favorables de entre el 30 – 50 % de eficiencia.		Área	Razón	
				Área de influencia		Perímetro
				Población de diseño		Población actual
						Población futura
				Caudal de diseño		Población de diseño
						Dotación
				Contaminación bacteriológica		Coliformes totales
		Coliformes fecales				

**Fuente:** Creación propia

**Tabla 6:** Cuadro de operacionalización de la variable *Lagunas de Estabilización*

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Lagunas de estabilización	Son estanques conformados perimetralmente por diques de tierra, con profundidades menores a 5 m. Y períodos de permanencia hidráulica de 1 – 40 días, divididos en compartimientos que tienen distintas finalidades. (INGENIERO AMBIENTAL, 2019, p. 1).	Las lagunas de estabilización son pozas que forman parte de un sistema de tratamiento de aguas residuales y cumplen la función de sedimentar las aguas residuales.	Contaminación orgánica	DBO5	Razón
			Características físico-químicas	DQO	
				Ph	
			Medidas de las lagunas	Conductividad eléctrica	
				Sólidos suspendidos	
				Sólidos totales	
	Área				
	Profundidad				

**Fuente:** Creación propia



### **3.3 Población y muestra, selección de la unidad de análisis**

- **Población Maestral**

SAMPIERI (2014) *“Toda investigación debe ser transparente, así como estar sujeta a crítica y réplica, y este ejercicio solamente es posible si el investigador delimita con claridad la población estudiada y hace explícito el proceso de selección de su muestra”*. (p. 203).

- ✓ La población y muestra estará conformada por la descarga de aguas residuales en el sector las Dunas de la ciudad de Tarapoto.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

- **Técnica**

HERNANDEZ (2014) *“Una técnica es un conjunto de procedimientos reglamentados y ejemplos que se utiliza como medio para llegar a un cierto fin”* (p.05).

- **Instrumento**

SAMPIERI (2014) *“Un instrumento de medición adecuado es aquel que registra datos observables que representan verdaderamente los conceptos o las variables que el investigador tiene en mente”* (p. 232).

- **Validez**

SAMPIERI (2014) *“La validez, en términos generales, se refiere al grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir”* (p. 233).

**Tabla 7: Cuadro de validez**

<b>TÉCNICA</b>	<b>INSTRUMENTO</b>	<b>FUENTE</b>
<b>Análisis sectorial de drenaje</b>	Formato para el cálculo de drenaje	Norma IS.010 Reglamento Nacional de Edificaciones
<b>Análisis poblacional</b>	Formato para el cálculo poblacional.	Norma OS.100 Reglamento Nacional de Edificaciones
<b>Análisis de caudal</b>	Formato para el cálculo del caudal.	Norma OS.070 Reglamento Nacional de Edificaciones
<b>Análisis de laboratorio</b>	Formato de laboratorio	Decreto Supremo N° 003-2010 MINAM
<b>Análisis de laboratorio</b>	Formato de laboratorio	Decreto Supremo N° 003-2010 MINAM
<b>Análisis de laboratorio</b>	Formato de laboratorio	Decreto Supremo N° 003-2010 MINAM
<b>Análisis de laboratorio</b>	Formato de laboratorio	Decreto Supremo N° 003-2010 MINAM
<b>Cálculo de las medidas de las lagunas de estabilización</b>	Formato para el cálculo de las medidas de lagunas de estabilización.	Norma OS.090 Reglamento Nacional de Edificaciones

**Fuente:** Creación propia

### **3.5 Métodos de análisis de datos**

Se utilizará el software AutoCAD para poder dibujar los planos del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, este es un software para diseño por computadora, en el que se realizará los planos necesarios para el diseño. También se utilizará una maqueta. Además, se utilizará hojas de cálculo Excel, para poder realizar los cálculos necesarios para el diseño.

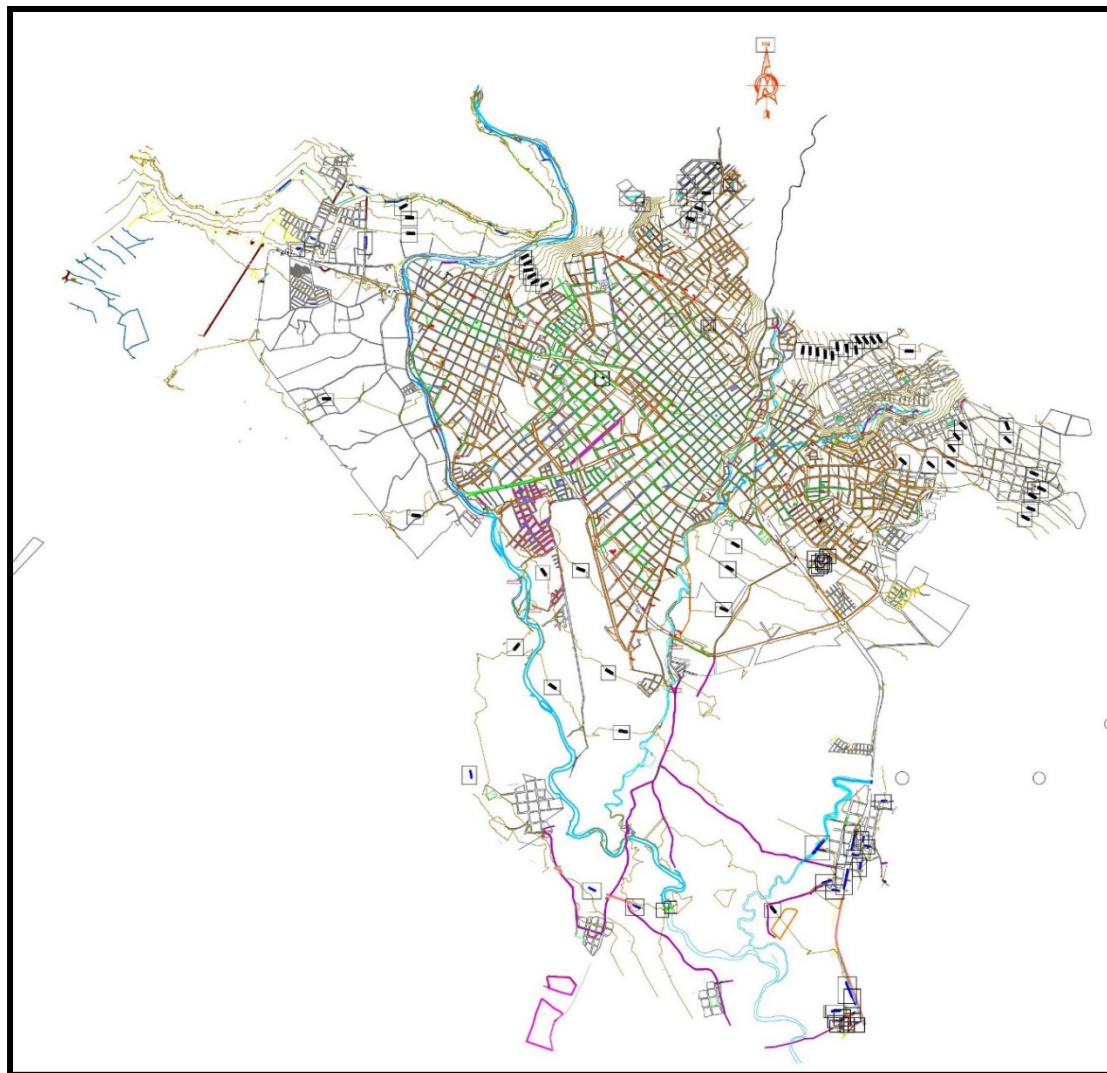
### **3.6 Aspectos éticos**

Para desarrollar la investigación se han respetado las normas ISO 9001 - 2015, también se utilizó las Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones, además se utilizó el esquema de la Universidad César Vallejo como formato para poder elaborar la investigación. En todo momento se respetó todos los derechos de autor, respetando sus respectivas citas bibliográficas.

