



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Propuesta de Diseño Hidráulico de Planta de Tratamiento de
Aguas Residuales en la Zona Nevada del Distrito de Ananea –
Puno**

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

AUTORES:

Mamani Tito; Guino Wellington (orcid.org/ 0000-0001-6172-7711)
Valverde Avalos; Rene Valentín (orcid.org/ 0000-0001-7695-7501)

ASESOR:

Mg. Sigüenza Abanto; Robert Wilfredo (orcid.org/ 0000-0001-8850-8463)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA- PERÚ

(2022)

Dedicatoria

A Dios por dirigir mis acciones cada día, a mis amados padres por su apoyo incondicional, a mis hermanos, a mis familiares, a Rocio quien con su impulso y apoyo constante para así lograr mis metas y en especial para mi pequeña hija Lucero quien es mi motor y motivo para seguir adelante.

Mamani Tito; Guino Wellington

Este proyecto se la dedico a mis padres, a mis hermanos quienes me inculcaron con mucho esfuerzo de manera constante y así lograr mis objetivos.

Valverde Avalos; Rene Valentín

Agradecimiento

A la “Universidad Cesar Vallejo” por brindarnos la oportunidad de concretar la carrera profesional de Ingeniería Civil, al Mg. Robert Wilfredo Sigüenza Abanto; por la valiosa asesoría brindada en el presente trabajo de investigación.

Mamani Tito; Guino Wellington

Al Mg. Robert Wilfredo Sigüenza Abanto por la asesoría en la presente investigación y a los profesionales que me impartieron cátedra.

Valverde Avalos; Rene Valentín

Índice de Contenidos

Carátula	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Indice de contenidos	iv
Indice de tablas.....	v
Indice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA	32
3.1. Tipo y diseño de investigación	33
3.2. Variables y operacionalización	33
3.3. Población, muestra y muestreo.....	34
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	34
3.5. Procedimientos	35
3.6. Método de análisis de datos	36
3.7. Aspectos éticos.....	37
V. RESULTADOS	38
VI. DISCUSIÓN.....	74
VII. CONCLUSIONES	78
VIII. RECOMENDACIONES	80
REFERENCIAS	82
ANEXOS.....	86

Índice de Tablas

Tabla 1 Niveles y procesos de tratamientos de aguas residuales	12
Tabla 2 Niveles de tratamiento de aguas residuales	13
Tabla 3 Niveles y procesos de tratamientos de aguas residuales	21
Tabla 4 Límites máximos permisibles de efluentes	23
Tabla 5 Estándares de calidad ambiental de efluentes de PTAR	24
Tabla 6 Estándares de calidad ambiental de efluentes de PTAR	25
Tabla 7 Tipos de aguas residuales	28
Tabla 8 Variables y operacionalización	33
Tabla 9 Características del suelo	40
Tabla 10 Resultados de calidad de efluente domestico.....	42
Tabla 11 Población de la zona nevada Ananea-2007	45
Tabla 12 Población de la zona nevada Ananea-2017	46

Índice de gráficos y figuras

Figura 1.- Proceso de tratamiento de aguas residuales domesticas	8
Figura 2.- Esquema tratamiento preliminar	15
Figura 4.- Esquema de diseño de desarenador.....	16
Figura 5.- Esquema de diseño de aforador	17
Figura 6.- Vista en planta de un tanque Imhoff.....	19
Figura 7.- Sección de un tanque Imhoff	19
Figura 8.- Sección de un tanque Imhoff	20
Figura 9.- Perfil estratigrafica del suelo del área de estudio	39
Figura 10.- Ensayo de corte directo	40
Figura 11.- Esfuerzo de corte / Esfuerzo normal	41
Figura 12.- Representación del pH.....	42
Figura 13.- Representación de la temperatura	43
Figura 14.- Representación de cantidad de SST.....	43
Figura 15.- Representación de cantidad de SST.....	44
Figura 16.- Representación del crecimiento poblacional	47
Figura 17.- Diseño de canal con cámara de rejas	51
Figura 18.- Sección de Canal.....	52
Figura 19.- Representación de vertedero sutro	53
Figura 19.- Diseño de desarenador.....	54
Figura 20.- Esquema de aforador.....	55
Figura 21.- Diseño de aforador	56
Figura 22.- Diseño en planta de tanque Imhoff.....	59
Figura 23.- Diseño de sección de tanque Imhoff	60
Figura 24.- Diseño en planta de filtro percolador.....	65
Figura 25.- Diseño de sección de filtro percolador	65
Figura 26.- Diseño de sección de filtro percolador	66
Figura 27.- Diseño en planta de sedimentador secundario	68
Figura 28.- Diseño de sección de sedimentador secundario	69
Figura 29.- Diseño de la cámara de cloración	70
Figura 30.- Lecho de secado de lodos	73

Resumen

El presente trabajo de investigación nace a partir de la necesidad de evaluar el terreno superficial y caracterizar físico-químicamente el agua residual actual mediante estudios de laboratorio, para lograr el objetivo de plantear un diseño de planta de tratamiento de aguas residuales domésticas óptima y mitigar la contaminación que actualmente se genera en la zona nevada del distrito de Ananea.

En cuanto a los resultados de control de calidad del agua residual, superan los límites máximos permisibles; en cuanto al terreno se encontró un suelo clasificado como GC (suelo conformado por gravas y arcillas), lo que es favorable para el diseño propuesto.

Para el planteamiento del diseño, se utilizó una metodología de recolección de datos poblacionales de 3,231 viviendas, con el censo del INEI, obteniéndose un $Q_{prom}=3.03\text{Lit./Seg}$ de aporte; así, se propone un diseño de tipo combinado con pretratamiento de cámara de rejillas y desarenadora, tratamiento(primario) con tanque Imhoff, tratamiento(secundario) por filtro percolador, sedimentador secundario (eficiencia 90%), y tratamiento(terciario) con cámara de cloración, teniendo como resultado que la evaluación y verificación de datos influye favorablemente en el diseño de planta de tratamiento de aguas residuales domésticas eficiente, cumpliendo con los límites y estándares de calidad de la normativa vigente.

Palabras Clave: Diseño, planta de tratamiento y agua residual.

Abstract

The present research work arises from the need to evaluate the surface terrain and physically-chemically characterize the current wastewater through laboratory studies, in order to achieve the objective of proposing an optimal domestic wastewater treatment plant design and mitigate the pollution that is currently generated in the snowy area of the Ananea district.

Regarding the results of quality control of the residual water, they exceed the maximum permissible limits; Regarding the terrain, a soil classified as GC (soil made up of gravel and clay) was found, which is favorable for the proposed design.

