

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO DE
PIMENTEL PARA SU APROVECHAMIENTO EN EL RIEGO DE
ÁREAS VERDES**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

MARIANA MERCEDES VILLAVICENCIO FUENTES

ASESOR

DANNY ADOLFO BUSTAMANTE SIGUEÑAS

<https://orcid.org/0000-0001-9166-8169>

Chiclayo, 2021

**TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO
DE PIMENTEL PARA SU APROVECHAMIENTO EN EL
RIEGO DE ÁREAS VERDES**

PRESENTADA POR:

MARIANA MERCEDES VILLAVICENCIO FUENTES

A la Facultad de Ingeniería de la

Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

para optar el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:

Oscar Kelly Vásquez Gervasi

PRESIDENTE

Lucio Antonio Llontop Mendoza

SECRETARIO

Danny Adolfo Bustamante Sigueñas

VOCAL

Dedicatoria

A mi abuelo Eustaquio, por todo el amor y el apoyo que me dio en vida, los valores inculcados, por la motivación para aprender y ser profesionales para afrontar la vida, y por continuar guiándome y protegiéndome desde donde está.

A mi mamá Karin, por brindarme siempre su amor, cuidados y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones, por confiar en mí y ser la principal promotora de mis sueños, y sobre todo por el esfuerzo que realiza día a día para sacarnos adelante siempre a pesar de las adversidades de la vida.

Agradecimiento

A dios por la salud que me brinda para continuar con mí día a día.

A mi madre Karin por su amor, tiempo, cuidados y dedicación hacia mí.

A mis hermanos Luis y Mariano por su cariño y apoyo en cada una de mis metas.

A mi novio Javier por el amor y el ánimo que me brinda siempre para cumplir mis sueños.

A mi tío Miguel y mi abuela Laura, por el cariño y la preocupación en mi vida académica.

A todos los amigos y familiares que de alguna manera estuvieron conmigo y me apoyaron.

Índice

Resumen	5
Abstract	6
Introducción	7
Revisión de literatura	8
Materiales y métodos.....	11
Resultados	13
Discusión.....	25
Conclusiones.....	26
Recomendaciones.....	26
Referencias	27
Anexos.....	30

Resumen

Hoy en día las aguas residuales no son aprovechadas como un recurso reutilizable, sino como un elemento contaminante para el medio ambiente. El presente estudio tiene como objetivo proponer un sistema de tratamiento de aguas residuales para ser aprovechadas en el riego de áreas verdes del distrito de Pimentel. Actualmente el 81,25% de las áreas verdes del distrito es regado con 7 799,96 m³ de agua potable, se realizó un proyección de la demanda determinando que la demanda de agua tratada para el proyecto es de 1 021 533,22 m³ para el 2030. Posteriormente se seleccionó el tratamiento por lodos activados, a través del método de factores ponderados. Se diseñó una planta de tratamiento de aguas residuales por lodos activados con una capacidad para producir 2 806,41m³/día de agua tratada con 3,13 mg/L de DBO₅T (remoción del 97%) teniendo así un agua apta para ser aprovechada en el riego de áreas verdes que cumple con la normativa establecida. También se realizó una evaluación económica social en donde se obtuvo un VANS de S/ 3 351 042 y la TIRS de 22%, indicando que el proyecto de inversión pública es rentable socialmente ya que el VANS es mayor que 0 y la TIRS es mayor que la TSD, finalmente se realizó un análisis de sostenibilidad en el cual se determinó que el proyecto de inversión pública es sostenible en cuanto a organización y gestión, riesgos naturales, demanda, y disponibilidad de recursos financieros.

Palabras claves: tratamiento, aguas residuales, aprovechamiento, áreas verdes, lodos activados, sostenibilidad.

Abstract

Today wastewater is not used as a reusable resource, but rather as a pollutant for the environment. The present study aims to propose a wastewater treatment system to be used in the irrigation of green areas in the Pimentel district. Currently 81.25% of the district's green areas are irrigated with 7,799.96 m³ of drinking water, a demand projection was made determining that the demand for treated water for the project is 1 021 533,22 m³ for in 2030. Subsequently, the activated sludge treatment was selected, through the weighted factor method. A wastewater treatment plant for activated sludge was designed with a capacity to produce 2 806,41m³ / day of treated water with 3,13 mg / L of BOD5T (removal of 97%), thus having water suitable for use in the irrigation of green areas that complies with the established regulations. A social economic evaluation was also carried out where a net present VANS of S/ 3 351 042 and the TIRS of 22% was obtained, indicating that the public investment project is profitable socially since the VANS is greater than 0 and the TIRS is greater than the TSD, finally a sustainability analysis was carried out in which it was determined that the public investment project is sustainable in terms of organization and management, natural risks, demand, and availability of financial resources.

Keywords: treatment, wastewater, exploitation, green areas, activated sludge, sustainability

Introducción

Hoy en día conforme va en aumento el uso de agua también se incrementa el total de efluentes producidos y la contaminación alrededor del planeta. En los países del mundo entero, con excepción de los que son desarrollados, gran parte de los efluentes residuales son vertidos al medio ambiente en sus cuerpos receptores sin recibir ningún tipo de tratamiento, con efectos perjudiciales para la salud, la productividad económica, el hábitat en general y la afectación de la calidad del agua a nivel global [1].

En el Perú cada habitante produce alrededor de 142 litros de aguas residuales por día, siendo aproximadamente $2\,217\,946\text{ m}^3$ que posteriormente son evacuadas a la red de alcantarillado. Solo el 32% de estas aguas cuentan con un tratamiento que es realizado por instituciones prestadoras de servicio de saneamiento. Según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) [2] dentro de 15 años el país producirá el doble o más de efluentes contaminados. En la actualidad el 69,65% del total de los habitantes del país cuentan con servicio de alcantarillado, mientras tanto la diferencia continúa vertiendo directamente las aguas residuales a los cuerpos receptores.

El departamento de Lambayeque tiene una capacidad de tratamiento de aguas residuales mayor a la producción actual, el 90% del total de estas aguas con tratamientos son utilizadas en el riego de cultivos y áreas verdes. Existen 21 localidades que cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), en las cuales los colectores que llevan las aguas crudas a las PTAR cruzan zonas agrícolas, y por las limitaciones de agua en las fuentes tradicionales estos colectores son manipulados para trasladar una parte del agua cruda hacia esos predios vecinos, derivando hasta 330 l/s de agua contaminada [3].

El distrito de Pimentel se abastece de agua de la planta potabilizadora de Chiclayo, el sistema de alcantarillado cuenta con 5 paradas de bombeo de aguas residuales, conduciéndolas hasta una PTAR que consta de 3 lagunas, dos primarias anaeróbicas y una secundaria facultativa, que carecen de mantenimiento con un caudal de tratamiento de 25 l/s [4]. Estas aguas pasan por un filtro de rejillas antes de ingresar a las lagunas primarias en donde se realiza la estabilización de la materia orgánica, dándose los procesos de fermentación y sedimentación de los sólidos al fondo de la laguna. Posteriormente por reboce pasan a la laguna secundaria facultativa, en donde el agua residual es tratada mediante la oxigenación. Finalizado el tratamiento secundario son dirigidas mediante un canal de descarga hacia el dren 3 100, para luego ser depositadas en el mar.

La municipalidad del distrito es la encargada de regar parques, jardines y áreas verdes, un porcentaje de los parques que se riegan con agua potable cuentan con medidor propio de la Empresa Prestadora de Servicios de saneamiento de Lambayeque (EPSEL), y las demás áreas verdes son regadas utilizando cisternas. Al mismo tiempo el distrito cuenta con proyectos para mejorar el ornato de parques, jardines y demás que no han podido ser ejecutados por la falta de agua para mantenerlos. En el distrito la cobertura de agua potable es del 76% [4], existiendo zonas en donde no se cuenta con este recurso para el consumo diario de la población.

Teniendo este problema que las aguas residuales no se aprovechan, y que el riego de áreas verdes se realiza con agua potable, pudiendo ser esta utilizada para el consumo humano, surge la pregunta de investigación: ¿De qué manera se pueden tratar las aguas residuales del distrito de Pimentel para ser aprovechadas en el riego de áreas verdes de la ciudad?

El alcance del presente estudio es realizar el diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales del distrito de Pimentel, que incluye desde como abastecer al sistema hasta el almacenamiento final, donde se podrá disponer de ella para ser utilizada en el riego de parques, jardines y áreas verdes. Este sistema de tratamiento de aguas residuales domesticas podrá ser aplicado a cualquier distrito que cuente con similares características.

Es por ello que se plantea como objetivo general proponer un sistema de tratamiento de aguas residuales para su aprovechamiento en el riego de áreas verdes en el distrito de Pimentel, y como objetivos específicos diagnosticar el sistema actual de tratamiento de aguas residuales, determinar el mejor tratamiento de aguas residuales para su uso en el riego de áreas verdes, diseñar un sistema de tratamiento para las aguas residuales del distrito, y finalmente realizar una evaluación económica financiera de la instalación del sistema en el distrito de Pimentel.

Por lo tanto esta investigación tiene como finalidad contribuir a la mejora de la calidad de vida de la población del distrito de Pimentel mediante el aprovechamiento de los efluentes residuales en el riego de parques, jardines y áreas verdes del distrito y así evitar el consumo de agua potable en estas actividades pudiendo ser aprovechada para el consumo humano, a su vez le va a permitir a la Municipalidad hacer realidad proyectos para mejorar el ornato en parques, jardines y demás, que no son sostenibles por la falta del recurso agua. Por ultimo al reutilizar el agua residual de las lagunas, estas ya no serán depositadas al mar, disminuyendo la contribución a la contaminación del mismo como cuerpo receptor.

Revisión de literatura

Tratamiento de aguas residuales

Según el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) [5] los sistemas de tratamiento de aguas residuales se realizan mediante operaciones y procesos físicos, químicos y biológicos, que se ejecutan con el propósito de purificar las aguas residuales hasta un cierto parámetro que permita alcanzar la calidad requerida para ser reutilizada o para su disposición final. Por otro lado para Trapote [6] el objetivo primordial del tratamiento de aguas residuales es producir un efluente que pueda ser descargado sin causar daños al medio ambiente.

Los tipos de tratamientos de aguas residuales en función del grado de depuración, son los pretratamientos, los tratamientos físicos, bilógicos y avanzados [6].

El pretratamiento o tratamiento preliminar tiene como fin separar del agua residual de las materias gruesas. Dado que la naturaleza de ellas son propensas a causar problemas de operación en los sistemas y en el mantenimiento de instalaciones y unidades de depuración posteriores. La operación incluye el pre tratamiento (desbaste, desarenado y desengrasado). En algunos casos se puede incluir precantación. [7]

El tratamiento primario o físico sirve para separar del agua residual una fracción de los sólidos en suspensión floculantes, sedimentables por la gravedad, y los elementos solubles que son coloidales, producidos por actividades industriales. Este tratamiento es de baja efectividad en la depuración de la materia orgánica, aunque reduce parte de la DBO suspendida [6]. Aquí están las operaciones de sedimentación, coagulación y floculación, tanques de Imhoff, y la gestión primaria de lodos. [7]

El Tratamiento secundario o biológico tiene como objetivo eliminar una gran fracción de la materia orgánica coloidal presentes en los efluentes residuales. Es un proceso tipo biológico,

entre los que cabe distinguir: Fangos activados, lagunas aireadas, lechos bacterianos o filtros percoladores, biodiscos, estanques de estabilización, filtros verdes [6].

El tratamiento terciario o avanzado se basa en los procesos realizados después del tratamiento secundario, para aumentar la remoción de DBO y SS con el objetivo que las aguas residuales tratadas cumplan con las normas establecidas de acuerdo al posterior uso de los efluentes o el receptor en el que se dispongan. Los procesos más utilizados son: filtración, nitrificación, desnitrificación, absorción sobre carbón activado, intercambio iónico, osmosis inversa, desinfección [6].

Aguas residuales urbanas

Según Trapote [6] las aguas residuales son todas aquellas que son recogidas en los sistemas de recolecciones urbanas, estas proceden de los vertidos de las actividades que realiza el ser humano.

Según García y Betancort [8] las aguas residuales urbanas se caracterizan por su composición física, química y biológica. Las características físicas están determinadas por el color que evidencian cualitativamente el tiempo que tienen estas por la tonalidad de los efluentes residuales urbanos; el olor que determina la disgregación anaerobia de la materia orgánica como puede ser el ácido sulfhídrico, mercaptanos y otras sustancias volátiles; la temperatura que permite que los organismos existentes se desarrollen sin ninguna dificultad siendo de 15°C a 20°; los sólidos están presentes en el efluente residual urbano y son aquellos compuestos que no son agua; y la turbidez que se emplea para indicar la calidad de las aguas residuales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. Las características químicas se subdividen en componente orgánicos, componentes inorgánicos y componentes gaseosos. Los componentes orgánicos son componentes sintéticos ya que en su gran mayoría provienen de origen animal y vegetal. En este tipo de agua se encuentran componentes como las proteínas, los hidratos de carbono, lípidos, entre otros. Todos estos son biodegradables y pueden ser eliminados de manera sencilla mediante la oxidación. En los componentes inorgánicos se encuentran los componentes de origen mineral y compuestos carbonatos y sulfatos, así como las arcillas, lodos, gravas y arenas, expuestos a sufrir transformaciones como oxidación, reducción entre otros. Los componentes gaseosos con mayor frecuencia son el oxígeno disuelto, el ácido sulfhídrico, el anhídrido carbónico, el metano entre otros gases en su mayoría derivados del nitrógeno, produciendo olores malolientes, aquí se encuentran los ácidos grasos volátiles. [8]

Según A. Orozco [9] define que los parámetros de la calidad del agua más importantes son: la materia orgánica, el oxígeno disuelto, el pH, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO) y los sólidos.

La materia orgánica es la parte más importante de la contaminación ya que agota el oxígeno disuelto en las masas de agua, ríos, lagos, etc. En las aguas residuales típicas el 70% de los sólidos suspendidos son materia orgánica, y están compuestas principalmente de carbono, hidrogeno y oxígeno [9].

El oxígeno disuelto es primordial para obtener energía y mantener los procesos metabólicos además de realizar su reproducción. Es esencial para demostrar la contaminación de una masa de agua. [10]

El pH es la medida de la conglomeración de los iones de hidrógeno. Mide relativamente la acidez o alcalinidad del agua, la acidez natural es producida básicamente por CO₂ y sucede cuando el pH esta entre los valores de 8,5 y 4,5. Además la alcalinidad natural proviene de carbonatos y bicarbonatos que pueden elevar el pH hasta valores de 8,3 [9].