#### IV. RESULTADOS

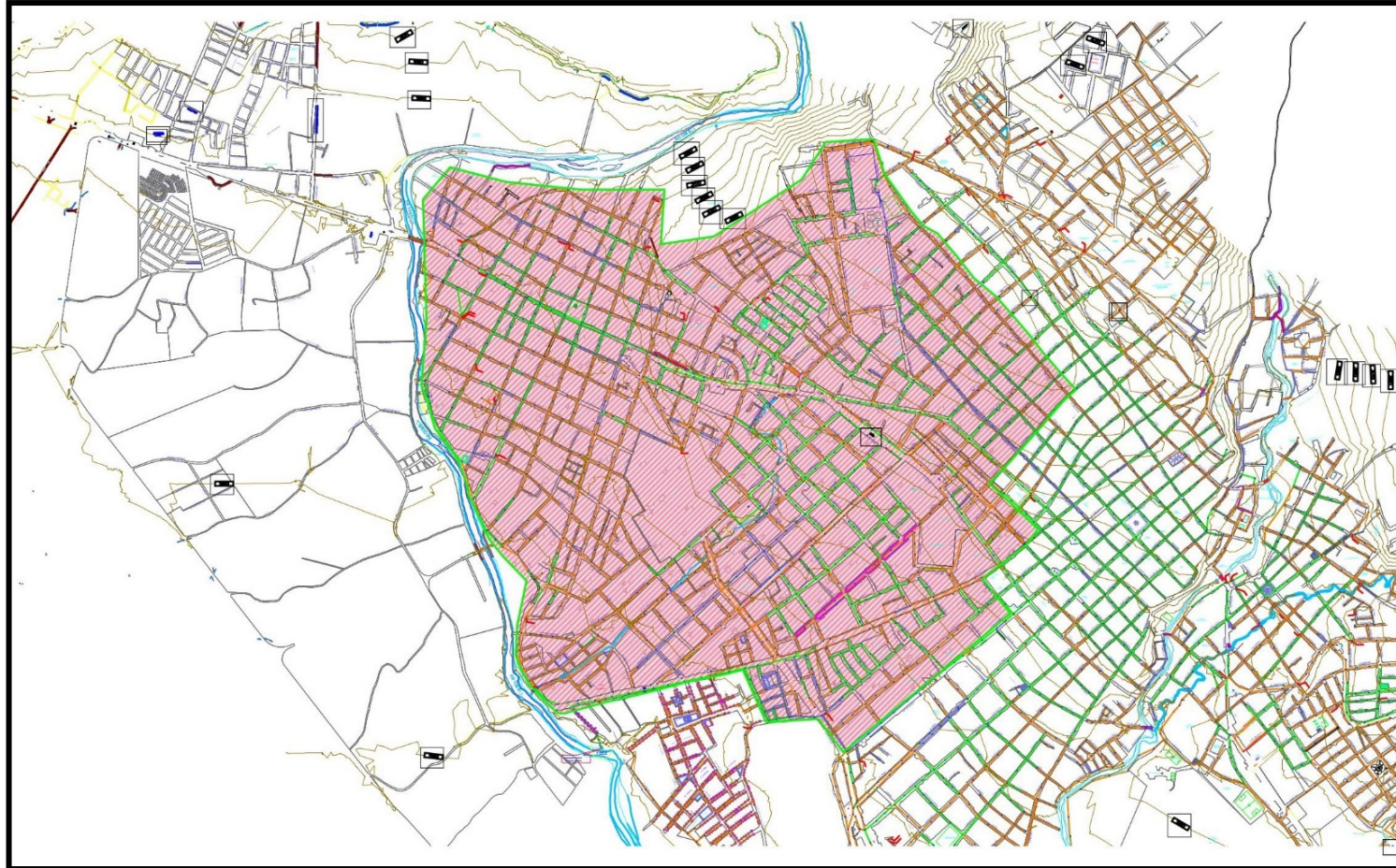
1. Se determinó el área de influencia para el tratamiento primario de aguas residuales, teniendo en cuenta el plano de desagüe de Tarapoto (Plano 1), y según la topografía se sectorizó el área de influencia correspondiente al sector Las Dunas. Este abarca de la siguiente manera:

- Iniciando desde el sector Las Dunas; hacia el Este, con dirección al Jirón Alfonso Ugarte cuadra, hasta el jirón Sáenz Peña.
- Luego, hacia el Sureste, hasta el Jirón Prolongación los Pinos.
- Luego hacia el Este, hasta la Vía de Evitamiento.
- Luego hacia el Sureste, hasta el Jirón Martínez de Compañón.
- Luego hacia el Noreste, en dirección al jirón Martínez de Compañón, hasta el Jirón Libertad.
- Luego hacia el Noroeste, hasta el Jirón Alfonso Ugarte.
- Luego hacia el Noreste, hasta el Jirón Alonso de Alvarado.
- Luego hacia el Noroeste; hasta el jirón Santa Rosa.
- Luego hacia el Noreste, hasta la altura del Jirón Leoncio Prado.
- Luego hacia el Noroeste, hasta la avenida circunvalación.
- Luego hacia el Oeste, hasta orillas del río Cumbaza.
- Y finalmente hacia el Sector las Dunas, siguiendo el curso a orillas del río Cumbaza.