For the design approach, a population data collection methodology of 3,231 homes was used, with the INEI census, obtaining a $Q_{prom}=3.03\text{Lit./Seg}$ of contribution; Thus, a combined type design is proposed with grating chamber pretreatment and grit chamber, treatment (primary) with Imhoff tank, treatment (secondary) by trickling filter, secondary settler (90% efficiency), and treatment (tertiary) with chamber of chlorination, having as a result that the evaluation and verification of data favorably influences the design of an efficient domestic wastewater treatment plant, complying with the limits and quality standards of current regulations.

Keywords: Design, treatment plant and residual water.

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el estudio del ritmo de consumo de agua por parte de las urbes en el mundo, presentado por el director de la ONU en aspectos relacionados con agua, Guy Ryder en la J.M.A, grupo de trabajos de análisis de aspectos relacionados con el agua, precisa que el consumo humano de agua dulce es muy alta y excede su extracción natural lo que a futuro se traduciría en la escasez de este recurso, además manifiesta que el tratamiento de aguas residual representa un componente importante, dada la disponibilidad reducida de agua dulce en los continentes y el crecimiento de la demanda, en consecuencia se vede velar por su consumo medido y su tratamiento para equilibrar este y no demande la extracción excesiva.

En gran parte de zonas urbanas en los países de América Latina y el Caribe, el 75% de aguas servidas de origen domestico no son tratadas por ningún tipo de tecnología, esta necesidad de tratamiento de las aguas residuales está directamente vinculada con el nivel de economía de los países, ya que en países con buen estatus económicos tratan sus aguas servidas de origen domestico en un 70%, mientras que en países con estatus económico medio las tratan en un 38% y las tratan en un 8% en países con estatus económico bajo, puesto que estas aguas son descargadas en cuerpos receptores que conducen y distribuyen los desechos esta falta de tratamiento convierte estos vertimientos en fuentes de contaminación tanto al medio ambiente como al recurso hídrico generando focos infecciosos para la población aledaña, de acuerdo con el estudio publicado por la Organización de Naciones Unidas y la Unesco.

En nuestro país, actualmente el tratamiento de aguas residuales de origen domestico esta focalizado en las zonas urbanas de las capitales de provincia y en de regiones, descuidando el tratamiento de aguas residuales en ciudades lejanas, comunidades y centros poblados con climas agresivos como es el caso de nuestro área de estudio, lo que no ocurre con los países vecinos como chile en el que el tratamiento de aguas servidas se realiza en casi todas su zonas urbanas, lo mismo está ocurriendo con países como Brasil, México y Uruguay.

El agua conformada por desechos de origen domestico que se encuentran estancadas por cierto tiempo empiezan a descomponerse por la presencia de restos orgánicos, este proceso de digestión de material orgánico estancado

contribuye a la generación de gases malolientes albergando seres minúsculos como también insectos. El agua con presencia de agentes contaminantes es decir sin tratamiento suelen tener prácticamente numerosos organismos micro bacteriológicos patógenos, que por estar a la intemperie pueden ser consumidos involuntariamente por seres humanos alojándose en el sistema estomacal provocando enfermedades gastrointestinales, en consecuencia, su seguimiento y remediación de ser primordial en las áreas urbanas y rurales.

La zona nevada del distrito de Ananea se encuentra a una cota de 4650 m.s.n.m. que actualmente alberga la población urbana, en esta zona gran parte del año el clima es sumamente agresivo con presencia de lluvias. nevada y temperaturas que a menudo bajan los cero grados centígrados, además el sistema de tratamiento actual fue concebido y construido sin considerar la variabilidad orográfica, calidad de agua ni poblacional puesto que el área es eminentemente minera y estos varían exponencialmente, todos estos factores contribuyeron a que la planta de tratamiento con lagunas de oxidación o estabilización actual se encuentre colapsada y solo atiende al 40.00% de la población aportante, además la geomembrana que confina el agua se encuentra deteriorada ocasionando filtraciones y las lagunas están colmatadas con arena ya que en el ingreso no se consideró la construcción de cámaras de rejillas ni desarenadoras.

El sistema de tratamiento actual de la zona nevada del distrito de Ananea por el deficiente diseño hidráulico de sus lagunas de oxidación que a la fecha no son funcionales ni eficaces por estar deterioradas y colmatadas por agentes sólidos ajenos al agua residual como arenas y tierra, afectando de sobre manera el medio ambiente y la salud de los pobladores, así lo indica el informe estadístico de las causas de mortalidad realizado por el Centro de salud del distrito (MINSA), en el año 2012 en la que manifiestan que el 26% de enfermedades del sistema respiratorio, el 15% por enfermedades del sistema digestivo, el 15% por causas externas de morbilidad y mortalidad, el 11% por enfermedades del sistema circulatorio y el 11% a causa de enfermedades del sistema Genitor urinario están relacionados directamente por la presencia de focos infecciosos a raíz de la falta de tratamiento de desechos sólidos y aguas servidas.

En consideración a lo arriba descrito, el presente proyecto tiene como propósito plantear un diseño hidráulico de planta de remediación de aguas residuales a partir de la evaluación de la calidad de agua actual y las pendientes de la superficie donde se construirá la misma para de esta manera mitigar la contaminación causada por vertimiento de aguas no tratadas actualmente que impactan negativamente a la población residente y medio ambiente, lo cual mejoraría la calidad de vida de la población y medio ambiente de la zona nevada del distrito de Ananea, además este trabajo podrá ser usado como base para una posible intervención del órgano ejecutor distrital así también profesionales, especializados en el área de saneamiento y descontaminación ambiental y remediación de aguas residuales de origen doméstico.

En consecuencia, descrita la problemática actual del área de estudio se formula el **problema principal** ¿Cuál será el diseño hidráulico de planta de tratamiento de aguas residuales de acuerdo con la evaluación de agua y terreno para mitigar la contaminación en la zona nevada de la ciudad de Ananea?

También, se formulan los **problemas específicos** objeto de este estudio, ¿Cuál es la calidad de agua residual generada en la zona nevada de la localidad de Ananea, Puno?, ¿Qué características tiene el relieve del terreno para plantear un diseño hidráulico para tratamiento de aguas residuales de la zona nevada de la ciudad de Ananea?, ¿Cuál será el diseño hidráulico de planta de tratamiento de aguas residuales y mitigar la generación de pasivos ambientales en la zona nevada de la localidad de Ananea, Puno?

En cuanto a su **justificación e importancia** se basa en la problemática ambiental que daña al entorno, recursos y afecta la salud de las personas aledañas, esta investigación se realiza para plantear un diseño hidráulico de planta de tratamiento y dar solución al problema de vertimiento de agua no tratada en la zona nevada del distrito de Ananea, además del relieve, temperatura y población no estable aportante al sistema alcantarillado, convirtiéndose en un foco de contaminación tanto para el cuerpo receptor como para la población aledaña, por lo tanto esta investigación es necesaria para mejorar las prestaciones sanitarias de la zona nevada del distrito de Ananea, contemplando la evaluación del relieve y calidad de agua vertida para diseñar hidráulicamente una planta de tratamiento que

mitigara la contaminación generada por el sistema actual en la zona nevada del distrito de Ananea.