La demanda bioquímica de oxígeno es el total de oxígeno que se necesita para descomponer materia orgánica presente en el efluente residual a través de la acción de bacterias que se encuentran en condiciones aeróbicas. Por otro lado es causada por la respiración de las bacterias que se encuentran en el efluente y terminan al agotarse en su mayoría la materia orgánica. [10]

La demanda química de oxígeno cuantifica la capacidad de consumo de un oxidante químico por el total de la cantidad de materias oxidables que pueden ser orgánicas e inorgánicas. En la DQO se hace uso de un intenso agente oxidante que se encuentra en medio ácido y siendo el más utilizado el dicromato de potasio. [10]

Los sólidos son los elementos que forman parte del agua residual que no son agua ni gases. Se clasifican en sólidos en suspensión y disueltos. En estos sólidos se pueden diferenciar los sólidos volátiles y los sólidos no volátiles u orgánicos. Los sólidos en suspensión son sedimentables, pueden ser retenidos por filtración, estos se encuentran en suspensión en el agua debido a que su densidad es menor o igual que la del agua. Además los sólidos suspendidos volátiles representan la materia orgánica en el agua residual en forma de partículas. Los sólidos disueltos se encuentran en el agua como sales, metales pesados y algunos compuestos orgánicos que se diluyen en el agua. Se debe tener en cuenta que la medida de STD es un indicador sobre la cantidad de sustancias diluidas en el agua, y brindan una indicación general de la calidad del efluente. [10]

Aprovechamiento en el riego de áreas verdes

El agua tratada es una fuente ideal para sustituir recursos de primera utilización en usos que no requirieren un grado de calidad tan alto, en el caso del riego de áreas verdes puede satisfacerse con efluentes con calidades inferiores a las del agua potable.

Los procesos de reutilización de aguas residuales, exige parámetros para mantener la salud pública, ante la presencia de agentes infecciosos en el agua. Romero [10] expresa que el tratamiento para la reutilización de aguas residuales, tiene como objetivo, disminuir los patógenos y microorganismos de origen viral, bacteriano, protozoario presentes en el medio como medida de seguridad.

El Límite Máximo Permisible es la medida de concentración de sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que determinan el estado del agua residual, que al ser excedida puede causar efectos nocivos a la salud de las personas y al medio ambiente, siendo su cumplimiento de carácter obligatorio según el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM [11].

La Organización Mundial de la Salud (OMS) [12] se enfoca en el riesgo que ocasionan las aguas residuales para la salud pública según cada condición de aprovechamiento. En 1989 la OMS realizó la publicación de las directrices sanitarias recomendadas sobre la calidad y aptitud microbiológica del agua para el reúso en riego de áreas verdes.

Según la guía de la agencia de protección ambiental de los EEUU [13] en el 2012, establece las normas EPA para el riego en parques, zonas verdes y otros usos, las cuales se toman de

referencia para determinar la aptitud físico-química requerida para el agua que se utilizara en el riego de áreas verdes.

Cáceres, en su investigación “Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para su reutilización en el riego de áreas verdes” realizó un prototipo de tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados para la Universidad Nacional de Chimborazo con la finalidad de ser reutilizada en el riego de áreas verdes. Como resultados se obtuvieron la reducción en 93,75% de DBO, 85,02% de DQO, 87,51% de coliformes, 93,8% de color y 90,29% de turbiedad, estos resultados permitieron utilizar el agua tratada en el riego de áreas verdes de la universidad [14].

Ilich, en su estudio “Planta de tratamiento de aguas residuales para reúso en riego de parques y jardines en el distrito de Víctor Larco Herrera, provincia Trujillo, La Libertad” tuvo como objetivo proponer una planta de tratamiento de agua residual para ser utilizada en el riego de parques y jardines. Realiza una selección del proceso, obteniendo dos alternativas: por lodos activados y por lagunas facultativas. Desarrolla el diseño y el análisis financiero de las dos propuestas, obteniendo como resultado que el mejor tratamiento por los parámetros estudiados y por la viabilidad económica es el tratamiento de aguas residuales por lodos activados [15].

Tazimi et al, en su investigación “Examining the efficiency and determining the quality of the effluent of Wastewater Treatment Plant of Kashan University of Medical Sciences to achieve Engelberg guidelines” realizan la verificación de la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales de la universidad de Kashan en Engelberg mediante lodos activados, obteniendo resultados en la remoción de coliformes totales, coliformes fecales y huevos de nematodos es del 99,98%, 99,98% y 97,25% respectivamente, además cumplen con las directrices de Engelberg y son reutilizables en la agricultura [16].

Alfaro y Fernández, en su investigación “Tratamiento de aguas residuales del Campus N° II de la Universidad Nacional del Santa para uso del riego en áreas verdes” diseñan un sistema de tratamiento de aguas residuales, mediante lodos activados por aireación extendida de 1,98 l/s, con el cual obtienen resultados de reducción del 95% de sólidos suspendidos, además de ser apta para el riego de áreas verdes. También se tiene como resultado que la construcción de la planta en corto plazo se ahorra un monto de S/ 47 697,59 [17].

Materiales y métodos

Para diagnosticar el sistema actual de tratamientos de aguas residuales del distrito de Pimentel, se realizó una visita de campo utilizando técnica de la observación, se inspeccionó como se encontraban las lagunas, obteniendo información del proceso actual en cuanto al funcionamiento y el estado del sistema. Posteriormente se realizó una entrevista con personal de EPSEL en la cual se obtuvo información sobre el análisis físico químico que se le realiza al efluente, también se realizó una entrevista con personal de la municipalidad distrital de Pimentel recopilando información acerca de cómo se riegan las áreas verdes de la ciudad, el área total de parques y jardines, además de la demanda de agua. Adicionalmente se realizó una revisión bibliográfica de fuentes primarias como documentos oficiales de EPSEL, informes técnicos e investigaciones de instituciones públicas, y de fuentes secundarias como artículos, tesis e investigaciones científicas. Se realizó la proyección de la población por el método lineal y de las áreas verdes del distrito, para obtener la cantidad de agua que se requiere para el riego de áreas verdes, se analizó la oferta y de obtuvo así la demanda insatisfecha.

El mejor tratamiento se determinó tomando los criterios de selección mencionados en la Guía técnica de sistemas municipales de tratamiento de aguas residuales con fines de reúso en riego de áreas verdes de Lima Metropolitana [13]; los cuales fueron el nivel de servicio en cuanto a la cantidad y calidad de las aguas requeridas, el terreno, la calidad del agua residual, la altitud y temperatura del lugar, el paisaje y la eficiencia de los procesos de tratamientos, con este último criterio se seleccionaron alternativas de procesos que se acercan al porcentaje de remoción requerido con los cuales se hizo una comparación de acuerdo al método de matriz de factores ponderados. Se establecieron los factores a analizar: eficiencia de remoción, área requerida, costos de inversión, implementación, factibilidad operativa, factibilidad técnica, y mantenimiento [18]. Para esto, se enfrentaron los factores en una matriz, se asignó el valor de 2 al factor más importante, de 1 al de igual importancia y de 0 si es de menor importancia. En la elección del tratamiento las alternativas evaluadas se clasificaron del 1 al 4 para cada uno de los 7 parámetros, considerando el valor de 4 a la alternativa que se considera como mejor opción, la de menor costo, la más factible, y de implementación y mantenimiento más simple; y el valor de 1 se asigna a la alternativa de mayor costo, la menos factible, y de implementación y mantenimiento más complejo.

Para el diseño del sistema de aguas residuales del distrito de Pimentel, se realizó un análisis micro para la localización analizando los factores de: cercanía a la materia prima, vías de acceso, disponibilidad de servicios básicos, cercanía al punto de distribución. El diseño de las estructuras del sistema se desarrolló bajo los parámetros de la Norma OS.090 [19] y Norma OS.070, también para la realización de los cálculos para los diferentes parámetros y dimensiones de los componentes del sistema se desarrollaron utilizando como guía el libro de Romero [10]. Posteriormente para la distribución de la planta se hizo uso del método Guerchet [20] con el cual se calcularon las áreas en función a los elementos que se van a construir, así como también de las Normas del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Norma A.010 y la Norma A0.60. Además para el desarrollo de los cálculos matemáticos se utilizó el programa Excel, y en cuanto al diseño del sistema se utilizó el programa AutoCAD.

La evaluación económica financiera, se ejecutó obteniendo: los costos de inversión en cuanto a la construcción del sistema mediante la resolución ministerial N°351-2019 [21]; los costos de los egresos en función a la mano de obra, insumos químicos, herramientas entre otros; y finalmente los costos de los ingresos que fueron calculados en base al consumo de agua potable por parte de la municipalidad para regar las áreas verdes. Debido a que es un proyecto de inversión pública se realiza una evaluación social que consiste en determinar el efecto que el proyecto tendrá sobre el bienestar de la sociedad, para esto se utiliza la metodología beneficio costo, para determinar la rentabilidad social de un proyecto de inversión pública, primero se estiman los beneficios sociales incrementales, se estiman los costos sociales incrementales, se elabora los flujos de beneficios y costos sociales y se calculan los indicadores de rentabilidad social, el Valor actual neto de beneficios sociales (VANS) y la Tasa Interna de Retorno Social (TIRS) [22]. Posteriormente se realizó un análisis de sostenibilidad para poder declarar la viabilidad del proyecto de inversión pública, según el Ministerio de Economía y Finanzas [22] se evalúan los factores de organización y gestión, riesgo de desastres naturales, demanda, y disponibilidad de recursos financieros.

Resultados

Diagnosticar el sistema de tratamiento de aguas residuales actual, por lagunas de oxidación, del distrito de Pimentel.

El distrito de Pimentel perteneciente a la provincia de Chiclayo, está ubicado al sur oeste de la provincia, entre los distritos de Santa Rosa y San José, con una altitud de 4 m.s.n.m. según el INEI [23] en el 2017 el distrito cuenta con 44 602 habitantes (CENSO 2017) y una superficie de 6500 km².

Pimentel era un puerto marítimo cuya actividad principal era la pesca, hoy en día es un destino turístico y que cuenta con la pesca en caballitos de totora. No existen sistemas de riego ya que no es una zona en donde se practique la agricultura por la alta presencia de sales en los suelos. En zonas alejadas, cercana a los drenes y a las lagunas se desarrollan actividades agrícolas en donde utilizan las aguas servidas para regar los cultivos.

El Distrito de Pimentel tiene influencia del Dren Principal 3 000, que pasa al Norte de la ciudad y que desemboca al Océano Pacífico.

El sistema actual de tratamiento de aguas residuales del distrito de Pimentel es por sistema de lagunaje, cuenta con dos lagunas primarias anaeróbicas (104,8 m x 118,2 m c/u) y una secundaria facultativa (95,7 m x 146,7 m) [24] con una antigüedad de 19 años ubicada en el sector Bahía de Pimentel, cuenta con un caudal de tratamiento de 25 l/s. Actualmente están bajo la administración de EPSEL quien no realiza el mantenimiento de las lagunas.

Las aguas del distrito de Pimentel son recolectadas por medio del uso de las redes de alcantarillado y llevadas por gravedad hasta el canal principal de entrada a la planta de tratamiento. Estas aguas pasan por un filtro de rejillas antes de ingresar a las lagunas primarias en donde se realiza la estabilización de la materia orgánica, dándose los procesos de fermentación, generando gases para el exterior, y sedimentación de los sólidos al fondo de la laguna. Posteriormente por reboce pasan a la laguna secundaria facultativa, en donde el agua es tratada mediante la oxigenación proveniente de algas que se desarrollan en este tipo de efluentes residuales. Finalizado el tratamiento secundario son dirigidas mediante un canal de descarga hacia el dren 3 000, para luego ser depositadas en el mar.

Tabla 1. Composición de las aguas residuales al ingreso y salida de la PTAR noviembre 2019

Parámetro	Desagüe crudo	Efluente	Eficiencia de Remoción
pH	7,40	7,74	-
T°C	21,30	22,00	-
DBO ₅ T mg/L	235,00	99,00	58%
S.S.T ml/L/hr	0,52	0,00	100%
Col.Total NMP/100ml	2,40E+07	3,50E+06	85%
Col.Termot NMP/100ml	2,40E+07	3,50E+06	85%

Fuente: EPSEL 2019

El distrito de Pimentel, según el plano catastral del distrito, información brindada en la Municipalidad Distrital de Pimentel, cuenta de 85 parques, y con un total de 128 394,484 m² de áreas verdes entre parques y jardines. Un porcentaje del total de estas áreas verdes se riegan

con agua de canal en 14 días por medio de 2 cisternas, 6 veces por día cada una, que tienen una capacidad de 10 000 litros.

La demanda de agua por cada especie a regar se determinó para las diferentes especies ornamentales que conforman los parques y jardines (césped, flores, arbustos y árboles) según Linares [25] en su investigación determinó la demanda de agua anual para una determinada superficie cultivada.

Tabla 2. Demanda anual de agua para plantas de parques y jardines

Plantas	Demanda anual de agua	Superficie cultivada
Césped	2,49 m ³	1,00 m ²
Flores	1,94 m ³	1,00 m ²
Arbustos	26,01 m ³	17,61 m ²
Árboles	42,76 m ³	29,43 m ²

Fuente: Adaptado de Linares Tejada 2014

De igual manera según la Municipalidad Distrital de Pimentel en los parques y sardineles, del total del área verde se tiene un porcentaje que representa la cantidad de área sembrada de césped, flores, arbustos y árboles.

Tabla 3. Porcentaje de especies ornamentales que conforman los parques y sardineles

Plantas	Parques	Sardineles
Césped	38%	30%
Flores	22%	25%
Arbustos	20%	25%
Árboles	20%	20%

Fuente: Municipalidad Distrital de Pimentel 2020

De la tabla 3 se calculó el área verde en metros cuadrados por cada especie ornamental, posteriormente por cada parque y jardín y con los datos de la tabla 2 se calculó la demanda de agua para dos semanas por cada especie, obteniendo así el consumo de agua por parques y jardines de cada sector.

Al realizar los cálculos se obtuvo que para regar 128 394,484 m² de áreas verdes en 14 días se requieren 9 599, 962 m³ de agua. Por lo tanto la municipalidad utiliza 1 800 m³ para regar una sección, esto representa el 18,75% del total del agua que se necesita, mientras que el 81,25% (7 799,96 m³) del agua que se utiliza para regar las áreas verdes del distrito es agua potable.

Según la OMS [26] el índice de áreas verdes por habitantes debe de ser 12 m²/hab, el distrito de Pimentel cuenta con un índice de 2,48 m²/hab.

La demanda de agua tratada del proyecto se determinó en función a las áreas verdes del distrito, esta se realizó con la proyección de la población [4] del 2021 al 2030 y el incremento del índice de áreas verdes por habitante, se estimó que para el 2030 este índice sea más de la mitad del parámetro establecido.