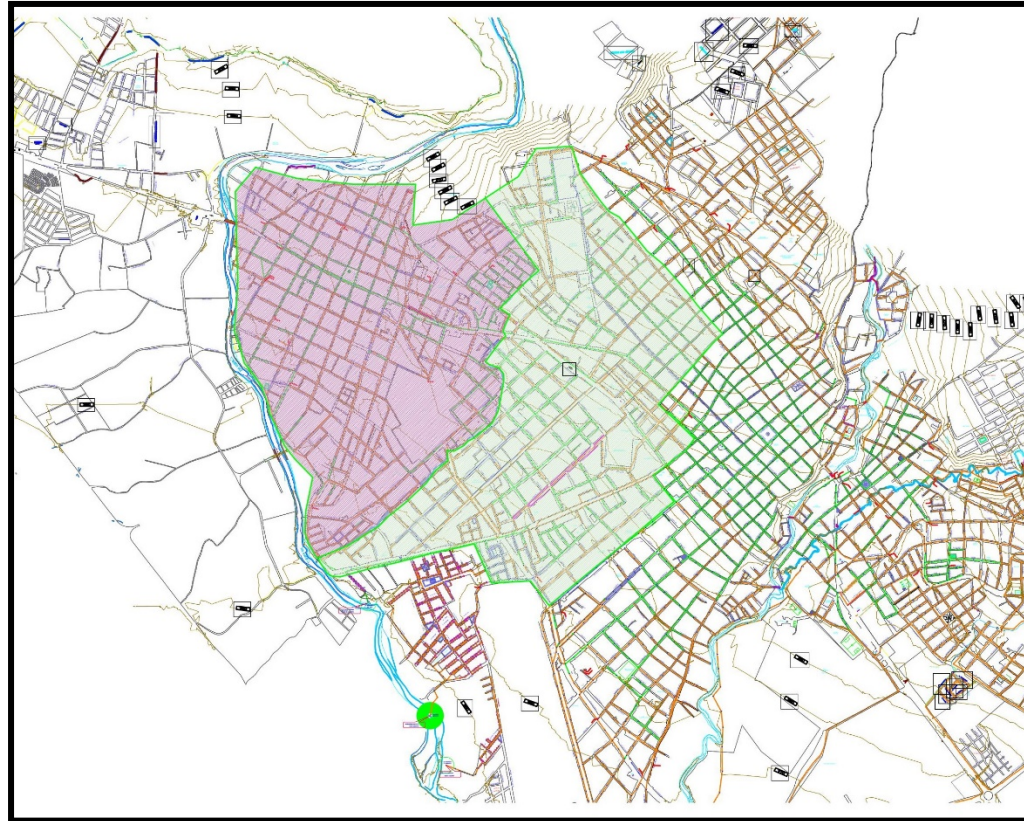
*Figura 3: Plano de desagüe de Tarapoto.*

- Obteniendo así el área de influencia que está especificado en el Plano 2, sombreado de color rosa.



*Figura 4: Plano de desagüe de Tarapoto – resaltando el área de influencia.*

- Al ver que en dicha área están Tarapoto y Morales, se decidió realizar un área de influencia para cada distrito, teniendo como límite distrital, la quebrada Amorarca; tal como se muestra en el plano 3: Morales de color rosa y Tarapoto de color celeste.



**Figura 5:** Plano de desagüe de Tarapoto – resaltando la división de Tarapoto y Morales.

Luego con la ayuda del software AutoCAD, se obtuvo los siguientes datos:

- Perímetro de influencia = 10 835 m. (10.835 Km)
- Área de influencia = 5 961 120  $m^2$ . (5.96  $Km^2$ )

**Tabla 8:** *Perímetro y área de influencia de Tarapoto y Morales*

	<b>PERÍMETRO DE INFLUENCIA (m)</b>	<b>ÁREA DE INFLUENCIA (<math>m^2</math>)</b>
Tarapoto	9 646	2 995 864
Morales	7 619	2 964 489
	17 265	5 960 353

**Fuente:** Creación propia

2. Se calculó la población de diseño para el tratamiento primario de aguas residuales, a partir de los datos obtenidos en la página web del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

- Para la población de diseño de Tarapoto.

**Tabla 9:** *Población de Tarapoto del año 2000 al 2015*

<b>AÑO</b>	<b>POBLACIÓN (en habitantes)</b>
2000	64 504
2001	65 525
2002	66 413
2003	67 204
2004	67 937
2005	68 644
2006	69 328
2007	69 969
2008	70 559
2009	71 096
2010	71 564
2011	71 973
2012	72 325
2013	72 615
2014	72 846
2015	73 015

Fuente: Página web del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).



- Al no encontrar datos del 2019, se procedió a calcular mediante el método aritmético, para esto sólo se consideró la población del 2012 al 2015.
- ✓ Método aritmético post - censal:

**Tabla 10:** Población de Tarapoto del año 2012 al 2015

AÑO	POBLACIÓN (En habitantes)
2012	72 325
2013	72 615
2014	72 846
2015	73 015
2019	

**Fuente:** Página web del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

✚ Fórmula de población:

$$P = P_0 + r(t_f - t_0)$$

Donde:

P = Población para el tiempo t

$P_0$  = Población inicial

r = Razón de crecimiento

t = Tiempo futuro

$t_0$  = Tiempo inicial

✚ Fórmula de razón de crecimiento (r):

$$r = \frac{P_f - P_0}{t_f - t_0}$$

Dónde:

$P_f$  = Población futura

$t_f$  = Tiempo futuro

✚ Primero se calcula la razón de crecimiento (r):

- Entre 2012 y 2013:

$$r = \frac{72615 - 72325}{2013 - 2012}$$

$$r = 290$$

- Entre 2013 y 2014:

$$r = \frac{72846 - 72615}{2014 - 2013}$$

$$r = 231$$

- Entre 2014 y 2015:

$$r = \frac{73015 - 72846}{2015 - 2014}$$

$$r = 169$$

- Promedio de los tres resultados:

$$\bar{r} = \frac{290 + 231 + 169}{3}$$

$$\bar{r} = 230 \text{ Habitantes / año}$$

✚ Ahora se reemplaza  $\bar{r}$  en la fórmula de población:

$$P_{2019} = 73015 + 230(2019 - 2015)$$

$$P_{2019} = 73935 \text{ habitantes}$$

- Por lo tanto, el año 2019 tiene 73 935 habitantes

**Tabla 11:** Población de Tarapoto del año 2012 al 2019

AÑO	POBLACIÓN (En habitantes)
2012	72 325
2013	72 615
2014	72 846
2015	73 015
2019	73 935

**Fuente:** Creación propia.

- Ahora ya se puede calcular la población de diseño, que se estimará a mediano plazo (20 años). Es decir, el año 2039.
  - ✓ Se continúa con el cálculo de la razón de crecimiento (r), para encontrar un nuevo promedio entre el 2012 y 2019:
    - Entre 2019 y 2015:

$$r = \frac{73935 - 73015}{2019 - 2015}$$

$$r = 230$$

- Promedio de los cuatro resultados:

$$\bar{r} = \frac{290 + 231 + 169 + 230}{4}$$

$$\bar{r} = 230 \text{ Habitantes / año}$$

✚ Ahora se reemplaza  $\bar{r}$  en la fórmula de población:

$$P_{2039} = 73935 + 230(2039 - 2019)$$

$$P_{2039} = 78535 \text{ habitantes}$$

- Por lo tanto, la población de diseño para Tarapoto en el año 2039 es 78535 habitantes.

**Tabla 12:** *Población de Tarapoto del año 2012 al 2039*

AÑO	POBLACIÓN (En habitantes)
2012	72 325
2013	72 615
2014	72 846
2015	73015
2019	73 935
2039	78535

**Fuente:** Creación propia.

- Para la población de diseño de Morales.