La importancia de esta investigación converge en sentar un precedente y una referencia en la utilización de diseños hidráulico de plantas de tratamiento utilizando tecnología aeróbica y anaeróbica para la separación de elementos suspendidos y orgánicos de un agua residual a través de tanques de sedimentación y filtros percoladores todos recubiertos como una alternativa funcional en regiones frías con climas agresivos como en este caso la zona nevada del distrito de Ananea - Puno. ya que a la fecha se cuenta con varios estudios de diversas metodologías de tratamientos solo para áreas urbanas de clima moderados que no son funcionales a cotas más altas.

El **objetivo general**, es plantear un diseño hidráulico de planta de tratamiento de aguas residuales que actualmente originan estragos ambientales en la zona nevada de la localidad de Ananea, Puno.

Los **objetivos específicos**:

Conocer la calidad del agua residual generada en la zona nevada de la ciudad de Ananea, Puno.

Caracterizar el relieve de la superficie terrestre del área disponible para el diseño de planta.

II. MARCO TEÓRICO

De acuerdo con la recopilación de **antecedentes a nivel internacional** se tiene:

(Song, y otros, 2020), en el artículo científico de la revista Chemosphere, con el objetivo de evaluar la mejora de eliminación de elementos minerales con contenido de nitrato en las aguas residuales a través de un sistema de filtros estratificado por el que pasa el agua por flujo gravitacional, con la utilización de tanques de retención con zeolitas, obteniendo como resultados que hay una mejora en la disminución de nitratos con este sistema utilizando tecnología biofisiológica, proporciona un tratamiento eficiente a través del uso de estos filtros lo que contribuye en la eliminación de contaminantes, a raíz de sus resultados concluyen que la utilización de material pétreo poroso acoge en estos a la mayoría de las bacterias aeróbicas formando bio-laminas que atrapan y consumen gran cantidad de oxígeno lo que mejora la desnitrificación del agua residual que pasa por ellas.

(Prada, 2015), el que manifiesta que las plantas de tratamiento de aguas residuales son un grupo de componentes cuya función es la ejecución del proceso de tratamiento de aguas residuales en los cuales en la estructura inicial se tiene un separador de sólidos suspendidos a nivel parcial convirtiéndose en sólidos minerales con una estabilidad media y su procesamiento dependerá del tipo de tratamiento empleado ya que la retención de sólidos está directamente relacionada con el tiempo de estancamiento en cada estructura.

Para (Macloni, 2014) , en su trabajo de investigación “Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales en la República de Guatemala, para el área urbana de San Juan Chamelco, Alta Verapaz”, Universidad de Rafael Landívar, en uno de sus objetivos es diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales con tecnología de sedimentación y retención para los desechos de esta área urbana. La investigación, concluye de acuerdo con los valores alcanzados, que el método de tratamiento con tanque Imhoff para la remediación de aguas residuales de origen doméstico además de la sedimentación y retención alcanza 88,62%, de eficiencia en cuanto a la disminución de elementos nocivos para el cuerpo receptor. Esta cantidad de sedimentación y retención resulta favorable en cuanto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno. Este antecedente contribuye en el planteamiento de diseño hidráulico de planta.

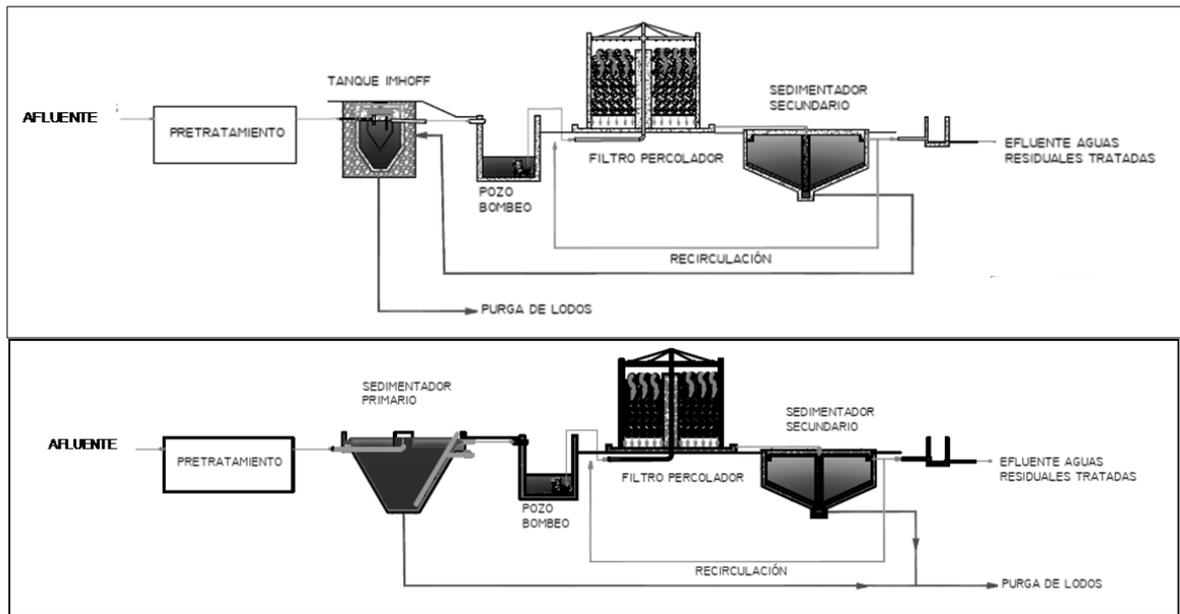


Figura 1.- Proceso de tratamiento de aguas residuales domesticas

Fuente: Salas, iagua 2020

(Maita A. Juliana. 2012), para optar el título profesional de ingeniero civil sustento en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de Ecuador; la tesis “Dimensionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales para la cabecera parroquial de Ilicán”, con el objetivo de dimensionar los componentes de una planta de tratamiento a partir de la medición de caudales y cantidad poblacional, teniendo como procedimiento diferenciar el crecimiento adherido más lento que el de un crecimiento elevado, y que el tiempo que demora puede llegar hasta los seis meses en aguas con baja carga nociva y baja temperatura;. teniendo como resultado que estos filtros son eficiente en la remisión del 80% de DBO utilizando lechos rocoso de 4 a 7 mm almacenado con una profundidad de 1.20 m, también con un tiempo de retención de la carga hidráulica por 24 horas se redujo 1,200 mg/L de la DQO, teniéndose una carga hidráulica por debajo de 4 Kg de DQO/m³/día, la digestión de lodos se verifico a los 56 dias con temperaturas de entre 20°C – 25°C, resultando una eficiencia de tratamiento del DQO hasta el 88%, concluyendo que el dimensionamiento de los componentes de una planta de tratamiento de aguas residuales debe realizarse en función del clima, cantidad, características del agua y eficiencia de tratamiento de cada tecnología en cuanto a la remoción de agentes nocivos al medio ambiente.