Al desarrollar la proyección se obtuvo como resultado que para el año 2030 se tendrá una población de 82 057 habitantes con 529 245,61 m² de áreas verdes, obteniendo un índice de áreas verdes por habitante de 6,45 m²/hab, con una demanda de agua de 1 021 533,22 m³

La oferta del presente estudio es 0, debido a que no existe un producto que rivalice al del actual proyecto ya que no se realiza ningún tipo de tratamiento a las aguas residuales y son vertidas al mar.

En el balance oferta demanda se tuvo que la demanda insatisfecha es la demanda desarrollada anteriormente. En efecto el presente proyecto se realizó para satisfacer el 100% de la demanda insatisfecha.

Determinar el mejor tratamiento de aguas residuales para su uso en el riego de áreas verdes

En el Perú no existe un ECA que defina la reutilización del agua tratada en el riego de parques y jardines, es por eso que trabaja con los estándares de la OMS [12].

El tipo de rehúso que se le dará al agua es para el riego de áreas verdes con acceso al público, ya que se regara con esta agua parques y jardines de la ciudad.

Las aguas residuales municipales que se someterán al tratamiento, son netamente domésticas ya que no existe la presencia de vertimientos de aguas industriales, en la tabla 4 se presenta la calidad del afluente.

Tabla 4. Calidad del afluente

Parámetro	Afluente
pH	7,74
T°C	22,00
DBO ₅ T mg/L	99,00
S.S.T ml/L/hr	0,00
Col.Total NMP/100ml	3,50E+06
Col.Termot NMP/100ml	3,50E+06

Fuente: EPSEL 2019

En la tabla 5 se tiene el porcentaje de reducción que se desea para poder tratar las aguas residuales y pueden cumplir con los parámetros de la OMS [12] y así ser utilizadas en el riego de áreas verdes.

Tabla 5. Remoción de los parámetros requeridos

Parámetro	Composición actual	Parámetro requerido	Reducción necesaria
DBO ₅ T mg/L	99,00	10,00	Remoción del 89,9%
Col.Termot NMP/100ml	3 500 000,00	0,00	Remoción del 100%
pH	7,74	6,90	Reducción de 0.84 unidades de pH

Fuente: OMS 1989

Según la Norma OS.090 [19] una vez determinado el grado de tratamiento al que se quiere llegar, se procede a la selección de los procesos de tratamiento para las aguas residuales y lodos, se le da especial consideración a la eficiencia de remoción tanto física como microbiológica.

Las alternativas seleccionadas según la eficiencia de remoción que se requiere son, lodos activados, filtros percoladores, lagunas aireadas, zanjas de oxidación. Y los factores [10] que se analizaron son: eficiencia de remoción, área requerida, costos de inversión, implementación, factibilidad operativa, factibilidad técnica, y mantenimiento.

En el enfrentamiento de los factores (Anexo 1) que se han considerado para determinar el mejor tratamiento, se obtuvo que los factores más importantes son la eficiencia de remoción (26%), el área requerida (14%) y la inversión (14%).

Tabla 6. Matriz de factores ponderados para la selección del tratamiento

Factores	%	Lodos activados		Filtros percoladores		Lagunas aireadas		Zanjas de oxidación	
		Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje
Eficiencia de remoción	26%	4	1,05	2	0,52	3	0,79	4	1,05
Área requerida	14%	4	0,57	3	0,43	2	0,29	1	0,14
Costos de inversión	14%	3	0,43	4	0,57	2	0,29	1	0,14
Implementación	10%	2	0,19	1	0,10	4	0,38	3	0,29
Factibilidad operativa	12%	3	0,36	2	0,24	4	0,48	1	0,12
Factibilidad técnica	12%	3	0,36	1	0,12	4	0,48	2	0,24
Mantenimiento	12%	3	0,24	4	0,48	1	0,12	2	0,36
Total	100%	3,19		2,45		2,81		2,33	

En la tabla 6 se obtuvo que el sistema más adecuado para tratar las aguas residuales del distrito de Pimentel es el sistema de lodos activados ya que se puede implementar en áreas pequeñas, no produce olores desagradables y ha demostrado una gran eficiencia de reducción de contaminantes.

Diseñar un sistema de tratamiento para las aguas residuales del distrito de Pimentel.

Debido a que el sistema de tratamiento de aguas residuales es para el distrito de Pimentel, se realizó un análisis de micro localización en donde los factores [27] de mayor importancia para la ubicación son: cercanía a la materia prima, vías de acceso, disponibilidad de servicios básicos, cercanía al punto de distribución. Se contó con 3 opciones la primera en el sector Alto Perú, cerca al mar, la segunda en el local de la antigua ladrillera de Pimentel ubicada a la entrada del distrito, y la tercera opción ubicada en el área de las lagunas de oxidación en el sector Bahía de Pimentel.

La zona seleccionada fue la tercera opción ya que es la única que se encuentra cerca a la fuente de abastecimiento de la materia prima, y al igual que las demás opciones cuenta con los demás factores especificados.



Figura 1. Ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

La materia prima requerida para el sistema es el agua residual que se obtiene de las lagunas de oxidación, se realizó la proyección de la cantidad del agua residual de las lagunas de acuerdo a la proyección de la población del 2021 al 2030 [4], obteniendo así que el sistema requiere de aproximadamente el 6% del total de las aguas residuales de las lagunas de oxidación para poder cumplir con la demanda insatisfecha.

Según el SINIA [5] toda planta de tratamiento debe de tener como mínimo una cámara de rejas o cribas, un desarenador y un sistema de medición de caudal. Por otro lado según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [19] todo proceso de tratamiento por lodos activados debe ser precedido y seguido de sedimentación, y por la calidad del agua requerida para riego de áreas verdes con acceso al público se incluirá un proceso de desinfección para alcanzar los parámetros establecidos.

El diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales estará compuesta por: cámara de rejas o cribas, sistema de medición de caudal, sedimentador primario, tanque de aireación, sedimentador secundario, tanque de desinfección, tanque para almacenar el agua tratada y el lecho de secado de lodos.

El proceso inicia con el ingreso de un porcentaje del agua residual, que sale de las lagunas de oxidación, en el canal principal que cuenta con cámara de rejas, continua su recorrido por el canal de Parshall el cual permite llevar un control del caudal que ingresa al sistema. Posteriormente se realiza el tratamiento primario mediante la sedimentación, aquí se separan los sólidos sedimentados del agua que continúa al siguiente tratamiento.

En el tanque de lodos activados se utiliza un equipo de aireación que permite inyectar oxígeno para activar los microorganismos que se encargan de asumir la materia orgánica del agua. Luego pasa al sedimentador secundario en el cual se separan los sólidos suspendidos (lodos activados), consiguiendo el agua clarificada, este tanque de sedimentación secundaria cuenta con un sistema de retorno de lodos al tanque de aireación para mantener la concentración de microorganismos. El agua clarificada continua al proceso de desinfección en el cual se adiciona cloro para eliminar bacterias que puedan afectar la calidad del agua requerida. Finalmente el agua tratada es depositada en un tanque de almacenamiento para ser utilizada en el riego de las áreas verdes del distrito de Pimentel.

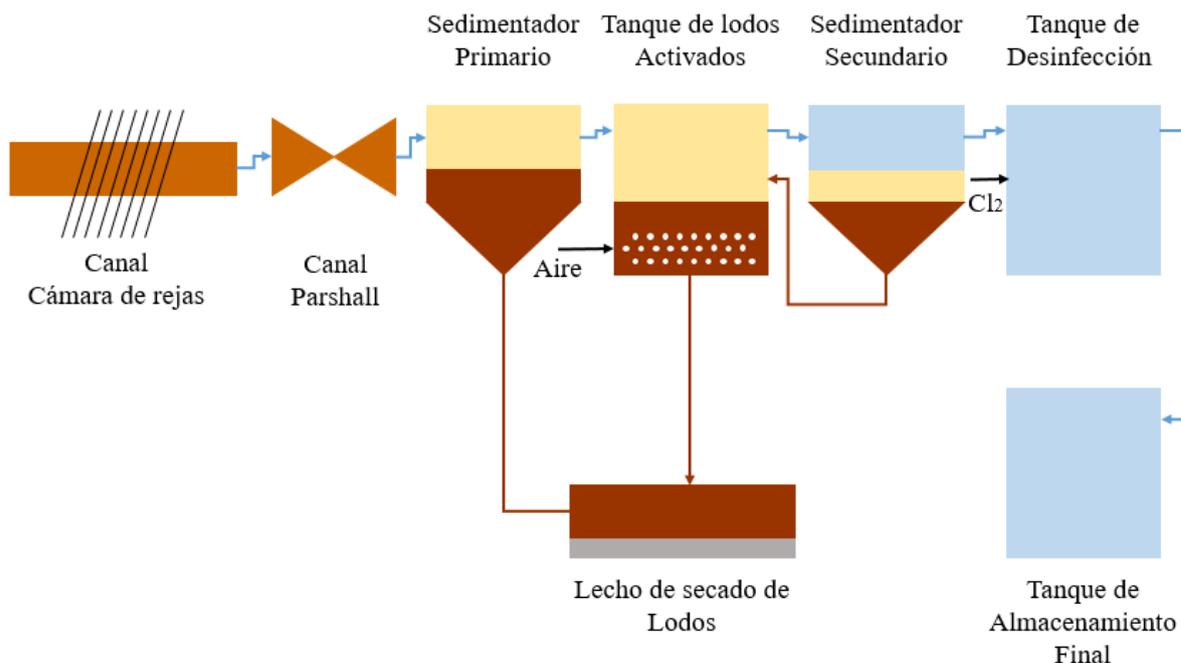


Figura 2. Diagrama de flujo del sistema de tratamiento propuesto

El tamaño de una planta industrial es un análisis de las relaciones que existen entre el tamaño y la demanda, la disponibilidad de la materia prima, la tecnología y equipos, y el financiamiento [20]. En este caso el factor determinante para el tamaño de la planta fue la demanda insatisfecha la cual se cubrirá en un 100%, por lo tanto el tamaño de la planta de tratamiento de aguas residuales será de 22,25 l/s (caudal medio) para el año 2030 que es el horizonte del proyecto.

La Norma OS.070 [28] especifica coeficientes para los tipos de caudales los cuales se calculan en la tabla 7.

Tabla 7. Caudales del sistema de tratamiento

Tipo de caudal	Coefficiente	Resultado
Caudal máximo diario (Q_{maxd})	1,30	2 498,86 m ³ /d
Caudal máximo horario (Q_{maxh})	2,50	4 805,49 m ³ /d
Caudal mínimo horario (Q_{minh})	0,50	961,09 m ³ /d

Para el caso de este proyecto no se consideró un porcentaje adicional para el tamaño de la planta, porque según la Norma OS.090 [19] los elementos del sistema se diseñan con el caudal máximo horario.

Cámara de rejas

El diseño de la cámara de rejas se trabajó con el caudal máximo horario (Q_{maxh}) 0,06 m³/s, y con los siguientes parámetros: velocidad a través de las barras (V_b) 0,60 m/s, ancho del canal de llegada (b) 0,40 m, altura de seguridad (H_s) 0,80 m, ángulo de inclinación (α) 60°, espaciamiento entre las barras (e) 0,02 m, diámetro de la barra (D_b) 0,01 m, y el coeficiente de pérdida [10] (β) 1,79. Con estos datos en la tabla 8 se obtuvieron los resultados para el diseño de la cámara de rejas del sistema propuesto.

Tabla 8. Resultados para el diseño de la cámara de rejas

Parámetro	Cantidad	Unidad
Área del canal (A_c)	0,09	m ²
Tirante de agua en el canal (h_c)	0,23	m
Altura total del canal (H_c)	1,03	m
Longitud de las barras (L_b)	1,19	m
Número de barras (n)	14	und
Pérdida de energía (PE)	0,01	m

Sistema de medición, canal Parshall

El canal Parshall se seleccionó de acuerdo al caudal máximo y al caudal mínimo establecidos en el Rango de Caudales de operación en canales Parshall [29], los cuales seleccionan el ancho de garganta de 61 cm, este valor fue ubicado en la tabla de dimensiones típicas de medidores Parshall, obteniendo así las medidas del medidor seleccionado.

Canal

La distancia que se tiene entre el punto de salida del agua de las lagunas de oxidación hasta la ubicación del sedimentador dentro de la planta de tratamiento es de 163 m en este trayecto se construyó un primer canal cerrado situando 1 cámara de rejas cada 20 m, luego continua una transición del primer canal al canal de Parshall de 1,50 m, seguido un segundo canal de 2,06 m y por ultimo un tercer canal que conduce el agua al sedimentador primario de 2,75m.

Tabla 9. Especificaciones del canal

Segmento del canal	Especificación	
Canal N°1	Ancho 0,40 m Altura 1,03 m	Largo 153,42 m
Cámara de rejas	1 cama de rejas Cada 20 m	6 cámara de rejas
Transición al canal de Parshall	Largo 1,50 m	
Canal de Parshall	Ancho de entrada 1,20m Ancho de salida 0,92 m	Largo 3,02 m
Canal N°2	Ancho 0,92 m	Largo 2,07 m
Canal N°3	Ancho 0,30 m	Largo 2,75 m

Sedimentador primario

El sedimentador primario se diseñó con el caudal máximo horario (Q_{maxh}) y con los siguientes parámetros: profundidad (H_{sp}) 3,50 m, carga superficial (C_s) 36,00 m/d, tiempo de retención (T_{rsp}) 2,50 h. Posteriormente se realizaron los cálculos y se obtuvo que el sedimentador primario tendrá un volumen (V_{sp}) de 500,57 m³, con radio (r_{sp}) 7,15 m, el porcentaje de remoción de DBO_5 (R_{DBO5}) 36,77% [30], y DBO_5 final fue de 62,60 mg/l.

Lodos activados - tanque de aireación prolongada

El tanque de aireación se diseñó con los siguientes parámetros: profundidad (H_{ta}) 5 m, tiempo de retención (T_{rta}) 24 h, edad lodo (E_l) 25 d, tasa de recirculación (R_{ta}) 100%, materia orgánica entrante (S_o) 62,60 mg/l., con estos datos se realizaron los cálculos y se obtuvieron los resultados de la tabla 10.