**Tabla 13:** *Población de Morales del año 2000 al 2015*

<b>AÑO</b>	<b>POBLACIÓN (En habitantes)</b>
2000	19 308
2001	19 999
2002	20 671
2003	21 330
2004	21 988
2005	22 655
2006	23 334
2007	24 015
2008	24 695
2009	25 372
2010	26 044
2011	26 710
2012	27 371
2013	28 025
2014	28 669
2015	29 302

**Fuente:** Página web del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

- Al no encontrar datos del 2019, se procedió a calcular mediante el método aritmético, para esto sólo se consideró la población del año 2012 al 2015.
- ✓ Método aritmético postcensal:

**Tabla 14:** *Población de Morales del año 2012 al 2015*

<b>AÑO</b>	<b>POBLACIÓN (En habitantes)</b>
2012	27 371
2013	28 025
2014	28 669
2015	29 302

**Fuente:** Página web del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

✚ Primero se calcula la razón de crecimiento (r):

- Entre 2012 y 2013:

$$r = \frac{28025 - 27371}{2013 - 2012}$$

$$r = 654$$

- Entre 2013 y 2014:

$$r = \frac{28669 - 28025}{2014 - 2013}$$

$$r = 644$$

- Entre 2014 y 2015:

$$r = \frac{29302 - 28669}{2015 - 2014}$$

$$r = 633$$

- Promedio de los tres resultados:

$$\bar{r} = \frac{654 + 644 + 633}{3}$$

$$\bar{r} = 644 \text{ Habitantes / año}$$

✚ Ahora se reemplaza  $\bar{r}$  en la fórmula de población:

$$P_{2019} = 29302 + 644(2019 - 2015)$$

$$P_{2019} = 31\,878 \text{ habitantes}$$

- Por lo tanto, el año 2019 tiene 31 878 habitantes.

**Tabla 15: Población de Morales del año 2012 al 2019**

AÑO	POBLACIÓN (En habitantes)
2012	27 371
2013	28 025
2014	28 669
2015	29 302
2019	31 878

**Fuente:** Creación propia.

- Ahora ya se puede calcular la población de diseño, que se estimará a mediano plazo (20 años). Es decir, en el año 2039.
- ✓ Se continúa con el cálculo de la razón de crecimiento ( $r$ ), para encontrar un nuevo promedio entre el 2012 y 2019:
  - Entre 2019 y 2015:

$$r = \frac{31878 - 29302}{2019 - 2015}$$

$$r = 644$$

- Promedio de los cuatro resultados:

$$\bar{r} = \frac{654 + 644 + 633 + 644}{4}$$

$$\bar{r} = 644 \text{ Habitantes / año}$$

- ✚ Ahora se reemplaza  $\bar{r}$  en la fórmula de población:

$$P_{2039} = 31878 + 644(2039 - 2019)$$

$$P_{2039} = 44\,758 \text{ habitantes}$$

- Por lo tanto, la población de diseño para Morales en el año 2039 es 44758 habitantes.

**Tabla 16:** *Población de Morales del año 2012 al 2039*

<b>AÑO</b>	<b>POBLACIÓN (En habitantes)</b>
2012	27 371
2013	28 025
2014	28 669
2015	29 302
2019	31 878
2039	44 758

**Fuente:** Creación propia.

- Los datos calculados fueron con el total de habitantes, por lo que es necesario calcular sólo para el área de influencia.



$$\text{Población actual para el área de influencia} = \frac{\text{Población actual general}}{\text{Área de influencia}}$$

$$\text{Población de diseño para el área de influencia} = \frac{\text{Población futura general}}{\text{Área de influencia}}$$

**Tabla 17:** Resumen de los cálculos realizados

	ÁREA DE INFLUENCIA (Km <sup>2</sup> )	POBLACIÓN ACTUAL GENERAL – AÑO 2019 (En habitantes)	POBLACIÓN FUTURA GENERAL – AÑO 2039 (En habitantes)	POBLACIÓN ACTUAL PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA (En habitantes)	POBLACIÓN DE DISEÑO PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA (En habitantes)
TARAPOTO	2.99	73 935	78 535	24 727	26 266
MORALES	2.96	31 878	44 758	10 770	15 121
				35 497	41 387

**Fuente:** Creación propia.

- La población de diseño total es igual a la sumatoria de las poblaciones de Tarapoto y Morales = 41 387 Habitantes.

3. Se calculó el caudal de diseño para el tratamiento primario de aguas residuales, con la siguiente fórmula:

$$Q_D = \frac{Pob * Dot}{86400} * C$$

Dónde:

$Q_D$  = Caudal de diseño

Pob. = Población de diseño

Dot. = Dotación

C = Coeficiente de retorno

- Población de diseño = 41 387 Habitantes
- Dotación =  $160 \frac{L}{Hab/día}$ , según estudios realizados por EMAPA SAN MARTÍN S.A.
- Coeficiente de retorno = 0.80, Según el reglamento Nacional de Edificaciones (Norma O.S. 070).

$$Q_D = \frac{41\ 387 * 160}{86\ 400} * 0.80$$

- Se obtiene los siguientes resultados:

**Tabla 18: Resumen de cálculos realizados**

CAUDAL DE DISEÑO	
Litros por segundo $L/s$	61.31
Metros cúbicos por segundos $m^3/s$	0.06131
Metros cúbicos por día $m^3/día$	5297.54

**Fuente:** Creación propia.

4. Se determinó la contaminación bacteriológica para el diseño de la laguna de estabilización, por medio de análisis de laboratorio.

**Tabla 19: Resultados de laboratorio – 1**

CÓDIGO DE LABORATORIO	2409-1	LÍMITE DE DETECCIÓN	UNIDAD
CÓDIGO DE CLIENTE	EMISOR ALFONSO UGARTE		
<b>PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS</b>			
pH	7.85	---	Unid. pH
Conductividad eléctrica	117.0	0.1	μS/cm
DBO <sub>5</sub>	359.4	2.0	mg/L
<b>PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS</b>			
Coliformes totales	1.7x10 <sup>8</sup>	< 1.8	NMP/100mL
Coliformes fecales	1.1x10 <sup>8</sup>	< 1.8	NMP/100mL

**Fuente:** Informe de ensayo N° 2409-14 – Laboratorio LABECO

Donde:

DBO<sub>5</sub>: Demanda Bioquímica de Oxígeno

- Se observa los resultados de coliformes totales y fecales en la Tabla 19.

5. Se determinó la contaminación orgánica para el diseño de la laguna de estabilización, por medio de análisis de laboratorio.