De acuerdo con el trabajo de (Romero, 2010), Entre los últimos años 1800 y 1900 de nuestra era, se estudiaron tecnologías de tratamiento con la utilización de la estructura tanque Imhoff para lograr que los sólidos en suspensión y pesados colectados a lo largo de las redes de alcantarillado y buzones de inspección que se encuentran en las aguas residuales de origen domestico se sedimenten para ser degradados anaerobiamente en el fondo de esta estructura mediante digestión de lodos específicamente en una caja de concreto con pendientes concéntricas en ambos sentidos. El trazado de la caja de digestión de lodos, guarda semejanza con una estructura de sedimentación tanto en las pendientes concéntricas como en su funcionamiento la que considera el tiempo de retención para separar los sólidos dependiendo su peso específico, esta metodología de sedimentación mediante el uso de esta estructura tanque Imhoff de acuerdo con los resultados del estudio se desprende que funciona a una eficiencia del 80% lo que para efectos de nuestro diseño de planta de tratamiento es eficiente.

De la recopilación de **antecedentes a nivel nacional** se tiene:

Así mismo los autores (Mondragon & Sanchez, 2017), en su investigación acerca del buen funcionamiento de la planta de tratamiento en el distrito de Trujillo “Análisis de la operatividad del sistema de tratamiento de aguas residuales en el continuo urbano de Trujillo Perú” elaborado en la Universidad “Antenor Orrego”, manifiestan que del análisis y verificación de contenido de coliformes termo tolerantes tienen una resistencia por encima del 40%, y una mayor Demanda Química de Oxígeno superior al 58.5 % de los límites permitidos, todo esto evaluado a la salida de agua tratada evidenciándose que no se tiene una buena remediación y extracción de lodos para su secado lo que ocasiona un alza en la contaminación ambiental y por ende a las personas que viven en rededores, además, también llegaron a la conclusión, que se debe contar con un personal permanente y cumplir con los periodos límite de mantenimiento además de contar con un seguimiento y recolección de información de veras de su funcionamiento, además de la verificación periódica de los niveles estándares de purificación del agua, otro factor importante es el financiamiento de dichas tareas para evitar focos de contaminación ambiental y a los seres humanos.

También se tiene como referencia el trabajo de investigación formulado por (Espinoza, 2015), para obtener el grado de Máster en gestión ambiental, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura del Perú; la tesis “Planta de tratamiento de aguas residuales San Juan de Miraflores”, con el objetivo de investigación de diseñar un sistema de tratamiento que sustituya los depósitos de estabilización existentes, en un área restringida por el tamaño pequeño, diagnóstico y evaluación de la eficiencia del sistema de tratamiento actual, proponiendo un diseño con tanques Imhoff y filtros que son viables desde el punto vista técnico económico y ambiental, concluyendo que se debe orientar los estudios en la utilización de metodologías de tratamiento que propicien el aprovechamiento del agua curada para el riego de áreas de recreación y enfatizar los esfuerzos en su viabilidad técnica, económica, con una cantidad y tamaño de elementos de tratamiento para áreas reducidas, lo que sirve como referencia para sustentar nuestro diseño.

(Lopez y Herrera, 2016), para optar el título profesional de ingenieros civiles, sustentaron en la universidad privada Antenor Orrego de Trujillo; la tesis “Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para reúso en riego de Parques y Jardines en el Distrito de la Esperanza”, tuvo como objetivo principal diseñar estructuras de tratamiento de agua residual para su reutilización en los sistemas de riego de las áreas verdes del distrito de la Esperanza, según sus resultados el diseño según los requerimiento resulta factible desde la perspectiva económica además aminoraría la cantidad y el costo del agua que se utiliza en el proceso de riego de las áreas verdes del distrito, concluyendo que es factible el reúso de aguas residuales tratadas para actividades ajenas al consumo humano y mitigar la contaminación, y disminuiría el costo por el uso de agua potable en riego de parques y jardines.

La Universidad Nacional de Mayor de San Marcos (UNMSM) 2006, se formula un diseño de planta de tratamiento con la utilización de humedales artificiales con el objetivo de tratar de las aguas desechadas en la ciudad universitaria, la ejecución de este diseño comprendió el cálculo del caudal generado por los servicios higiénicos desechando el caudal generado por los lavatorios y lavamanos de los ambientes, esto propicio un dimensionamiento conservador que influyo en la eficiencia, dados los resultados se obtuvo que el sistema de tratamiento diseñado a partir del uso de solo el caudal descargado en los servicios

higiénicos es eficiente y el agua tratada es utilizada en el riego de áreas verdes, jardines, además también es utilizada en el riego del estadio universitario, servicio de limpieza de los ambientes en la ciudad universitaria, concluyendo que es viable el tratamiento y reutilización de las aguas servidas generadas en la ciudad universitaria.

(Saul A. y Carlos A., 2005), para optar el título profesional de ingeniero civil, sustentaron en la Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga de Ayacucho; la tesis “Determinar la remoción del DBO5 en la planta de tratamiento de aguas residuales de Ayacucho” cuyo objetivo fue investigar el nivel de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno con una temperatura promedio de 15.35°C, en donde reportan los resultados de remoción del tanque Imhoff con rendimientos por debajo de los 25% en la remoción del DBO5, debido al periodo de maduración de la unidad, concluyen que para garantizar un nivel óptimo de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno que debe tomar en cuenta un mayor tiempo de retención del agua para degradar la materia orgánica y evitar turbulencias durante este proceso, además recomiendan el uso de coberturas en las estructuras para evitar la influencia de agentes externos al agua residual que afecten su tratamiento por medio de degradación.

Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

(Ayala, 2014), en su trabajo de investigación “Plantas de tratamiento de aguas residuales”. Universidad Mayor de San Simón. Bolivia, manifiesta que el diseño de una planta de curación de debe ser por depósitos independientes primario cuyo objetivo es la disminución de elementos suspendidos SST, alcanzando excelentes resultados. Para urbanizaciones de 5,000 beneficiarios o menos, son eficientes particularmente en climas con temperaturas convencional, lo que optimiza el proceso de digestión de lodos sedimentados, al seleccionar se debe pensar que esta estructura produce olores desagradables. Para su uso correcto es primordial que las aguas residuales antes del tratamiento propiamente sean separadas de elementos externos mediante estructuras o filtros preliminares.