Tabla 10. Resultados para el diseño del tanque de aireación

Parámetro	Cantidad	Unidad
Carga orgánica (C_o)	120 335,29	gDBO ₅ /m ³ d
DBO ₅ final (Se)	3,13	mg/l
Volumen (V_{ta})	1 922,19	m ³
Área (A_{ta})	384,44	m ²
Radio (r_{ta})	11,06	m
Carga orgánica volumétrica (C_{ov})	62,60	gDBO ₅ /m ³ d
Caudal de lodos (Q_{lodos})	76,88	m ³ /d
Caudal de recirculación (Q_r)	1 922,19	m ³ /d
Concentración de SSV en la recirculación (X_r)	6 000	mg/l
Producción observada (Y_{obs})	0,35	-
Producción de la producción de lodos (P_x)	40,01	kg/d
Consumo de oxígeno KgO ₂ /día	106,49	kg/d
Consumo de oxígeno/hp*día (N)	22,00	kgO ₂ /hp*d
Potencia requerida para la inyección de oxígeno (P_{req})	4,84	hp

Sedimentador secundario

El diseño del sedimentador secundario se realizó con el caudal máximo horario y con los siguientes parámetros: profundidad (H_{ss}) 5 m, tiempo de retención (T_{rss}) 12 h, edad lodo (E_l) 25 d, carga de solidos (C_{so}) 5 kg/m²*h, materia orgánica entrante (Se) 3,13 mg/l, diámetro de la tubería de remoción de lodos (d_{trl}) 200 mm. Al realizar los cálculos se consiguieron los siguientes resultados: área (A_{ss}) 480,55 m², volumen (V_{ss}) 2402,75 m³, radio (r_{ss}) 12,87 m, y la potencia de la recirculación de lodos del tanque sedimentador secundario al tanque de aireación de lodos activados (P_r) es de 2,19 hp.

Tanque de desinfección

El tanque de desinfección se diseñó con el caudal máximo horario, el caudal de lodos y de recirculación calculados anteriormente, también se trabajó con los parámetros de: profundidad (H_d) 3m, tiempo de retención (T_{rd}) 1h. Según Romero [10] la dosis de cloro para la desinfección en efluentes de lodos activados esta entre 3 – 15 mg/l, en este caso se utilizó la dosis mayor, debido a la alta carga de coliformes termotolerantes y totales. Se obtuvo como resultados un caudal total (C_t) 2 806,41 m³/d, volumen (V_d) 116,93 m³, área (A_d) 38,98 m².

Lecho de secado de locos

En el lecho de secados de lodos se trabajó con la producción de lodos (P_x) 4805,49 m³/d, y con los parámetros de la norma: tasa de solidos (T_s) 100 kg solidos/m².año, profundidad (H_{ls}) 0,6 m, y ancho (a_{ls}) 10 m. Obteniendo un área (A_{ls}) de 146,04 m², y un largo (l_{ls}) de 14,60 m.

Tanque de almacenamiento final

El diseño que trabajo con el caudal total, y con los parámetros de profundidad (H_{ta}) 4m y tiempo de retención (T_{rta}) 8 horas. Teniendo como resultados el volumen de (V_{ta}) 1 403,21 m³ con un área de (A_{ta}) 350,81 m².

La capacidad de la planta de tratamiento de aguas residuales es la considerada para el año 2030 se llegara a producir 2 806,41m³/día con 3,13 mg/L de DBO₅T (remoción del 97%). La capacidad real de la planta, que se determina por la producción requerida el primer año, se obtuvo un valor de 757,97 m³/día. Además de la relación entre la capacidad real y la capacidad

requerida se obtuvo la capacidad utilizada de 35,63%. En cuanto a la productividad de la planta, que se determina en base a la relación entre la cantidad de agua tratada producida (2 806,41m³/día) y la cantidad de materia prima es decir de agua residual (4 805,50 m³/día), se obtuvo un valor de 58,40%.

Distribución de la planta

La distribución de la planta de tratamiento de aguas residuales fue con enfoque en el producto, ya que la materia prima, el agua residual, recorre la línea de producción de una estación a otra siendo sometida a diferentes operaciones [20].

El diseño de la planta se desarrolló con el método Guerchet (Anexo 2) con el cual se calculó el área total de producción en función a los elementos que se construyen para el proceso de tratamiento de aguas residuales, obteniendo un área mínima requerida de 2608,17 m².

Con respecto al requerimiento del personal, el presente proyecto no requirió de un gran número de personas que laboren en la planta, esto debido a que el proceso es automático. Para el área de operaciones se necesitó 4 trabajadores, un ingeniero supervisor, un encargado del control y funcionamiento de la planta y un operario; para el área de mantenimiento se necesitó cuatro trabajadores, un encargado del mantenimiento general y 3 operarios; para el área administrativa se requirieron a dos trabajadores y para el área de seguridad, tres vigilantes.

Las áreas administrativas u oficinas están en función al número de personas, ya que se especifica según la Norma A.060 [31] 10m² por persona con una altura de 2,4m, además el área de las ventanas es del 20% del área total de cada oficina y una iluminación artificial de 250 luxes. Se tiene también que por ser la cantidad de personas menor a 15, se construye un solo baño con un lavatorio, un urinario y un inodoro, estos servicios tienen una iluminación de 75 luxes.

Con respecto al área de disposición de residuos según la Norma A.010 [32] es de 0,004 m³/m², también se especifica que para instalaciones a distancias de 20m de una carretera principal se debe de contar con vías de tránsito en caso de emergencia, para esto en las instalaciones se tiene un estacionamiento que según la norma debe de ser 2,4 m de ancho y 5m de largo, con un radio de giro de 12 m, el ancho de acceso para los vehículos es de 3 m, para esta planta se considera el estacionamiento para 6 vehículos. En la tabla 11 se especifican todas las áreas de la planta de tratamientos y el tamaño mínimo de la planta.

Tabla 11. Áreas de la planta de tratamiento de aguas residuales propuesta

Áreas	m ²
Área de producción	2 608,17
Área de operaciones	40,00
Área de mantenimiento	40,00
Área administrativa	20,00
Área de seguridad	20,00
Área de SS.HH	10,00
Área de disposición de residuos	11,041
Área de Estacionamiento	72,00
Total	2 811,37

*El área de disposición de residuos se calcula sumando todas las áreas y multiplicando por el parámetro especificado.

Realizar una evaluación económica financiera de la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales.

La evaluación económica financiera del presente proyecto se realizó analizando los costos de inversión tanto tangible como intangible y el capital de trabajo.

La inversión tangible abarco los costos de construcción los cuales fueron cálculos según la resolución ministerial N°351-2019 [21], en el anexo I se especifican los valores unitarios para la construcción de edificaciones en la costa, con los cuales se costeo la construcción de las áreas de operaciones, mantenimiento, administrativa, de seguridad y de disposición de residuos. Además en el anexo II se especifican los valores unitarios de obras complementarias con los cuales se costeo las diferentes estructuras del área de producción, el estacionamiento, así como también del cerco perimétrico, equipamiento de la planta y la instalación de servicios. Obteniendo una inversión tangible de S/ 4 499 353,25.

La inversión intangible comprendió los gastos pre operativos como son los trámites para la construcción y el funcionamiento, pago de planos y de estudios de investigación realizados, teniendo un total de S/ 24 253,38.

De la inversión tangible e intangible se obtuvo que la inversión total de proyecto es de S/ 4 959 571,91.

El capital de trabajo incluyo los costos de producción que se requieren para el funcionamiento de la planta, costos de mantenimiento, costos de insumos (cloro), costos de energía y el salario del personal requerido, alcanzando un costo total de S/ 209 784,94.

Se tomó en cuenta un porcentaje de imprevistos de 5% de la inversión, para aquellos gastos adicionales los cuales no han sido tomados en cuenta en el desarrollo y presupuesto, teniendo un costo total de S/ 226 180,33.

Tabla 12. Resumen de la inversión del proyecto

Descripción	Inversión total
Capital de trabajo	S/ 209 784,94
Inversión tangible	
Construcción	S/ 4 016 725,32
Instalaciones	S/ 122 795,54
Equipos de producción	S/ 74 288,79
Equipos de oficina	S/ 11 655,40
Sistema eléctrico	S/ 273 888,21
Total de inversión tangible	S/ 4 499 353,25
Inversión intangible	S/ 24 253,38
Imprevistos (5%)	S/ 226 180,33
Inversión total	S/ 4 959 571,91

Por otro lado como ingresos económicos del proyecto (Anexo 3) se calcularon en base a los costos de agua potable que consume la Municipalidad distrital de Pimentel para regar las áreas verdes, proyectados del 2021 hasta el 2030. Según EPSEL S.A [33], la tarifa por m³ de agua potable y servicio de alcantarillado para las entidades estatales es de S/. 3,845.

El análisis beneficio costo para determinar la rentabilidad social del proyecto se realizan utilizando la tasa social de descuento (TSD) establecida en el SNIP que es de 11%. [34]

Tabla 13. Flujo de caja de beneficios y costos sociales

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11
INVERSION TOTAL	S/ 4 741 099,20											
Ingresos / Beneficios Sociales		S/ 959 708,18	S/ 1 095 012,85	S/ 1 238 645,17	S/ 1 390 605,14	S/ 1 550 892,77	S/ 1 719 508,05	S/ 1 896 450,99	S/ 2 081 721,58	S/ 2 275 319,83	S/ 2 477 245,73	S/ 2 687 499,28
Costos operativos		S/ 228 000,00										
Costos de mantenimiento		S/ 57 000,00										
Costos con proyecto	S/ 4 741 099,20	S/ 285 000,00										
Costos operativos		S/ 2 394,00										
Costos sin proyecto		S/ 2 394,00										
Costos incrementales	S/ 4 741 099,20	S/ 282 606,00										
Flujos netos	S/ 4 741 099,20	S/ 677 102,18	S/ 812 406,85	S/ 956 039,17	S/ 1 107 999,14	S/ 1 268 286,77	S/ 1 436 902,05	S/ 1 613 844,99	S/ 1 799 115,58	S/ 1 992 713,83	S/ 2 194 639,73	S/ 2 404 893,28
Utilidad acumulada	S/ 4 741 099,20	S/ 4 063 997,02	S/ 3 251 590,70	S/ 2 295 551,00	S/ 1 187 551,86	S/ 80 734,91	S/ 1 517 636,97	S/ 3 131 481,96	S/ 4 930 597,54	S/ 6 923 311,37	S/ 9 117 951,10	S/ 11 522 844,38

De acuerdo a la tabla 13 se obtuvo un Valor actual neto de beneficios sociales (VANS) de S/ 3 351 042 y la Tasa Interna de Retorno Social (TIRS) de 22%. Estos resultados indican que el proyecto de inversión pública es rentable socialmente ya que el VANS es mayor que 0 y la TIRS es mayor que la TSD.

Análisis de sostenibilidad.

De acuerdo al factor de organización y gestión, el proyecto es sostenible ya que será administrado por la Municipalidad distrital de Pimentel la cual será la encargada de correcto funcionamiento del proyecto; para el factor de riesgos naturales el proyecto ha sido diseñado con estructuras resistentes a desastres naturales y en el caso de que aumente el volumen de aguas residuales por causa de la naturaleza se tiene previsto un volumen adicional en el diseño del mismo; en cuanto al factor de la demanda, el proyecto es sostenible ya que el diseño del sistema tiene la capacidad para cubrir la demanda proyectada a 30 años; para el factor de la disponibilidad de recursos financieros, el proyecto es sostenible puesto que ya no tendrán que pagar por agua potable para realizar el riego de parques, jardines y áreas verdes, utilizando ese dinero para el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales y obteniendo mayores beneficios para la sociedad.

Tabla 14. Matriz de marco lógico

	Descripción	Indicador	Medios de verificación	Supuestos
Fin	Contribuir a la mejora de la calidad de vida de la población del distrito de Pimentel.	Incidencia de enfermedades gastrointestinales.	Encuesta a la población del distrito.	Reducción de enfermedades gastrointestinales en los pobladores ocasionadas por las aguas residuales sin tratamiento
		Percepción de la población sobre la mejora del saneamiento ambiental.		La población considera que la condición de saneamiento ambiental relacionada al tratamiento de las aguas residuales ha mejorado después del proyecto
Propósito	Aprovechar los efluentes residuales en el riego de parques, jardines y áreas verdes.	Reducción de consumo de agua potable en el riego de parques, jardines y áreas verdes.	Registros de la Municipalidad de Pimentel, Sub Gerencia del medio ambiente.	Los parques, jardines y áreas verdes del distrito de Pimentel son regados con aguas residuales tratadas.
	Realizar proyectos para mejorar el ornato en parques y jardines del distrito.	Incremento del índice de áreas verdes por habitante.	Registros de la Municipalidad de Pimentel, Sub Gerencia del medio ambiente.	El índice de áreas verdes por habitante se encuentra en el rango que recomienda la OMS para las ciudades (incremento a 9 a 12 m ² /hab)
	Disminuir la contribución a la contaminación del mar como cuerpo receptor.	Porcentaje de mejoramiento de la calidad de agua.	Monitoreo de calidad del cuerpo receptor, análisis fisicoquímico del agua.	Los análisis fisicoquímicos realizados al cuerpo receptor además de estar dentro de los parámetros muestran disminución en la contaminación.
Componentes	Implementación de la infraestructura requerida para sistema de tratamiento de aguas residuales.	Eficiencia del funcionamiento y operatividad del sistema de tratamiento de aguas residuales.	Informes y registros del funcionamiento del sistema	El sistema es adecuado para el tratamiento de las aguas residuales del distrito de Pimentel
	Capacitaciones ambientales a la población para el correcto uso a implementar.	Número de asistentes a las capacitaciones	Registros de capacitaciones	La población participa activamente logrando impactar en el correcto funcionamiento del proyecto.
Actividades	Construcción del sistema de tratamiento de aguas residuales compuesta por (cámara de rejas o cribas, sistema de medición de caudal, sedimentador primario, tanque de aireación, sedimentador secundario, tanque de desinfección, tanque para almacenar el agua tratada y el lecho de secado de lodos.)	Porcentaje de avance de construcción del sistema.	Reportes de pruebas, Informes y registros del sistema	La construcción del sistema de tratamiento se realiza adecuadamente sin contratiempos por factores climáticos ni suministros de materiales.
	Diseño de los contenidos de las capacitaciones.	Diseño de las capacitaciones	Entregables de las capacitaciones.	Las capacitaciones responden satisfactoriamente y cumplen con los requisitos.

Se realiza la matriz de marco lógico como herramienta que resume la información esencial del proyecto [35], reuniendo los contenidos básicos de la estructura del proyecto.

Discusión

Según la composición del efluente de la PTAR de Pimentel, los parámetros de pH y de DBO se encuentran dentro del rango establecido, caso contrario sucede con los Coliformes Termotolerantes el cual excede al parámetro establecido. Con esto se tiene que estas aguas no son aptas para ser dispuestas en el océano pacífico ya que no cumplen con lo establecido en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM [11].

De acuerdo a las directrices establecidas por la OMS los efluentes residuales de la PTAR de Pimentel exceden los parámetros de Coliformes fecales o Termotolerantes [12]. Por otro lado según las Normas de la EPA [13], los parámetros como el DBO, pH y Coliformes fecales o Termotolerantes están fuera de los parámetros establecidos; por lo tanto los efluentes del PTAR del distrito de Pimentel no pueden ser utilizadas para el riego de áreas verdes de la ciudad.