**Tabla 20: Resultados de laboratorio – 2**

CÓDIGO DE LABORATORIO	2409-1		
CÓDIGO DE CLIENTE	EMISOR ALFONSO UGARTE	LÍMITE DE DETECCIÓN	UNIDAD
<b>PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS</b>			
SS	2.7	0.1	ml/L
ST	980	4	ml/L
TSS	280	4	ml/L
DQO	760	4	ml/L
Aceites y grasas	75.0	1.0	ml/L
Nitrógeno Amoniacal	63.3	0.5	ml/L
Sulfatos	37.4	0.5	mg SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> /L

**Fuente:** Informe de ensayo N° 2409-14 – Laboratorio LABECO

Dónde:

SS: Sólidos sedimentables

ST: Sólidos totales secados

TSS: Sólidos suspendidos totales secados

DQO: Demanda química de oxígeno.

- Se observa los resultados de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) en la Tabla 19, y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en la Tabla 20.

6. Se determinó las características físico-químicas para el diseño de la laguna de estabilización, por medio de análisis de laboratorio.

- Se observa los resultados de pH y conductividad eléctrica en la Tabla 19.

7. Se determinó la cantidad de lodos para el diseño de la laguna de estabilización, por medio de análisis de laboratorio.

- Se observa los resultados de sólidos suspendidos (TSS), y sólidos totales (ST) en la Tabla 20.

8. Al realizar los cálculos, con la población servida de diseño, dotación de agua potable y la carga orgánica del agua residual; teniendo en cuenta la temperatura del lugar y el periodo de retención de 10 días, se obtiene:

- Población de diseño  $P_D$  (Según Tabla 17): 41 387 Habitantes.
- Dotación (Según estudios realizados por EMAPA SAN MARTÍN S.A.C.):  
 $160 \frac{L}{Hab./día}$
- Caudal de diseño (Según los resultados del objetivo 3):  $5\,297.54 \text{ m}^3/día$
- Periodo de retención sin lodos asumidos en días (Según Norma OS. 090) – R.N.E.: 10.
- Volumen de aguas a tratar  $V_{AT}$  en  $m^3$ :

$$V = Q * PR$$

Dónde:

V: Volumen de aguas a tratar

Q: Caudal de diseño

PR: Periodo de retención

$$V = 5297.54 * 10$$

$$V = 52\,975.4 \text{ m}^3$$

- Temperatura promedio del mes más frío: 22°
- Carga orgánica per cápita: 40 gr DBO/Hab./día
- Carga orgánica total:

$$Carga\ Orgánica\ Total = \frac{Carga\ orgánica\ per\ cápita * Población}{1000}$$

$$Carga\ orgánica\ total = \frac{40 * 41\ 387}{1000}$$

$$Carga\ orgánica\ total = 1\ 655.48\ kg\ DBO/día$$

- Carga superficial (kg DBO/Hab./día):

$$Carga\ superficial = 250 * (1.04)^{temperatura\ promedio - 20}$$

$$Carga\ superficial = 270.40\ kg\ DBO/Hab./día$$

- Área media mínima requerida ( $m^2$ ):

$$A = Carga\ orgánica\ total * \frac{10000}{Carga\ superficial}$$

$$A = 1655.48 * \frac{10000}{270.40}$$

$$A = 61223\ m^2$$

- Profundidad asumida (m): 1.5
- Volumen calculado  $V_C$  ( $m^3$ ):

$$V = Área\ media\ mínima\ requerida * Profundidad\ asumida$$

$$V = 61223 * 1.5$$

$$V = 91835 \text{ m}^3$$

- Tasa de acumulación de lodos (L/h): 50
- Periodo de limpieza (años): 2
- Volumen de lodos  $V_L$  ( $\text{m}^3$ ):

$$V_L = \frac{P_D * \text{Tasa de acumulación de lodos} * \text{Periodo de limpieza}}{1000}$$

$$V_L = 4138.70 \text{ m}^3$$

- Volumen total requerido  $V_T$  ( $\text{m}^3$ ):

$$V_T = \text{volumen de aguas a tratar} + \text{volumen de lodos}$$

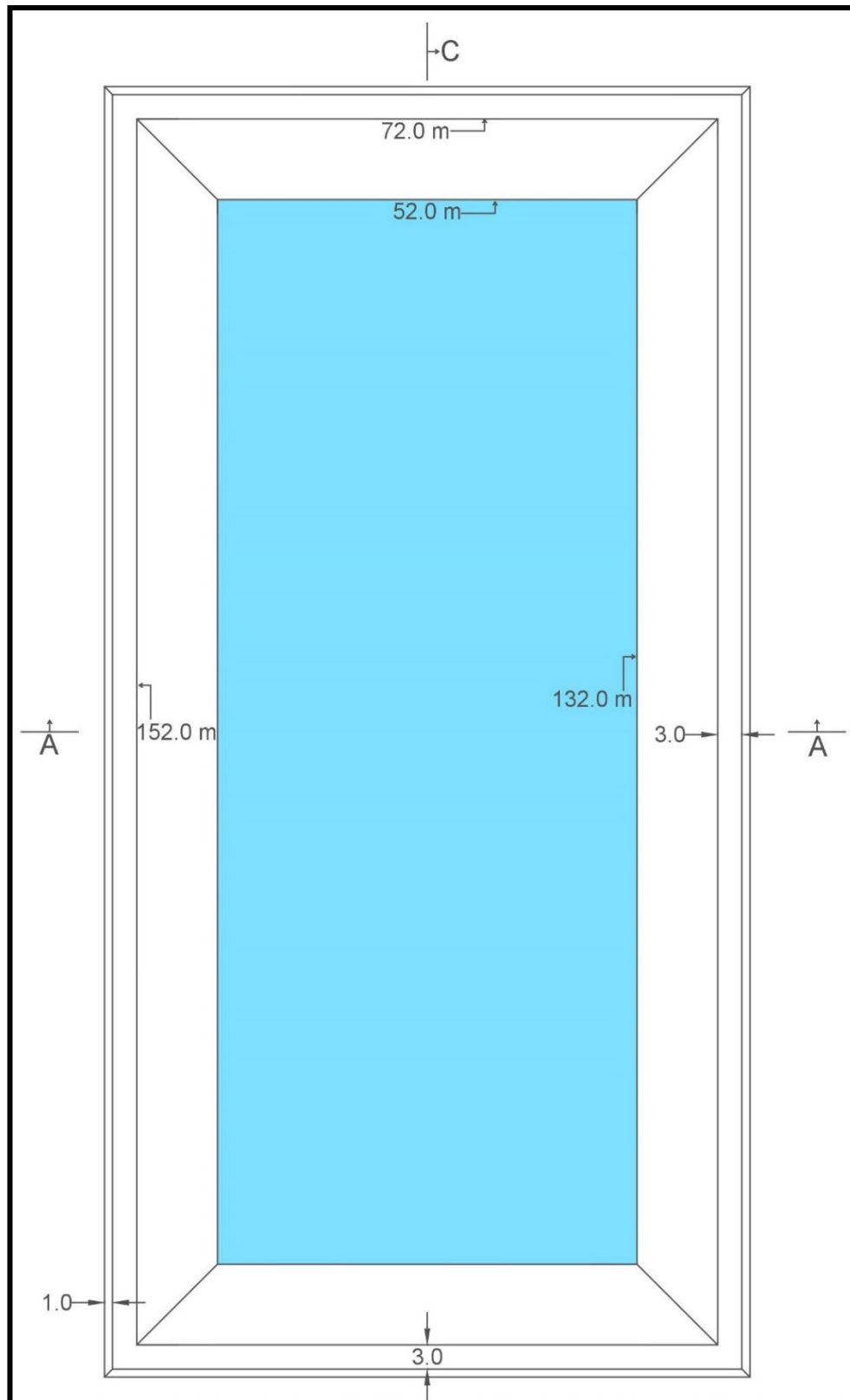
$$V_{total} = V_{AT} + V_L$$

$$V_T = 52975.4 + 4138.70$$

$$V_T = 57114.1 \text{ m}^3$$

- Periodo de retención sin lodos (días): 17
- Número de lagunas en paralelo: 4
- Talud de laguna (1: Z): 2.5
- Borde libre de laguna (m): 0.50
- Relación largo ancho (L/W): 2
- Dimensiones: 174.96 m de largo y 87.48 m de ancho.