(Alexandra, 2011), la función de un dimensionamiento (Diseño) acorde con el clima del área beneficiaria es importante puesto que los componentes de tratamiento

como filtros, también llamados reactores anaerobios cuyo objetivo principal es la reducción de sólidos suspendidos, y si no se considera el factor climático esta reducción estará comprometida y no será eficaz. En este diseño de tratamiento, el agua residual ingresa por medio de un flujo laminar y es vertida al filtro por medio de un vertedero uniforme el cual garantiza su admisión a largo de toda la sección del filtro sin generar turbulencias. Durante el flujo por gravedad el agua residual es filtrada entre un material poroso en el que se encuentran elementos orgánicos que consumen los nutrientes del agua y le adicionan oxígeno conformando el proceso de degradación anaeróbica que mejorando su calidad.

Tabla 1. Niveles y procesos de tratamientos de aguas residuales

NIVEL	DESCRIPCION	TRATAMIENTO
PRELIMINAR	Elimina materiales que causan problemas de operación como trapos, ramas, materiales, plásticos	Uso de rejas, tamices, desarenados, tanques de homogenización, trampas de grasa, medidor y repartidos de caudal
PRIMARIO	Elimina sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentales para disminuir la carga orgánica	Sedimentador, unidades con inyección de aire tanque séptico Imhoff y tanques de flotación
SECUNDARIO	Procesos biológicos con una eficiencia de remoción de DBO soluble mayor a 80%	Lodos activados filtros percoladores humedales lagunas de estabilización. Reactores
TERCIARIO	Remueve sólidos suspendidos a través de microfiltración además en este nivel se remueven	Microfiltración, la coagulación y precipitación la absorción por carbón activado, cloración, destilación, oxidación química extracción por solventes remoción por espuma nitrificación – de nitrificación

Fuente: Fondo Nacional del Ambiente (2010)

Poblacion y Periodo de Diseño

(Sencico-RNE-OS.070, 2006), la población de diseño se refiere a la cantidad poblacional proyectada en el tiempo, esto en consideración de la vida útil de la estructura, para este diseño es necesaria la utilización y verificación de los datos poblacionales proporcionados por el INEI con los datos poblacionales recolectados in-situ, que para el caso del presente estudio corresponde a la zona nevada del

distrito de Ananea, el periodo de diseño corresponde al tiempo de proyección del crecimiento o decrecimiento de la cantidad poblacional, que para el presente proyecto de investigación es de 20 años, asumiendo una operatividad y funcionalidad del diseño durante todo este tiempo, el periodo de diseño es tomado de acuerdo con la proyección y en consideración a los factores poblacionales, terreno y clima del área de estudio.

Tratamiento Combinado

(Noyola, Morgan, & Guereca, 2013), a raíz de su investigación “Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales”, cuyo objetivo es corroborar en el diseño plantas de tratamiento de tipo combinado la integración de elementos de la naturaleza como el oxígeno y elementos físico-químicos durante el tratamiento de aguas residuales de origen doméstico, para los tratamientos combinados se evalúa la utilización de tecnologías de tratamiento aeróbico y anaeróbico, esto significa la consideración del aspecto económico ya que los tratamientos aeróbicos implican la utilización de energía eléctrica o combustible para la generación de aireación durante el tratamiento, en cambio si se utiliza un diseño con tecnología de tratamiento anaeróbico no requiere la utilización de elementos externos claro que se tienen que proponer un sistema de tratamiento por gravedad, para esto se requiere un terreno con pendiente pronunciada.

(Noyola 2013), también manifiesta que se debe proporcionar especial atención al contenido orgánico mezclado con los aceites y grasa en las aguas desechadas para elegir un diseño que utilice un sistema de tratamiento con estructuras aeróbicas que traten física y químicamente el agua residual, estos sistemas de tratamiento generalmente son desechados puesto que implica la utilización de recursos económicos altos que no pueden ser cubiertos por la población beneficiaria, en consecuencia se eligen un tipo de tratamiento convencional, quedando la evaluación de otros factores o el diseño de tratamientos combinados que no impliquen la utilización de energía eléctrica o combustibles.

Tabla 2.- Niveles de tratamiento de aguas residuales

NIVELES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		
NIVELES	DESCRIPCION	TRATAMIENTO

PRELIMINAR	Remueve material causante de problemas operacionales como trapos, ramas, plásticos.	Rejas, Tamices, Desarenador, tanque de homogenización, trampas de grasa.
PRIMER NIVEL	Remueve solidos orgánicos e inorgánicos sedimentables para disminuir la carga orgánica	Sedimentación, unidades con inyección de aire, tanque séptico, Imhoff, tanque de flotación
SEGUNDO NIVEL	Procesos biológicos con una eficiencia de remoción de DBO soluble mayor 80%	Lodos activados, Filtro percolador, humedales, lagunas de estabilización, reactores biológicos.
TERCER NIVEL	Remueve solidos suspendidos a través de microfiltración, además en este purifica el agua con el uso de algún agente químico	Microfiltración, coagulación y precipitación, absorción por carbón activado. Cloración, destilación, oxidación química

Fuente: (RNE-Norma OS.090)

Pretratamiento

(Borrero, 2016), en su trabajo de análisis manifiesta que es primordial el uso de equipos de limpieza preliminar antes del ingreso del agua al sistema de curación principal como rejillas metálicas, tamices graduados, microfiltros que retengan elementos flotantes y no flotantes como plásticos, rocas, etc, que resulten dañinos para los procesos de tratamiento secundario y terciario, en esta etapa de tratamiento es necesario conseguir el ingreso uniforme del caudal aun en su máxima demanda con estructuras de uniformización con la finalidad de evitar turbulencias y el arrastre de elementos retenidos en los tratamientos secundarios y terciarios.