Según la OMS [26] el índice de áreas verdes por habitantes es de $12 \text{ m}^2 / \text{hab}$, el distrito de Pimentel se encuentra en un déficit de $9,55 \text{ m}^2 / \text{hab}$.

Colorado y Herrera [36] en su investigación realizaron una selección entre los tratamientos de lodos activados, lagunas facultativas y biodiscos mediante una matriz de factores ponderados utilizando cinco factores: aplicabilidad de procesos, costos, diseño, operación y entorno, el resultado del tratamiento adecuado para la localidad fue de lodos activados.

Cáceres [14] en su investigación utiliza una dosis de cloro de 8 mg/l , para reducir los coliformes de los efluentes de lodos activados ($494000 \text{ NMP}/100\text{ml}$) obteniendo un agua óptima para el riego de áreas verdes. Debido a que el efluente del distrito de Pimentel tiene mayor concentración de coliformes se utilizara una mayor dosis de cloro (15mg/l) según Romero [10] esta dosis está dentro del parámetro.

También Cáceres [14] en su investigación realizada en la Universidad Nacional de Chimborazo utilizan el método de lodos activados por aireación prolongada obteniendo resultados de: eficiencia y reducción de la demanda biológica y química de oxígeno en un 93.75% y 85.02% , disminución de coliformes, color y turbiedad en un 87.51% , 93.84% y 90.29% simultáneamente, los mismos que han permitido diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales óptima para ser utilizada para riegos en áreas verdes cumpliendo con la normativa en escala real.

Ilich [15] en su tesis desarrollada en el distrito de Víctor Larco Herrera provincia de Trujillo, desarrolla dos propuestas de sistemas de tratamiento de aguas residuales para su aprovechamiento en el riego de parques y jardines, mediante lagunas aireadas y lodos activados por aireación prolongada, de las cuales el tratamiento por lodos activados presenta un valor neto positivo mientras que las lagunas aireadas presenta un valor negativo, recomendándose hacer la alternativa de lodos activados.

Conclusiones

El tratamiento de aguas residuales del distrito de Pimentel por lagunas de oxidación no es el adecuado, ya que no cumple con los parámetros específicos para ser depositadas en el mar, y por ende no puede ser utilizada para el riego de áreas verdes. El distrito de Pimentel cuenta con 85 parques y actualmente riega el 81,25% de áreas verdes con 7 799,96 m³ de agua potable. Se determinó que la demanda de agua tratada para el proyecto es de 1 021 533,22 m³ para el 2030, la oferta es 0 ya que no existe un producto que rivalice al del actual proyecto. Se tiene una demanda insatisfecha del 100% de la cual se cubrirá el total.

El tratamiento por lodos activados fue el mejor tratamiento seleccionado para el proyecto, ya que al realizar el método de factores ponderados sobresalió en el puntaje ya que se puede implementar en áreas pequeñas, no produce olores desagradables y ha demostrado una gran eficiencia de reducción de contaminantes.

El diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales está conformado por: canal principal, cámara de rejas o cribas, sistema de medición de caudal, sedimentador primario, tanque de aireación, sedimentador secundario, tanque de desinfección, tanque para almacenar el agua tratada y el lecho de secado de lodos. La ubicación de la planta será en el mismo terreno de las lagunas de oxidación del distrito de Pimentel con un área mínima de 2 811,372 m². La planta tendrá una capacidad para producir 2 806,41m³/día de agua tratada con 3,13 mg/L de DBO₅T (remoción del 97%).

La realización del proyecto requiere una inversión total de S/ 4 959 571,91 financiado por el estado con una tasa social de descuento de 11%. Se obtuvo un Valor actual neto de beneficios sociales (VANS) de S/ 3 351 042 y la Tasa Interna de Retorno Social (TIRS) de 22%. Estos resultados indican que el proyecto de inversión pública es rentable socialmente ya que el VANS es mayor que 0 y la TIRS es mayor que la TSD.

El proyecto de inversión pública es sostenible en cuanto a organización y gestión, riesgos naturales, demanda, y disponibilidad de recursos financieros.

Recomendaciones

Realizar un estudio para el aprovechamiento de los lodos producidos por la planta de tratamiento de aguas residuales.

Se recomienda realizar una prueba experimental para el tratamiento propuesto, con la finalidad de comprobar la remoción de los contaminantes.

Realizar un control ambiental para las personas que frecuenten los parques y jardines que son regados con aguas residuales tratadas.

Realizar un plan de mantenimiento para todo el sistema de tratamiento de aguas residuales para asegurar su correcto funcionamiento y durabilidad.

Referencias

- [1] Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, «Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos Hídricos 2017: Aguas residuales: el recurso no explotado,» Paris, 2017.
- [2] Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental , «La fiscalización ambiental en aguas residuales,» Lima, 2014.
- [3] Autoridad Nacional del Agua, «Manual de Buenas Prácticas para el Uso Seguro y Productivo de las Aguas Residuales Domésticas,» Lima, 2016.
- [4] Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, «Estudio Tarifario Entidad Prestadora de Servicio de Saneamiento de Lambayeque S.A (EPSEL S.A),» Lima, 2018.
- [5] Ministerio del Ambiente, «Manual para Municipios Ecoeficientes,» Ministerio del Ambiente, Lima, 2009.
- [6] A. Trapote Jaume, Depuración y Regeneración de aguas residuales urbanas, España: UNE, 2016.
- [7] Fondo Nacional del Ambiente - Perú , «Oportunidades de mejoras ambientales por el tratamiento de aguas residuales en el Perú,» Lima, 2010.
- [8] I. Martín García , J. R. Betancort Rodríguez , J. J. Salas Rodríguez, B. Peñate Suárez, J. R. Pidre Bocado y N. Sardón Martín, Guía sobre tratamientos de aguas residuales urbanas para pequeños núcleos de población, Daute Diseño, 2006.
- [9] A. Orozco, Bioingeniería de aguas residuales, Colombia: Acodal, 2005.
- [10] J. A. Romero Rojas, Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño., Colombia, 2000.
- [11] Ministerio del Ambiente, *Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales domésticas o municipales*, Lima: Diario Oficial el Peruano, 2010.
- [12] Organización Mundial de la Salud, «Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales agricultura y acuicultura,» Ginebra, 1989.
- [13] Autoridad Nacional del Agua, *Guía Técnica Para Reúso Municipal de Aguas Residuales Tratadas en el riego de Áreas Verdes de Lima Metropolitana*, Lima, 2018.
- [14] A. P. Cáceres Mena, «Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para su reutilización en riego en áreas verdes,» *European Scientific Journal* , vol. 13, n° 18, 2017.
- [15] J. R. Ilich Atoche, «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,» Trujillo, 2016.

- [16] M. Tazimi, S. Mazaheri, H. Hooshyar , L. Iranshahi , H. Gilasi , S. Takhtfiroozeh , F. Khabiri y B. Miranzadeh, «Examining the efficiency and determining the quality of the effluent of Wastewater Treatment Plant of Kashan University of Medical Sciences to achieve Engelberg guidelines,» *Journal of Entomological Research*, vol. 42, n° 1, 2018.
- [17] Y. A. Alfaro vega y Y. D. Fernandez Neyra, *Tratamiento de aguas residuales del Campus N° II de la Universidad Nacional del Santa para uso del riego en áreas verdes*, Chimbote, 2019.
- [18] R. E. Espinoza Paz, *Planta de tratamiento de aguas residuales San Juan de Miraflores*, Piura, 2010.
- [19] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, «Norma OS.090 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales,» El Peruano, Lima, 2006.
- [20] M. Arroyo Ulloa y J. Torres Benavides, «Apuntes de estudio. Organización de plantas Industriales,» Chiclayo, 2012.
- [21] Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, «RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 351-2019-VIVIENDA,» El Peruano, Lima, 2019.
- [22] Ministerio de Economía y Finanzas, «Pautas para la Identificación, formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública a nivel de perfil,» 2007. [En línea]. Available:
https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/instrumentos_metod/Pautas_para_la_I,FyES_de_PIP,_perfil.pdf.
- [23] Instituto Nacional de Estadística e Informática , «Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población por Departamento, Provincia y Distrito 2018-2020,» Lima, 2020.
- [24] La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, *Determinación de la fórmula tarifaria, estructura tarifaria y metas de gestión aplicable a la empresa prestadora de servicios de saneamiento de lambayeque - EPSEL S.A.*, Lima, 2007.
- [25] L. S. Linares Tejada, «Uso eficiente del agua en las áreas verdes en la sede los granados de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann,» Tacna, 2014.
- [26] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, «GEO Chiclayo - Perspectivas del Medio Ambiente Urbano,» Chiclayo, 2008.
- [27] E. J. Maldonado, *Estudio de factibilidad para la construcción de aguas residuales del distrito de Characato. método Imhoff.*, Arequipa, 2014.
- [28] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento , *Norma OS.070 Redes de aguas residuales*, 2016.
- [29] J. M. Azevedo Netto y G. Acosta Alvarez, *Manual de Hidráulica*, México , 1976.
- [30] G. Tchobanoglous y R. Crites , *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones*, Colombia: McGraw, 2000.

- [31] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, «Norma A.060 Industria,» El Peruano, Lima, 2006.
- [32] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, «Norma A.010 Condiciones Generales de Diseño,» El Peruano, Lima, 2006.
- [33] EPSEL S.A, «EPSEL S.A,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.epsel.com.pe/Presentacion/Archivos/Cuadro%20tarifario%202016.jpg>. [Último acceso: Octubre 2020].
- [34] Ministerio de Economía y Finanzas, «Actualización de la Tasa Social de descuento,» Febrero 2017. [En línea]. Available: https://www.mef.gob.pe/es/?option=com_content&language=es-ES&Itemid=101376&lang=es-ES&view=article&id=5690.
- [35] Ministerio de Economía y Finanzas, «Guía general para identificación, formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública, a nivel de perfil,» febrero 2015. [En línea]. Available: https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/novedades/2015/guia_general.pdf.
- [36] D. M. Colorado Vargas y M. P. Herrera Barrera, *Propuesta para el diseño conceptual de una planta de tratamiento de aguas residuales en el Municipio de Bituima, Cundinamarca*, Bogotá, 2017.

Anexos

Anexo 1 Matriz de enfrentamiento de factores para la selección del tratamiento

Factores	Eficiencia de remoción	Área requerida	Costos de inversión	Implementación	Factibilidad operativa	Factibilidad técnica	Mantenimiento	Total	Ponderación
Eficiencia de remoción		2	1	2	2	2	2	11	26%
Área requerida	0		1	2	1	1	1	6	14%
Costos de inversión	1	1		1	1	1	1	6	14%
Implementación	0	0	1		1	1	1	4	10%
Factibilidad operativa	0	1	1	1		1	1	5	12%
Factibilidad técnica	0	1	1	1	1		1	5	12%
Mantenimiento	0	1	1	1	1	1		5	12%
Total								42	100%