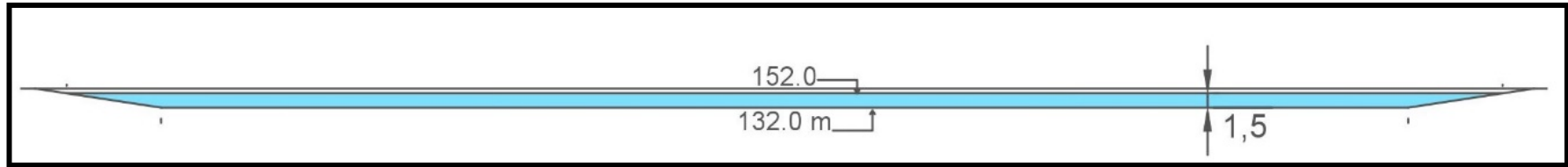
- Se considera 160 m de largo. Y 80 m de ancho para las lagunas primarias.
- Se considera 140 m de largo. Y 70 m de ancho para las lagunas secundarias.
- Laguna primaria:



**Figura 6:** Plano de medidas de la laguna primaria.

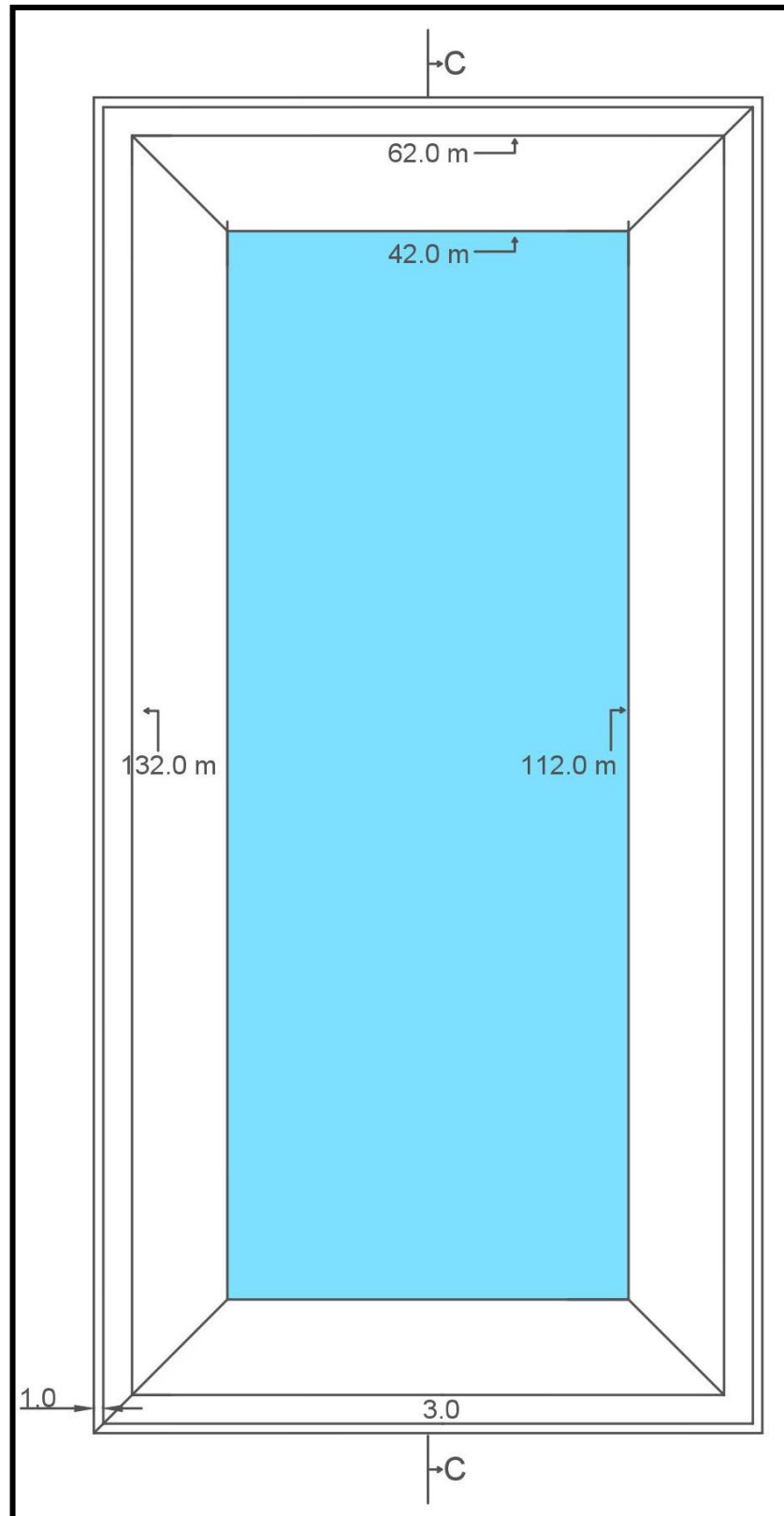


- Laguna primaria: CORTE C-C



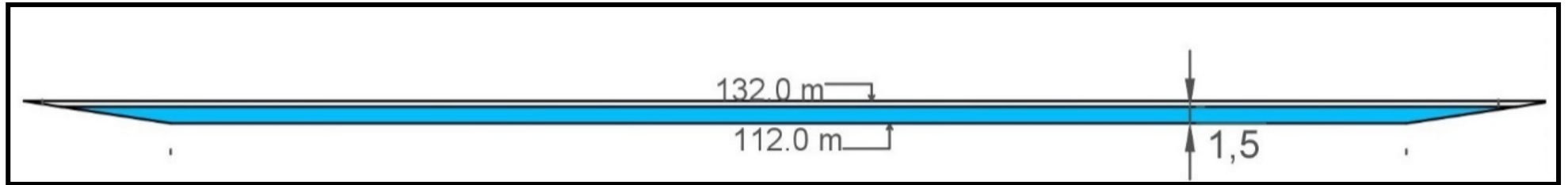
**Figura 7:** Plano de medidas de la laguna primaria – Corte C-C.