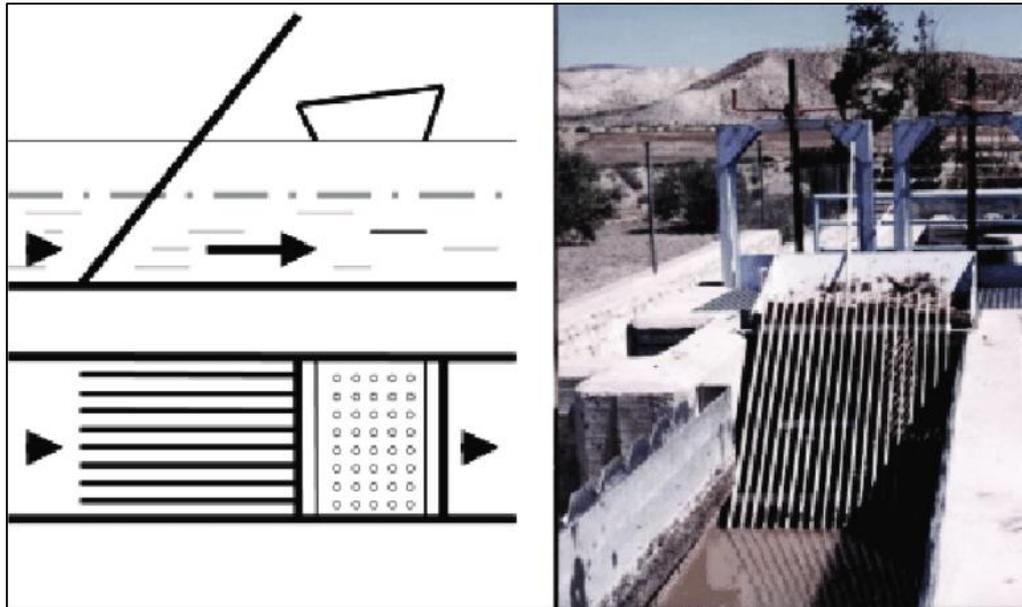


Figura 2.- Esquema tratamiento preliminar
Fuente: Pidre, 2007

(Metcalf & Eddy, 2014). En su texto “Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización”, publicado en New York, manifiestan que para garantizar el tratamiento de las aguas residuales en los diferentes niveles, esta no debe contener elementos ajenos a misma que perturben su flujo y/o retención, y que en esta etapa de proceso de curación no deben quedarse retenidos elementos que tienen que tratarse en procesos primarios, secundario y terciario por lo que es necesario el empleo de equipos de agitación mecánicos o de aire o una combinación de ambos y de esta manera garantizar que los elementos con necesidad de tratamiento pasen a las estructuras de tratamiento secundarios y sean retenidos en el primario.

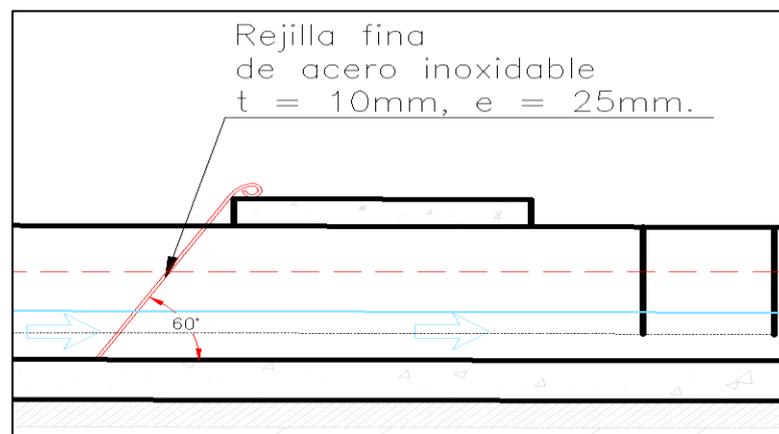


Figura 3.- Sección de tratamiento preliminar
Fuente: Elaboración propia

Desarenador

(Cerezo, 2011), para optar se grado en la Universidad politecnica de Catalunya, sustento la tesis: “Estación depuradora de aguas residuales”, en la que tiene como finalidad u objetivo: diseñar una estación de tratamiento con el uso de desarenadores metálicos, de su análisis manifiesta que es primordial que antes del ingreso al tratamiento propiamente el agua servida debe pasar por una estructura ya sea de concreto, plástico o prefabricada que se encargue de retener los sólidos pesados como la arena que ingresan externamente a las redes colectoras ya sea a través de los buzones de inspección, conexión domiciliaria o cajas de inspección domiciliaria, ya que estas podrían alterar el normal proceso de curación durante los procesos de sedimentación y percolación.

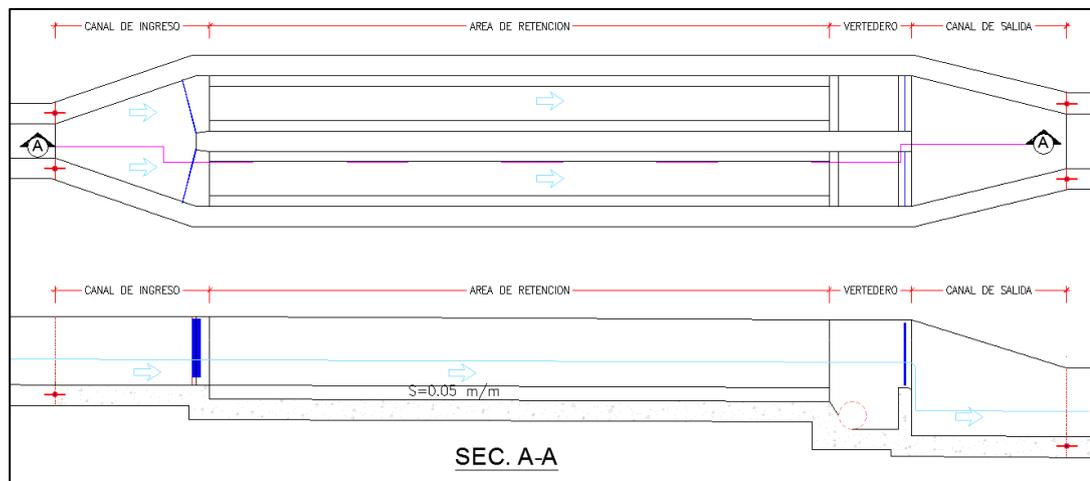


Figura 4.- Esquema de diseño de desarenador

Fuente: Elaboración propia

Para realizar el control del volumen de agua que transita por el sistema, dentro de los componentes preliminares se tiene un medidor Bowlus graduada, con se registra la cantidad de agua que ingresa a los tratamientos subsecuentes.