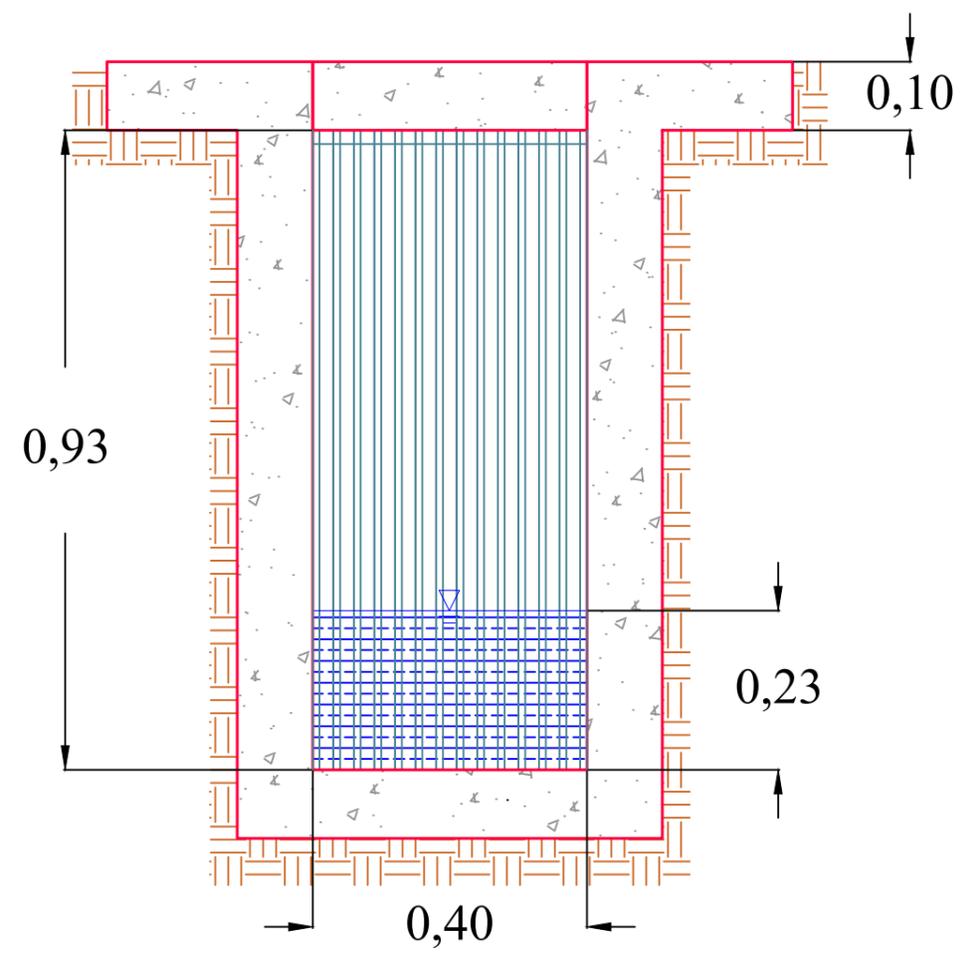
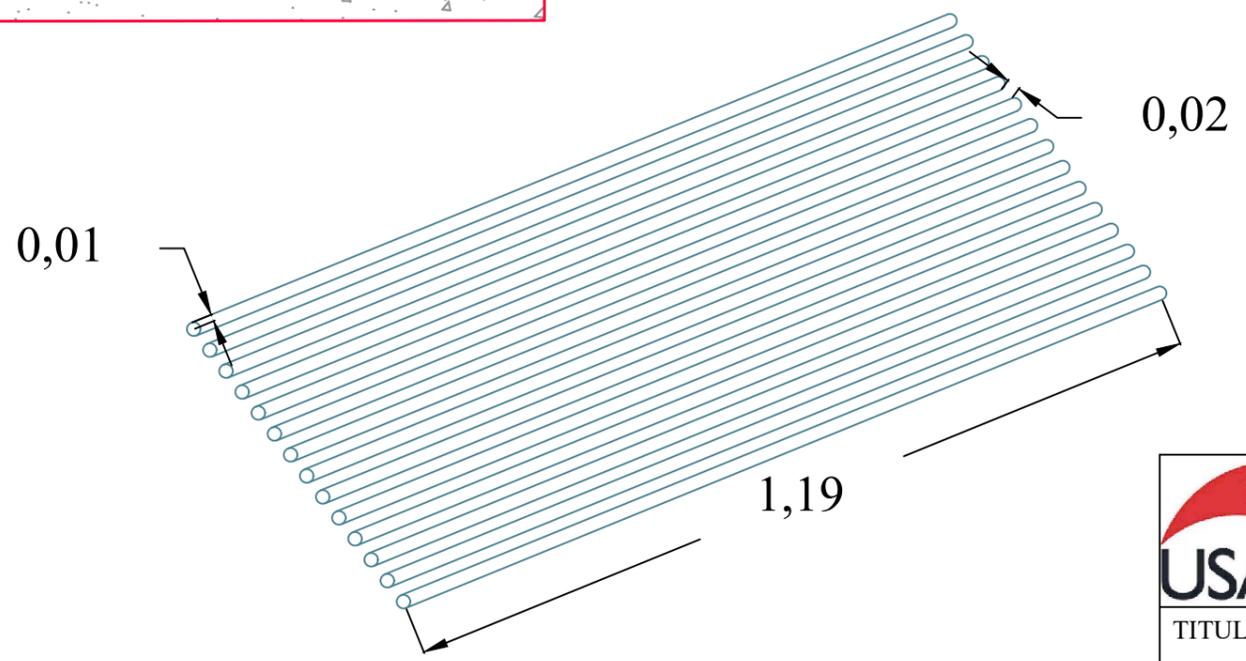
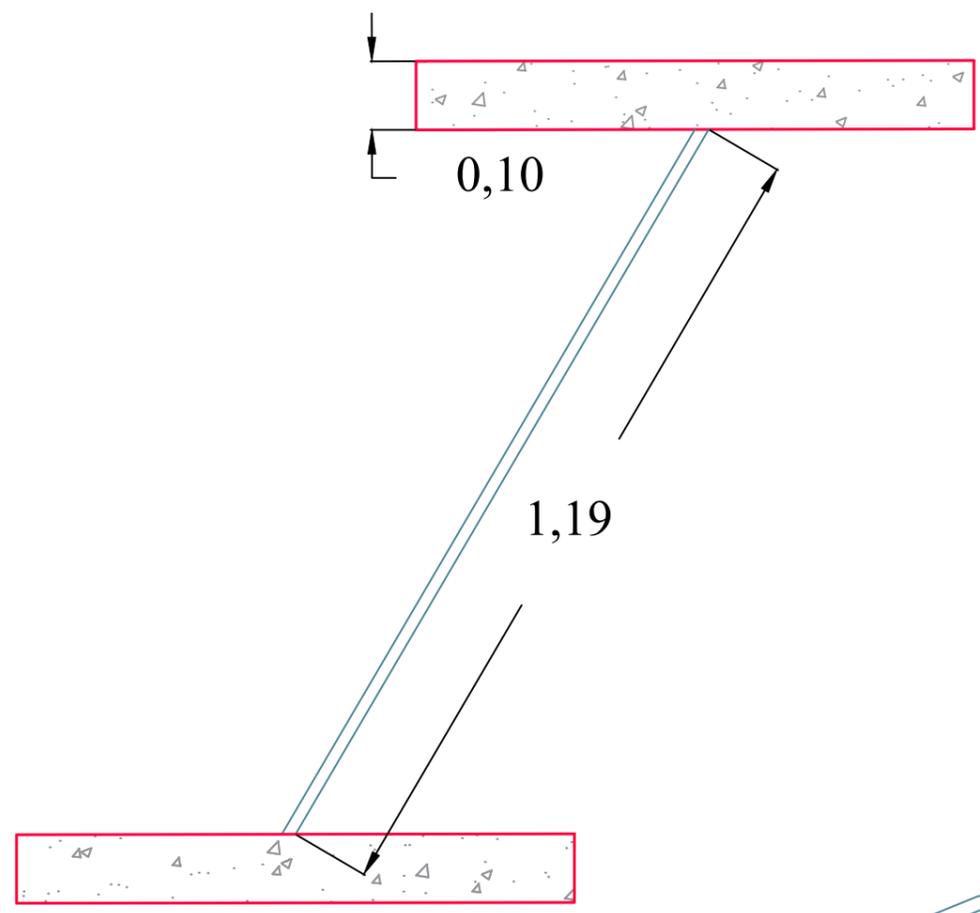
Anexo 2 Área total del proceso de tratamiento de aguas residuales

Etapa	Superficie Estática (Se)	N° de lados accesibles	Superficie de gravitación (Sg)	Superficie de evolución (Sc)	Superficie total (St)
	largo*ancho	N	Se*N	k*(Se+Sg)	Se+Sg+Sc
Canal N°1	48,00	2	96,00	24,00	168,00
Transición al canal de Parshall	12,00	2	24,00	6,00	42,00
Canal de Parshall	3,61	2	7,23	1,81	12,64
canal 2	15,55	2	31,11	7,78	54,44
Sedimentador primario	51,15	2	102,30	25,58	179,03
Tanque de aireación	122,32	2	244,65	61,16	428,13
Sedimentador secundario	165,71	2	331,43	82,86	579,99
Tanque de desinfección	7,44	2	14,88	3,72	26,05
Tanque de almacenamiento final	89,30	3	267,91	66,98	424,19
Lecho de secado de lodos	146,04	3	438,12	109,53	693,69
Total	661,14		1557,62	389,41	2608,17

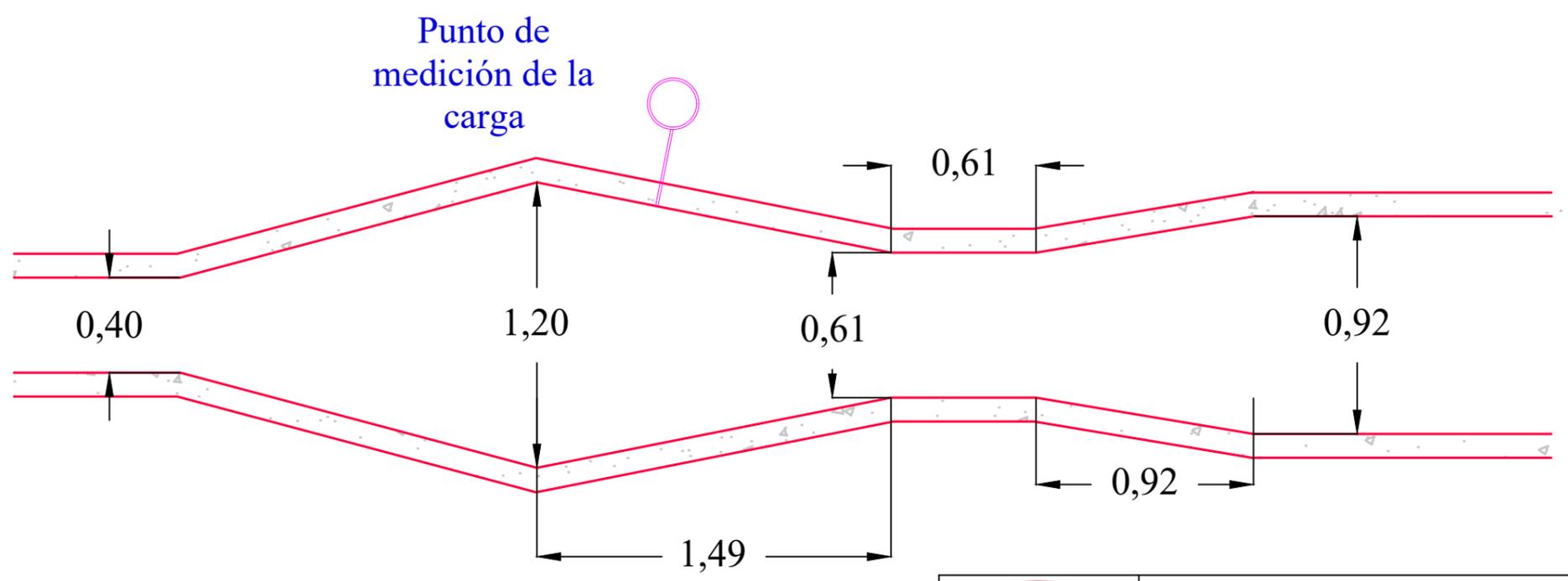
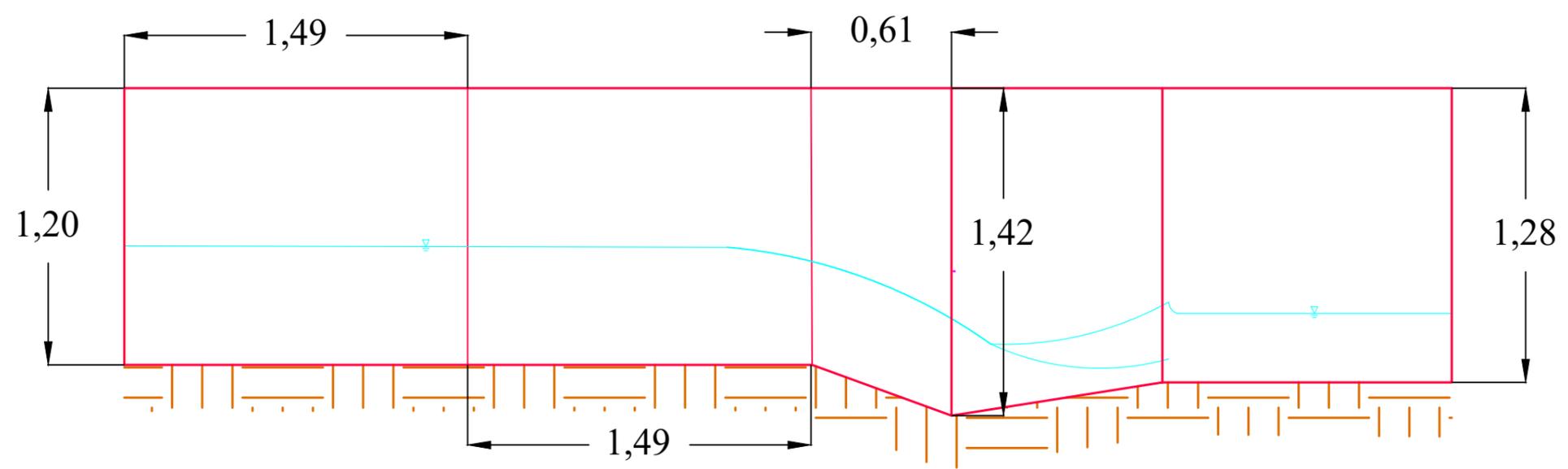
*"k" se considera un valor de k de 0,25 ya que se considera un trabajo en cadena [20] por ser de tanque a tanque.

Anexo 3 Ingresos – costo del consumo de agua.

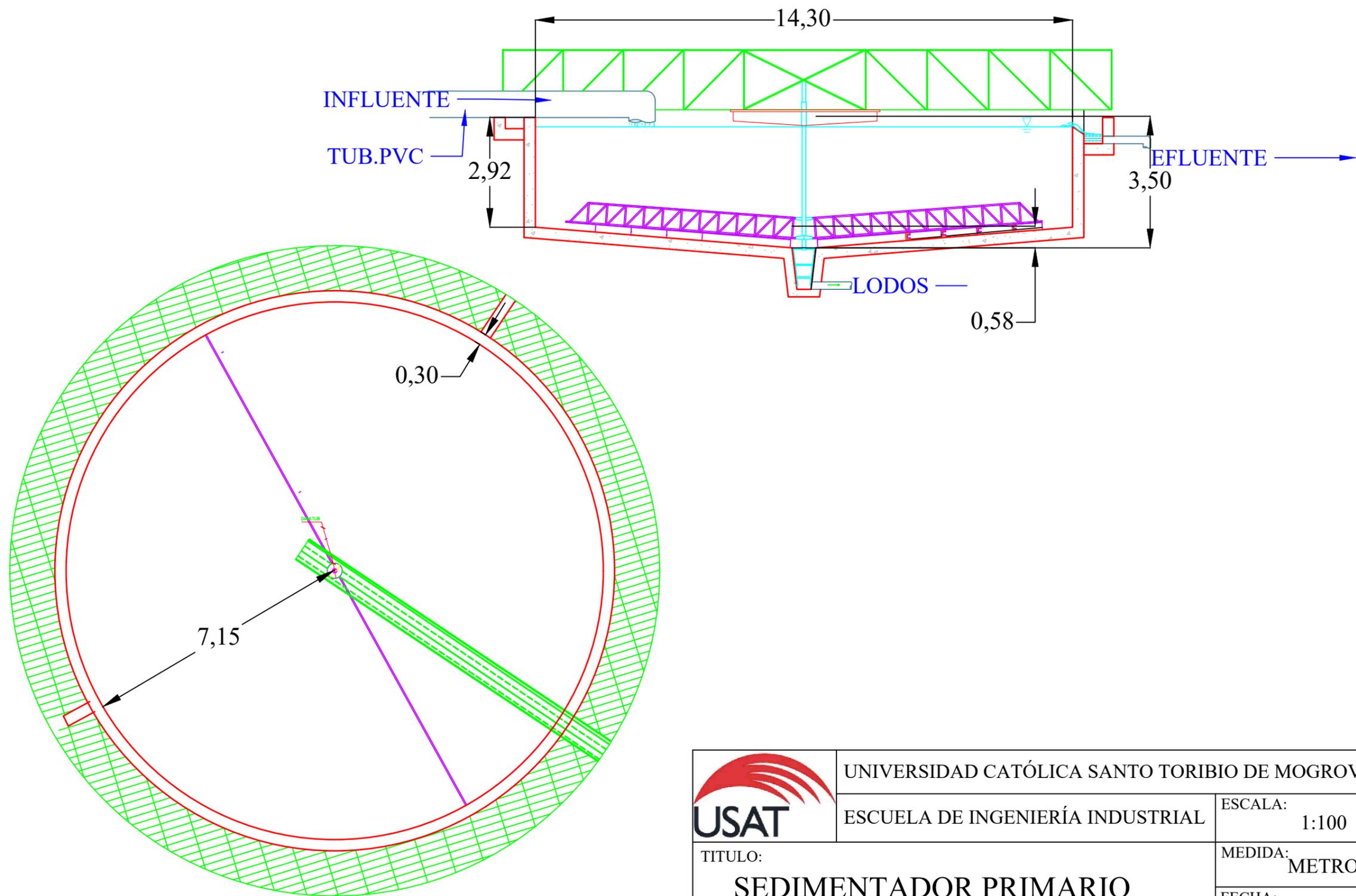
Año	Población	Área verde m²	Índice de m² de área verde/hab	Consumo 14 días de agua m³	Consumo anual de agua m³	Costo por m³ de agua
2021	54 495	154 830,68	2,84	11 576,58	300 991,00	S/ 1 157 310,40
2022	57 372	183 707,86	3,20	13 735,70	357 128,26	S/ 1 373 158,17
2023	60 403	215 210,09	3,56	16 091,10	418 368,64	S/ 1 608 627,40
2024	62 899	246 799,32	3,92	18 453,00	479 778,12	S/ 1 844 746,89
2025	65 636	281 223,11	4,28	21 026,85	546 698,01	S/ 2 102 053,85
2026	68 372	317 622,13	4,65	23 748,37	617 457,74	S/ 2 374 125,00
2027	71 109	355 996,37	5,01	26 617,59	692 057,31	S/ 2 660 960,35
2028	73 846	396 345,84	5,37	29 634,49	770 496,72	S/ 2 962 559,89
2029	76 583	438 670,54	5,73	32 799,08	852 775,98	S/ 3 278 923,62
2030	79 320	482 970,46	6,09	36 111,35	938 895,07	S/ 3 610 051,55