- Laguna secundaria:



**Figura 8:** Plano de medidas de la laguna secundaria.

- Laguna secundaria CORTE C-C:



**Figura 9:** Plano de medidas de la laguna secundaria – corte C-C.

**Tabla 21:** *Resultados de cálculos realizados*

<b>DIMENSIONES DE LAS LAGUNAS</b>		
	Largo (en metros)	Ancho (en metros)
LAGUNA PRIMARIA	160	80
LAGUNA SECUNDARIA	140	70

**Fuente:** Creación propia.

## V. DISCUSIÓN

La contaminación a los ríos fue siempre un factor importante que define la calidad de agua bebible en las zonas en donde, por circunstancias geográficas, no cuentan con otra fuente hídrica que no sea el río tal es el caso de los habitantes del departamento de Loreto, que necesariamente beben agua del río Marañón. Las aguas residuales de Tarapoto, son afluentes de los ríos Cumbaza y Shilcayo; y éstos a su vez, paulatinamente, desembocan en el río Marañón. En este contexto, en el presente trabajo de investigación, se plantea un diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales, en el cual se confirma la necesidad de extensas áreas para las lagunas de estabilización; así como: GONZALES, Rony, en su trabajo titulado: *Implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales por el método de lagunas de estabilización en el distrito de Becharati La convención-Cuzco 2016.*, Manifiesta los procedimientos y pasos a seguir para obtener los cálculos necesarios para el diseño; además, hace hincapié en la realidad de que es necesario un área extensa para el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales.

En la Tabla 8 se identificó el perímetro y área de influencia de Tarapoto y Morales, que es el resultado de una serie de cálculos matemáticos realizados a partir de los datos obtenidos en la página web del Instituto Nacional de Estadística e informática (INEI); dichos datos son primordiales para que el diseño de la planta de tratamiento sea acorde al área de influencia. En la tabla 17 se identificó la población futura o de diseño, que se obtuvo a partir de los datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI); es importante saber estos resultados, ya que de esto depende que la planta de tratamiento sea diseñada para una población adecuada. En la tabla 18 se identificó el caudal de diseño, con el que debe ser diseñado la planta de tratamiento de aguas residuales, con la finalidad de evitar posibles desbordes de aguas residuales en la planta. En la tabla 19 se determinó la cantidad de coliformes totales y fecales, el pH y conductividad, esto con la finalidad de poder diseñar eficientemente la planta de tratamiento, de acuerdo a la Norma OS.090., donde establece la cantidad de valores máximos admisibles. Además, en la Tabla 19, se determinó la Demanda Bioquímica de Oxígeno, y en la Tabla 20, la Demanda Química de Oxígeno, los sólidos

suspendidos y sólidos totales, dichos parámetros sirven para poder diseñar eficientemente las lagunas de estabilización. Finalmente, en la Tabla 21, se observan las dimensiones determinadas de la laguna primaria, y de la laguna secundaria.

En un artículo científico de CASIERRA, Henry y et al. *Desinfección de agua residual doméstica mediante un sistema de tratamiento acoplado con fines de reúso.*, el 2006, se afirmó que es posible realizar la desinfección de agua residual doméstica con fines de reúso, mientras que en el presente trabajo de investigación, solo se realizar el tratamiento de aguas residuales mediante la sedimentación en lagunas de estabilización, por lo que es poco probable la desinfección del 99.99% de residuos fecales, tal como confirme dicho artículo.

## VI. CONCLUSIONES

1. Se Determinó el área de influencia del colector de aguas residuales sector Las Dunas, es de  $5.96 \text{ Km}^2$ .
2. Se Obtuvo la población de diseño del colector de aguas residuales sector Las Dunas, es de 41 387 Habitantes.
3. Se obtuvo el caudal de diseño para el sistema de tratamiento primario de aguas residuales en el sector las Dunas, es de  $5\,297.54 \text{ m}^3/\text{día}$
4. Se determinó la cantidad de coliformes totales y fecales en el colector Las Dunas:
  - Coliformes totales:  $1.7 \times 10^8$  NMP/100mL. Coliformes fecales:  $1.1 \times 10^8$  NMP/100mL.
5. Se determinó la Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO), del colector Las Dunas.
  - $DBO_5 = 359.4 \text{ mg/L}$ .  $DQO = 760 \text{ ml/L}$ .
6. Se determinó las características físico-químicas del colector Las Dunas, midiendo el pH y la conductividad eléctrica en el laboratorio.  $\text{pH} = 7.85$  Unid. pH. Conductividad eléctrica  $117.0 \text{ }\mu\text{S/cm}$ .
7. Se determinó la cantidad de sólidos suspendidos (TSS) y la cantidad de sólidos sólidos totales (ST), en el colector Las Dunas.
  - Sólidos suspendidos (TSS):  $280 \text{ ml/L}$ . Sólidos totales (ST):  $980 \text{ ml/L}$ .
  - Se obtuvo las medidas necesarias de las lagunas de estabilización:
    - Laguna primaria (Largo x Ancho):  $160 \times 80 \text{ m}$ .
    - Laguna secundaria (Largo x Ancho):  $140 \times 70 \text{ m}$ .

## **VII. RECOMENDACIONES**

- 1.** La determinación del área de influencia, es una manera clara y precisa de saber con exactitud cuánto abarca el colector de aguas residuales Las Dunas, por ello es importante realizar un adecuado cálculo del área de influencia, si se va a realizar un diseño de una planta de tratamiento de aguas servidas o residuales.
- 2.** Para poder realizar el diseño de una planta de tratamiento, es necesario calcular una serie de parámetros, los cuales están al margen de normas ya establecidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones, por este motivo, se debe incentivar a los estudiantes de ingeniería civil de los primeros ciclos de la Universidad César Vallejo filial Tarapoto, a leer y familiarizarse con todas las Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones.



## REFERENCIAS

BELTRÁN, Diana y et al. *Calidad de agua de la bahía interior de Puno, Lago Titicaca durante el verano del 2011*. (Artículo científico). Revista peruana de biología. 2011: 22 (3). ISSN-L: 1561-0837.

Disponible en:

<http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/11440>

CASIERRA, Henry y et al. *Desinfección de agua residual doméstica mediante un sistema de tratamiento acoplado con fines de reúso*. (Artículo científico). Tecnología y ciencias del agua. 2016: 7. (4). ISSN: 0187-8336.

Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/313994931\\_Desinfeccion\\_de\\_agua\\_residual\\_domestica\\_mediante\\_un\\_sistema\\_de\\_tratamiento\\_acoplado\\_con\\_fines\\_de\\_reuso](https://www.researchgate.net/publication/313994931_Desinfeccion_de_agua_residual_domestica_mediante_un_sistema_de_tratamiento_acoplado_con_fines_de_reuso)

CÉSAR, Enrique. VÁSQUEZ Alba. *Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales*. (Libro). Fundación ICA, Colonia Nápoles, México, 2003. ISBN: 968-7508 05-4.