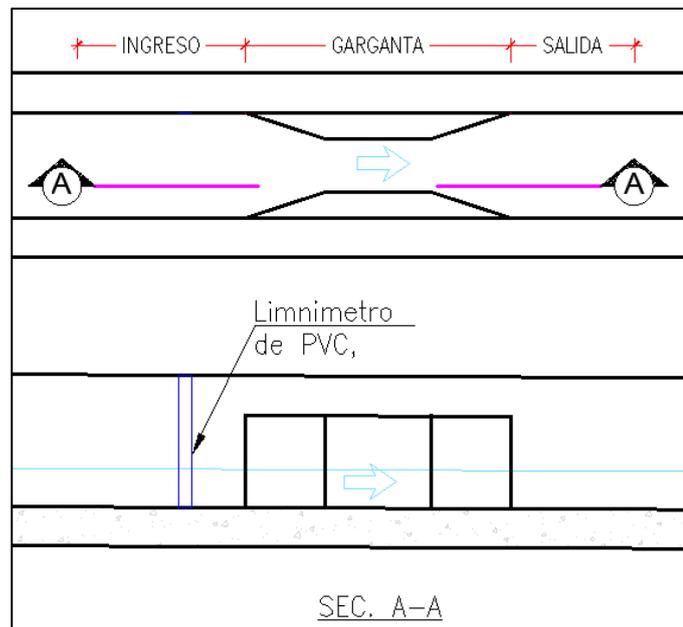


Figura 5.- Esquema de diseño de aforador
Fuente: Elaboración propia

Tratamiento primario con tanque Imhoff

(Fonam, 2010), en el estudio “Oportunidades De Mejoras Ambientales Por El Tratamiento De Aguas Residuales en el Perú”, afirman que la utilización de esta estructura durante el tratamiento primario de aguas residuales es mucho mejor que el uso de sedimentadores primarios, y que estos últimos solo actúan como retenedores mas no separadores de sólidos, aseveran que el tanque Imhoff ejecutar el tratamiento inicial o primario en el que los elementos suspendidos son reducidos hasta un 65% de acuerdo con la concentración de sólidos y en función al tiempo de retención antes de su paso al proceso de tratamiento secundario, estos solidos son depositados y digeridos en el fondo de esta estructura hasta su extracción durante el proceso de mantenimiento y limpieza, esta estructurado por estratos horizontales conformados desde la parte superior por un nivel de sedimentación, de natas, intermedio neutro, nivel de transición y la parte más baja por un nivel de digestión de lodos.

(Salas, 2020) en su publicación “tanque Imhoff: fundamentos y diseño” manifiesta que el funcionamiento de esta estructura también depende de la no generación de turbulencias durante el ingreso de agua para lo que es primordial el uso de vertederos de ingreso y de salida, en los niveles que se encuentran por encima del

área de sedimentación, en este nivel también se encuentra el separador de natas y espumas, en el siguiente nivel inferior se cuenta con una caja concéntrica que se encarga de sedimentar los sólidos a razón de 24 metros cúbicos por cada día de retención, esto sucede por medio de la gravedad y peso propio de cada sólido, seguidamente cuenta con el nivel neutro en el que gracias a la inexistencia de turbulencia los sólidos transitan a la zona de digestión en donde son depositados y digeridos hasta su extracción.

(Ayala F. Rodrigo, 2014), Es un elemento de tratamiento primario que tiene la función de extraer los componentes suspendidos que integran el agua residual, el uso de esta estructura es recomendada para lugares con pocos habitantes ya que de este número depende su profundidad y área superficial, además la topografía del terreno brinda facilidades para su construcción y el flujo del agua, al seleccionar este elemento se tomar en consideración que en esta estructura generan olores desagradables producto de la digestión de lodos. Para una operación y mantenimiento correcto el agua que ingresa no debe contener elementos externos que obstruyan y/o perturben el proceso de sedimentación, en consecuencia es necesario el uso de cribas antes del ingreso de las aguas al sistema de tratamiento.

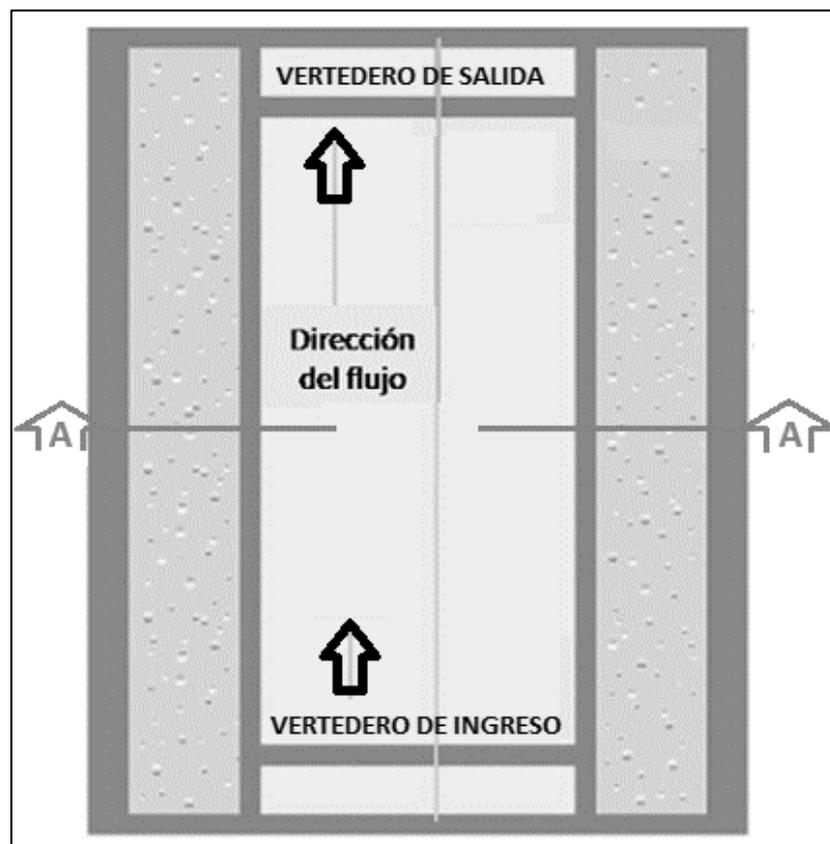


Figura 6.- Vista en planta de un tanque Imhoff
Fuente: Salas, iagua 2020

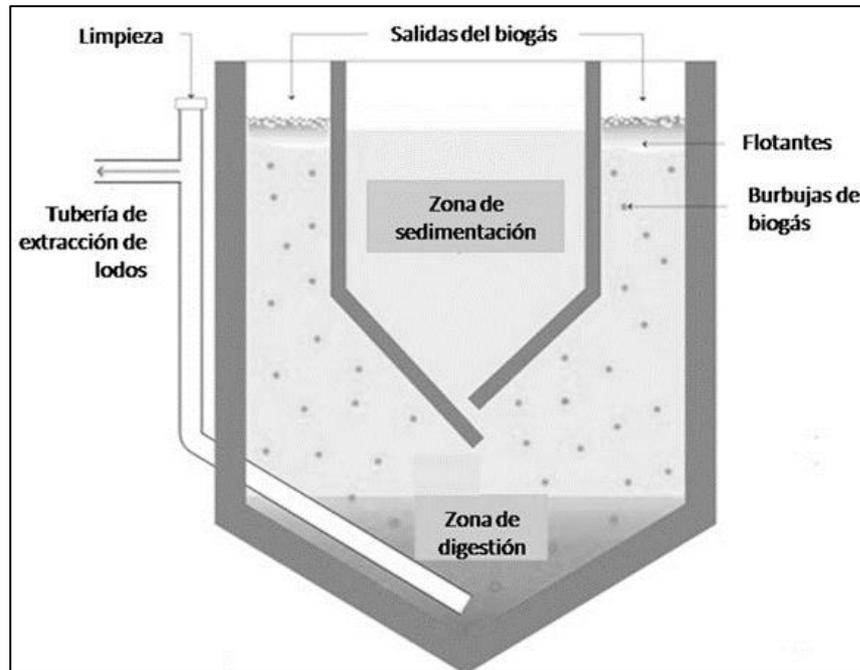


Figura 7.- Sección del tanque Imhoff
Fuente: Salas, iagua 2020

Tratamiento secundario con filtro percolador

(Metcalf & Eddy, 2014). En su texto "Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización", publicado en New York, define esta estructura de tratamiento como un sistema de purificación a través de procesos biológicos del agua residual, por medio de la oxidación para que esto suceda el agua debe fluir a través de un medio poroso, con presencia de flujo de aire. El flujo de aire puede ser natural o artificial en contracorriente o en sentido del agua, en el medio poroso se genera una faja biológica en la que se alojan bacterias autótrofas en el fondo, heterótrofas en la superficie, hongos, algas verdes y protozoos; también se encuentran animales más evolucionados como larvas de insecto, gusanos, caracoles y limacos.