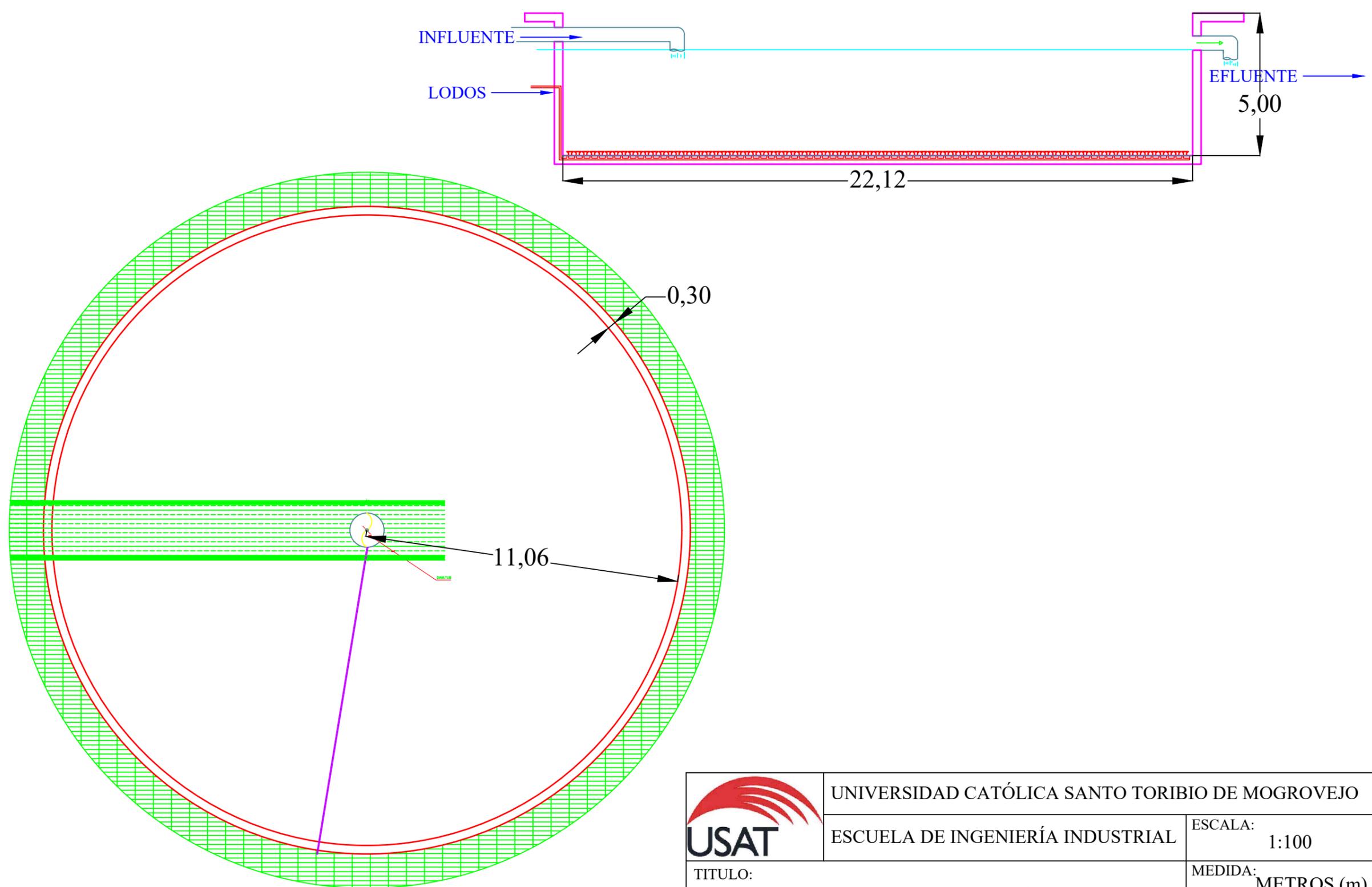
	UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO	ESCALA: 1:100
	ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	MEDIDA: METROS (m)
TITULO: CÁMARA DE REJAS		FECHA: 02/12/2020



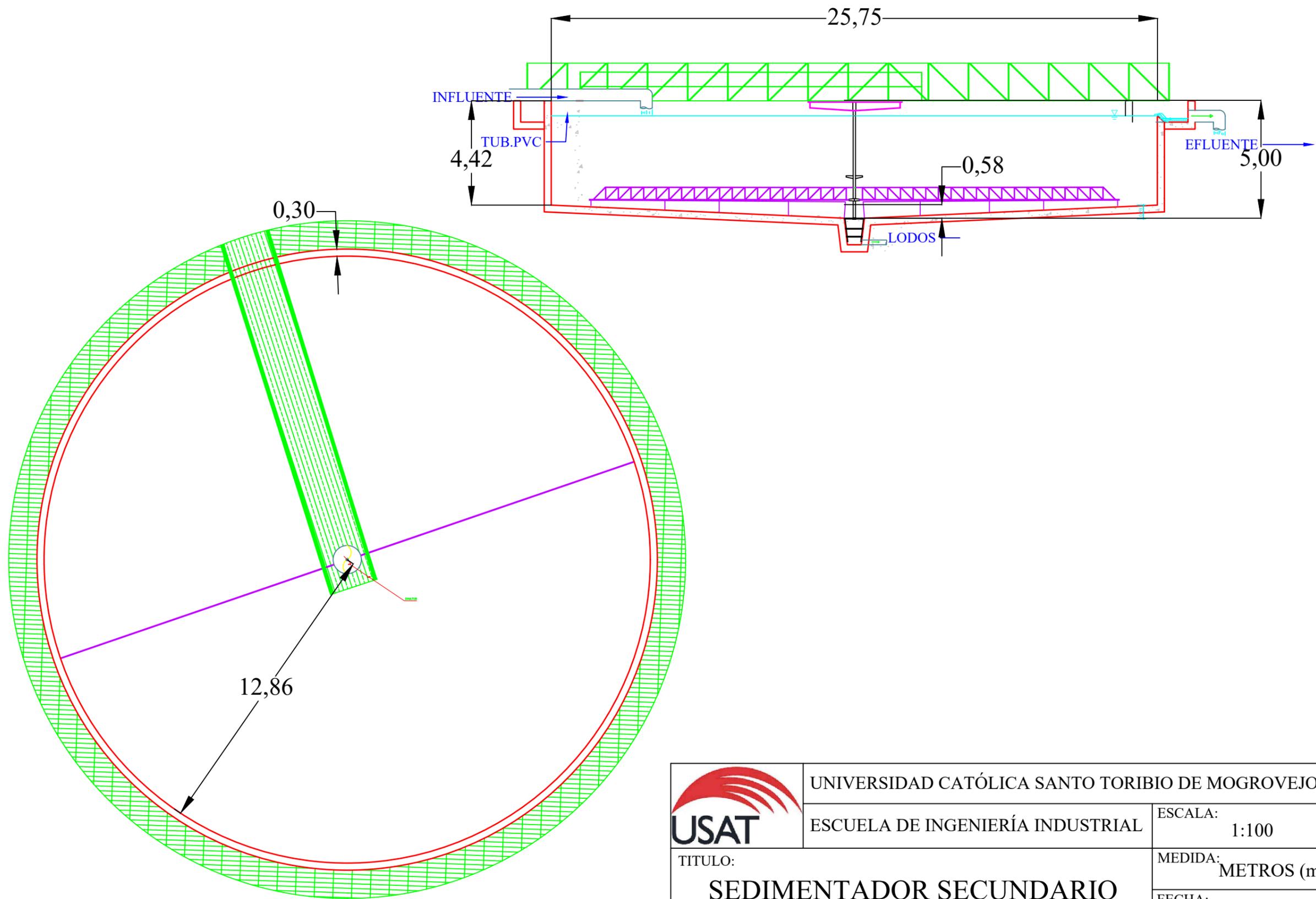
	UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO	
	ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	ESCALA: 1:100
TITULO: CANAL DE PARSHALL		MEDIDA: METROS (m)
		FECHA: 02/12/2020



	UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO	ESCALA:
	ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	1:100
TITULO:	MEDIDA: METROS (m)	
SEDIMENTADOR PRIMARIO	FECHA: 02/12/2020	



	UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO	ESCALA:
	ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	1:100
TITULO:	MEDIDA: METROS (m)	
TANQUE DE AIREACIÓN	FECHA: 02/12/2020	



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

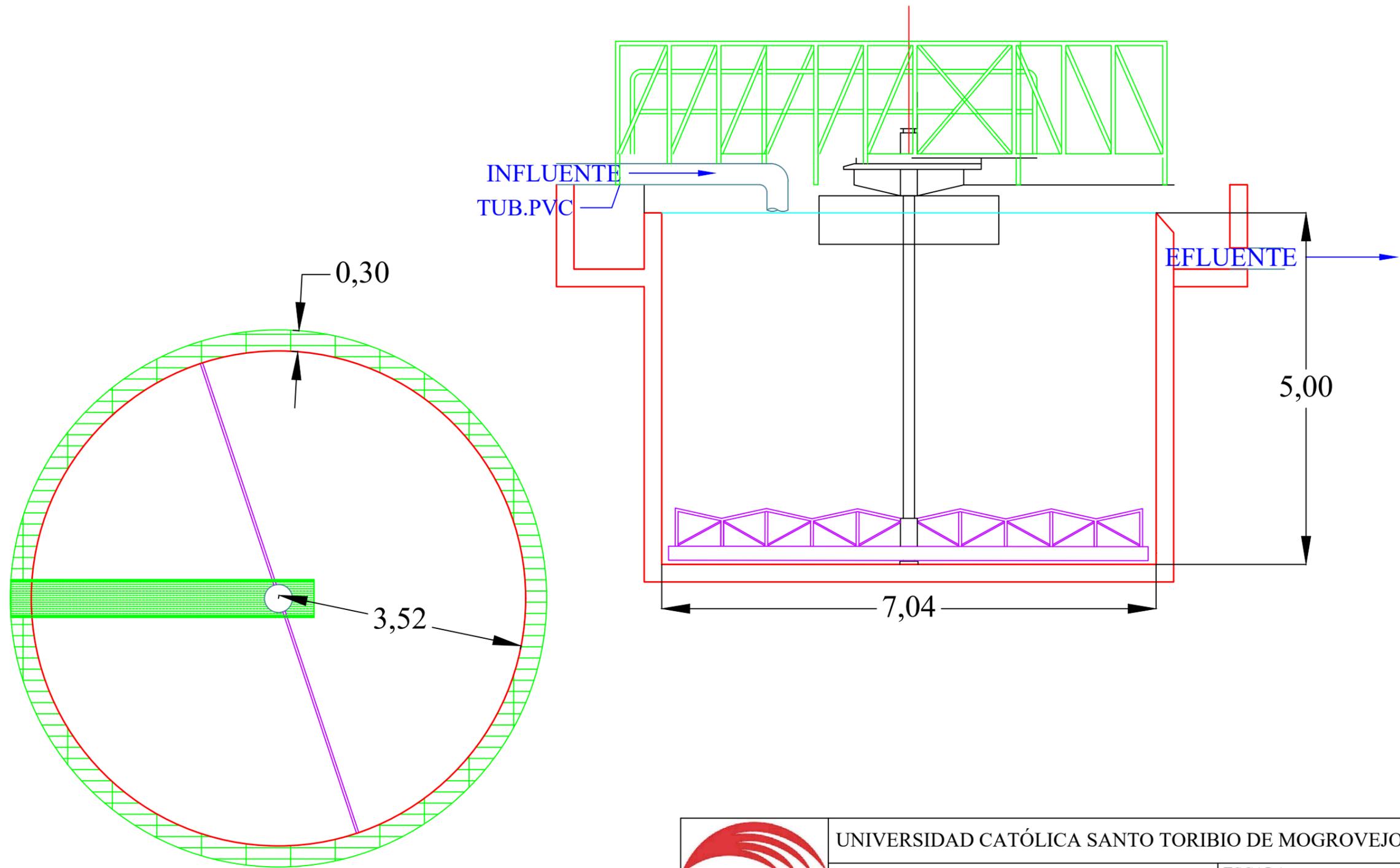
ESCALA:
1:100

TITULO:

SEDIMENTADOR SECUNDARIO

MEDIDA:
METROS (m)