Disponible en:

<https://civilgeeks.com/2016/08/01/ingenieria-los-sistemas-tratamiento-disposicion-aguas-residuales/>

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. *Diseño de lagunas de estabilización*. (Manual). Gerencia de Cuencas Transfronterizas de la Comisión Nacional del Agua, México D.F., México, 2007. ISBN: 978-968-817-880-5.

Disponible en:

<https://docplayer.es/3572695-Comision-nacional-del-agua.html>

CONSTANTINO, Lucho y et al. *Diseño de fosas sépticas rectangulares mediante el uso de la herramienta Fosep*. (Artículo científico). Revista Mexicana de Ingeniería Química. 2015: 14 (3). ISSN: 757-765.

Disponible en:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S166527382015000300018&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S166527382015000300018&lng=es&nrm=iso)

DIRECCIÓN DE OPERACIÓN DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (DOP). *Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales con el proceso de lodos activados – Tomo II*. (Manual). Comisión Estatal del agua de Jalisco, Jalisco, México, 2013.

Disponible en:

<https://www.aguasresiduales.info/revista/libros/operacion-y-mantenimiento-de-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-con-el-proceso-de-lodos-activados-tomo-ii>

GONZALES, Ronny. *Implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales por el método de lagunas de estabilización en el distrito de Echarati La Convención-Cuzco 2016*. (Tesis de doctorado). Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú, 2018.

Disponible en:

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCSM\\_d44fbbcec24731b40a7c9dc13cf6aba7](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCSM_d44fbbcec24731b40a7c9dc13cf6aba7)

HERNÁNDEZ, Roberto. *Metodología de la investigación*. (Libro). McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. México D.F., México, 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0.

Disponible en:

<https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

LABECO – Análisis Ambientales S.R.L. *Informe de ensayo N° 2409-14*. (Resultados de laboratorio). Lima, Perú, 2014.

LARIOS, Fernando. GONZALES, Carlos. MORALES, Yennyfer. *Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú*. (Artículo científico). Saber y hacer. 2015: 2. (2). ISSN: 2311-7613.

Disponible en:

<https://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>

LLAGAS, Wilmer. GUADALUPE, Enrique. *Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM*. (Artículo científico). Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG. 2006: 15. (17). ISSN: 1628-8097.

Disponible en:

<http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/699/552>

MÁRQUEZ, Karla. *Lagunas de estabilización*. (Manual). México.

Disponible en:

<https://es.slideshare.net/karliiYiss/lagunas-de-estabilizacin>

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. *Norma OS. 090 Plantas de tratamiento de aguas residuales.* (Normas legales). El peruano, Lima, Perú, 2006.

Disponible en:

<http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20II%20Habilitaciones%20Urbanas/25%20OS.090%20PLANTAS%20DE%20TRATAMIENTO%20DE%20AGUAS%20RESIDUALES%20DS%20N%C2%B0%20022-2009.pdf>

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. *Reglamento Nacional de Edificaciones.* (Normas legales). El peruano, Lima, Perú, 2006.

Disponible en:

<http://www.urbanistasperu.org/rne/pdf/Reglamento%20Nacional%20de%20Edificaciones.pdf>

MORALES, Dante y et al. *Niveles de boro no permisibles en reservorio de agua potable, cuenca hidrográfica Locumba, Región Tacna – Perú.* (Artículo científico). Campus. 2017: 22. (24). ISSN: 1812-6049.

Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/324051275\\_Niveles\\_de\\_boro\\_no\\_permisibles\\_en\\_reservorio\\_de\\_agua\\_potable\\_cuenca\\_hidrografica\\_Locumba\\_region\\_Tacna\\_Peru](https://www.researchgate.net/publication/324051275_Niveles_de_boro_no_permisibles_en_reservorio_de_agua_potable_cuenca_hidrografica_Locumba_region_Tacna_Peru)

MUÑOZ, Rodrigo. *Uso de humedales para el tratamiento de aguas residuales municipales en el entorno de la Laguna de Tamiahua, Veracruz.* (Tesis de Pregrado). Universidad de las Américas Puebla, Puebla, México, 2009.

Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/47785249\\_Uso\\_de\\_humedales\\_para\\_el\\_tratamiento\\_de\\_aguas\\_residuales\\_municipales\\_en\\_el\\_entorno\\_de\\_la\\_Laguna\\_de\\_Tamiahua\\_Veracruz](https://www.researchgate.net/publication/47785249_Uso_de_humedales_para_el_tratamiento_de_aguas_residuales_municipales_en_el_entorno_de_la_Laguna_de_Tamiahua_Veracruz)

PÁGINA WEB DEL INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (INEI).

Disponible en:

<http://proyectos.inei.gob.pe/web/poblacion/>

SECRETARIADO ALIANZA POR EL AGUA / ECOLOGÍA Y DESARROLLO.

*Manual de depuración de aguas residuales urbanas.* (Manual).

ARPIrelieve, Madrid, España, 2008. DEPÓSITO LEGAL: Z-2802/08.

Disponible en:

<http://idiaqua.eu/web/wp-content/uploads/2018/07/monografico3.pdf>

TUDELA, Juan. *Estimación de beneficios económicos por el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Puno (Perú).* (Artículo científico). Desarrollo y sociedad. 2017: 79. (6). ISSN: 1900-7760.

Disponible en:

<http://www.scielo.org.co/pdf/dys/n79/n79a06.pdf>

# **ANEXOS**

**Anexo N° 01:** Matriz de operacionalización de la variable Sistema de Tratamiento Primario.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Sistema de tratamiento primario	“Los tratamientos primarios son aquellos que eliminan los sólidos en suspensión presentes en el agua residual”. (CYCLUS ID, 2019, p. 1).	Se denomina sistema de tratamiento primario a aquellos sistemas que sirven para el tratamiento de aguas residuales, que, por su poca complejidad, brinda resultados favorables de entre el 30 – 50 % de eficiencia.	Área de influencia	Área	Razón
			Población de diseño	Perímetro	
			Caudal de diseño	Población actual	
			Contaminación bacteriológica	Población futura	
				Población de diseño	
				Dotación	
	Coliformes totales				
	Coliformes fecales				

**Fuente:** Creación propia

**Anexo N° 02: Matriz de operacionalización de la variable Lagunas de Estabilización.**

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Lagunas de estabilización	Son estanques conformados perimetralmente por diques de tierra, con profundidades menores a 5 m. Y períodos de permanencia hidráulica de 1 – 40 días, divididos en compartimientos que tienen distintas finalidades. (INGENIERO AMBIENTAL, 2019, p. 1).	Las lagunas de estabilización son pozas que forman parte de un sistema de tratamiento de aguas residuales y cumplen la función de sedimentar las aguas residuales.	Contaminación orgánica	DBO5	Razón
				DQO	
				Ph	
			Características físico-químicas	Conductividad eléctrica	
				Sólidos suspendidos	
			Cantidad de lodos	Sólidos totales	
				Área	
Medidas de las lagunas	Profundidad				

**Fuente:** Creación propia