FECHA:
02/12/2020



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

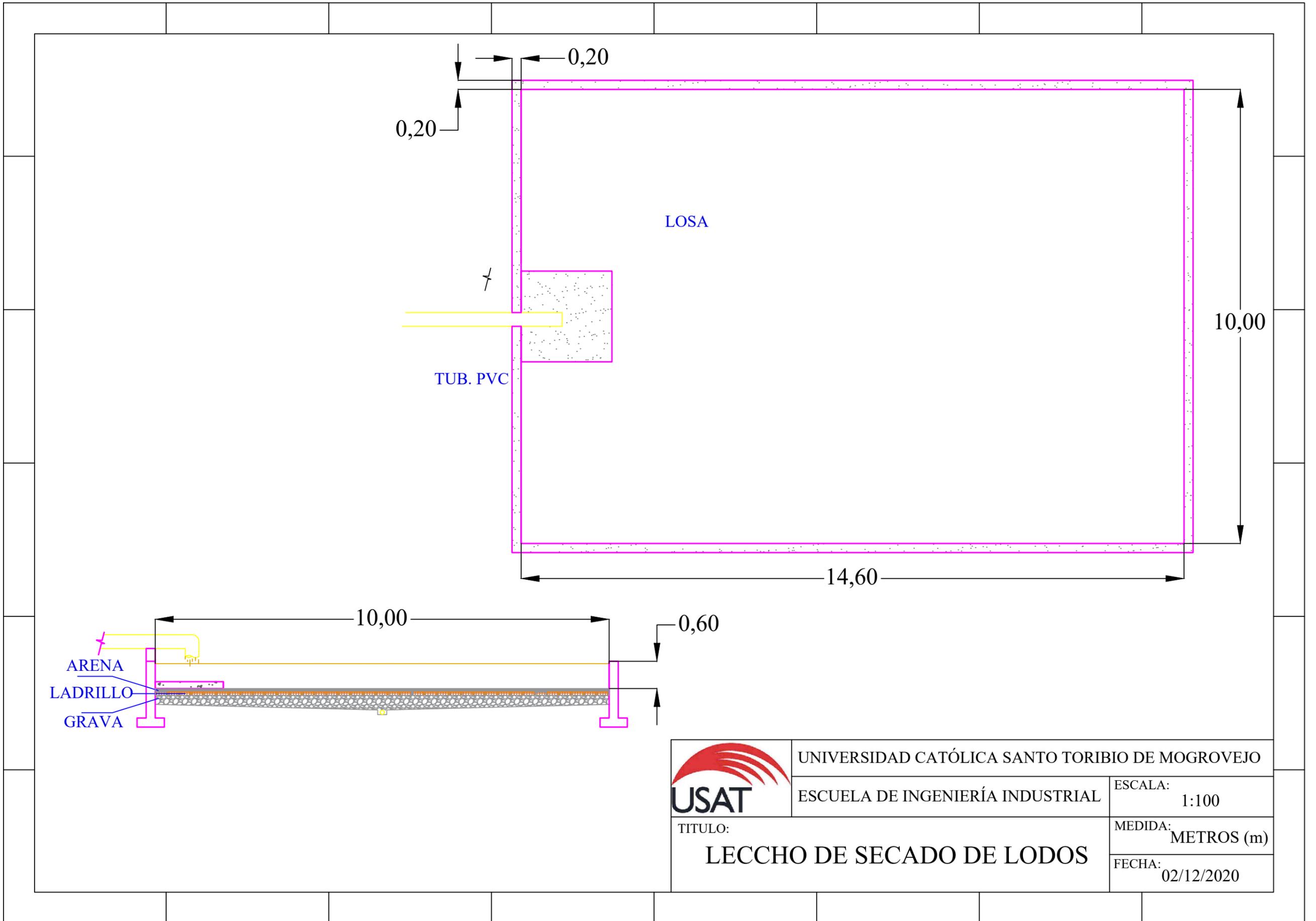
ESCALA:
1:100

TITULO:

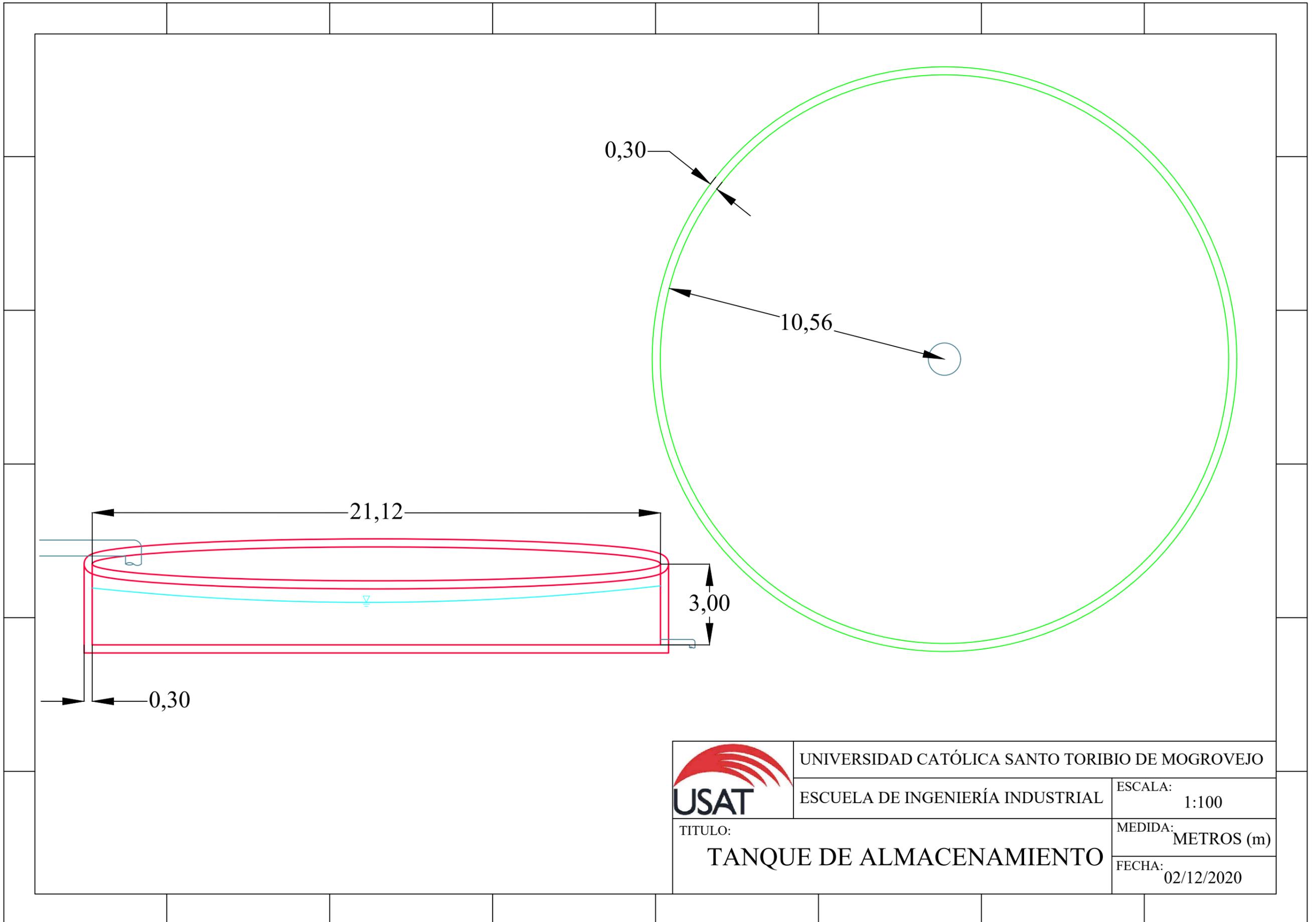
TANQUE DE DESINFECCIÓN

MEDIDA:
METROS (m)

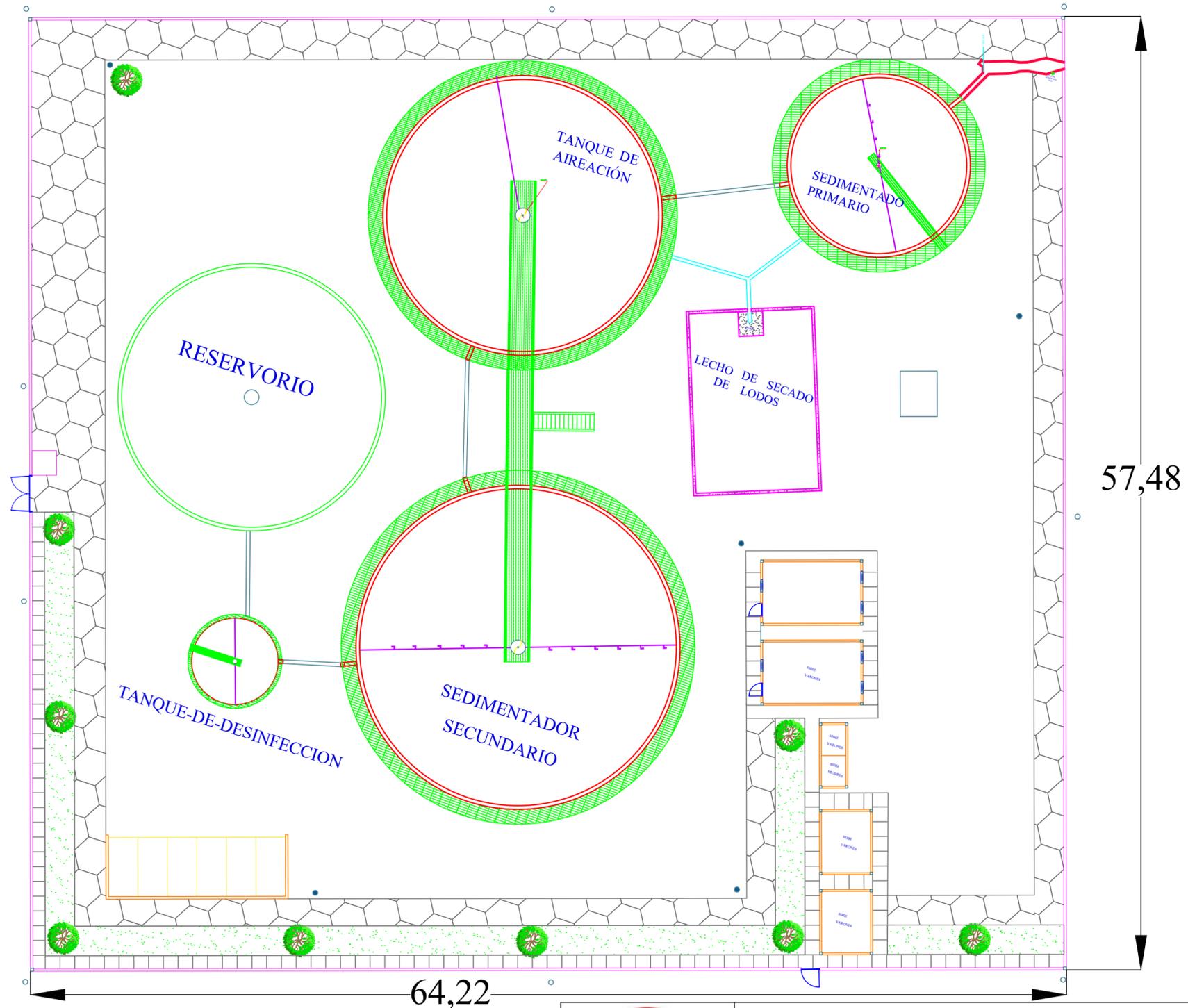
FECHA:
02/12/2020



	UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO	ESCALA:
	ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	1:100
TITULO:	MEDIDA: METROS (m)	
LECCHO DE SECADO DE LODOS	FECHA: 02/12/2020	



	UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO	ESCALA:
	ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	1:100
TITULO:	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	MEDIDA:
		METROS (m)
		FECHA:
		02/12/2020



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

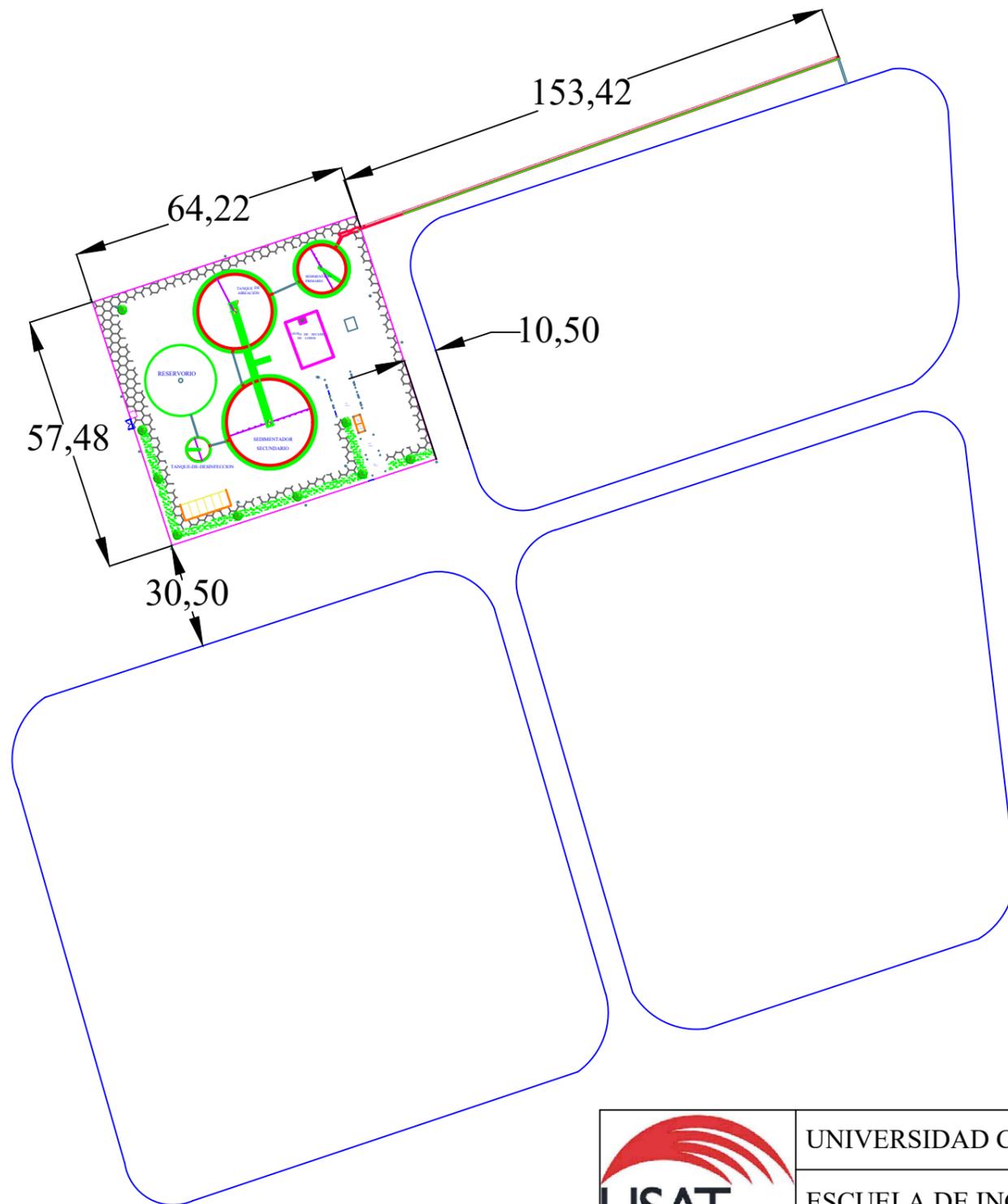
ESCALA:
1:100

TITULO:

UBICACION DE LA PTAR DE PIMENTEL

MEDIDA:
METROS (m)

FECHA:
02/12/2020



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESCALA:
1:100

TITULO:

UBICACION DE LA PTAR DE PIMENTEL

MEDIDA:
METROS (m)

FECHA:
02/12/2020