(Rolim, 2000), en su texto "Sistemas de lagunas de Estabilización", publicado por McGraw- Hill Interamericana en Colombia asevera que en el tratamiento secundario se deben considerar estructuras formadas por depósitos de concreto armado en el que se almacenan las aguas para continuar con el proceso de sedimentación, esta

será efectiva en función del tiempo de estancamiento, con la finalidad de garantizar su eficiencia es primordial que el agua ingresada no genere turbulencia y perturbe la sedimentación por lo que es recomendable el uso de aliviaderos de flujo además del uso de retenes para evitar el ingreso de elementos ajenos al agua residual doméstica.

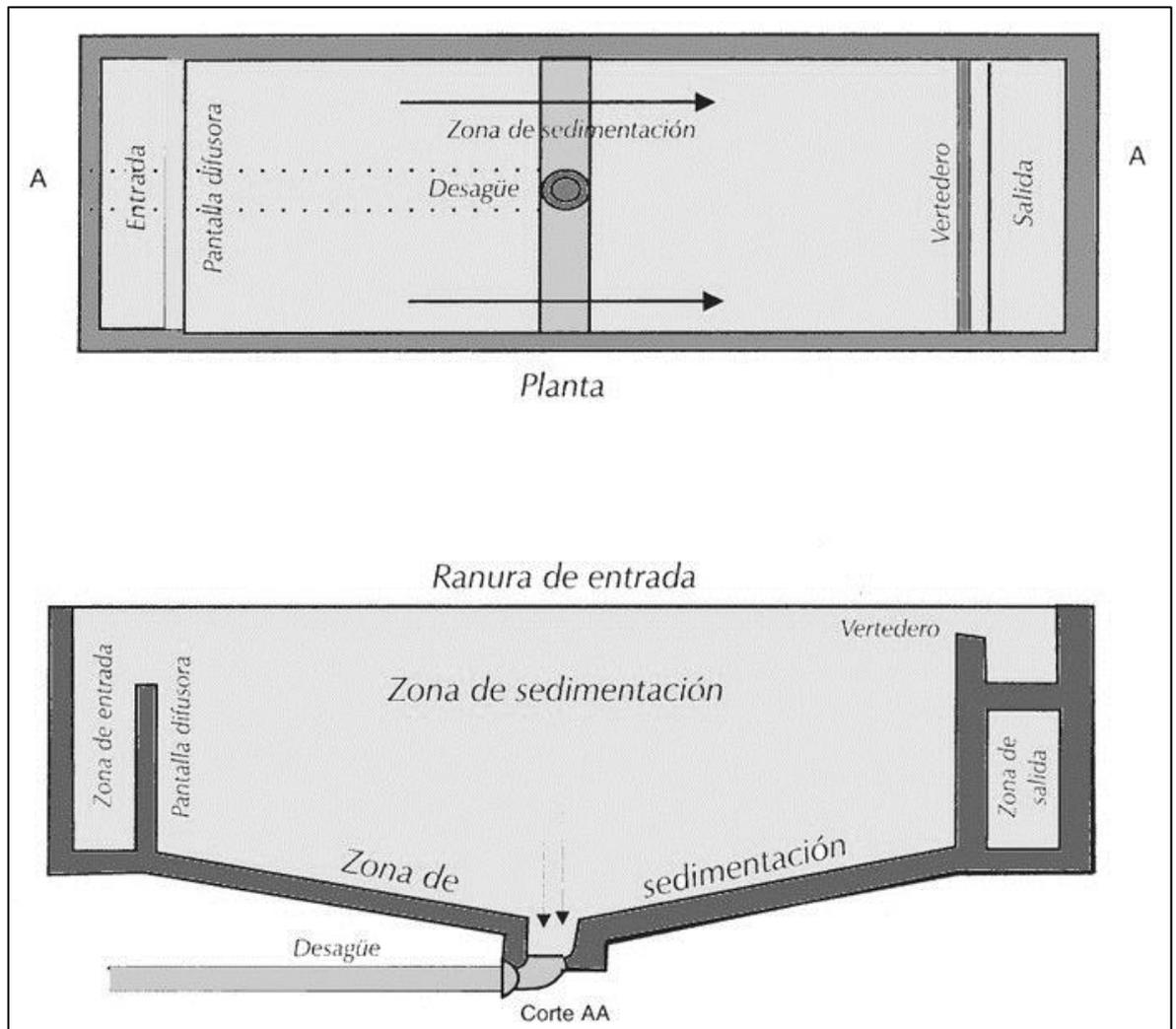


Figura 8.- Sección de un tanque Imhoff
Fuente: Ozoniq Ingeniería

Tratamiento terciario

(Rigola, 1999), en su publicación titulada "Tratamiento de aguas industriales" por Alfaomega en México, las estructuras de tratamiento terciario o de homologación de calidad ambiental es necesario el uso de filtros gruesos hasta finos para retener elementos que hayan podido pasar los tratamientos primario y secundarios, esta

estructura generalmente está compuesta por material granular seleccionado el cual será mantenido y limpiado periódicamente para evitar obstrucciones, además en este nivel de tratamiento se recomienda el uso de insumos químicos como floculadores, coaguladores o cloración lo que contribuirá en la reducción de sólidos suspendidos y proporcionar al agua ya tratada los estándares de calidad exigidos por las normativas vigentes de acuerdo al uso para el que fueron tratadas.

Tabla 3.- Niveles y procesos de tratamientos de aguas residuales

NIVELES	DESCRIPCION	TRATAMIENTO
PRELIMINAR	Remueve material causante de problemas operacionales como trapos, ramas, plásticos.	Rejas, Tamices, Desarenador, tanque de homogenización, trampas de grasa.
PRIMER NIVEL	Remueve sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables para disminuir la carga orgánica	Sedimentación, unidades con inyección de aire, tanque séptico, Imhoff, tanque de flotación
SEGUNDO NIVEL	Procesos biológicos con una eficiencia de remoción de DBO soluble mayor 80%	Lodos activados, Filtro percolador, humedales, lagunas de estabilización, reactores biológicos.
TERCER NIVEL	Remueve sólidos suspendidos a través de microfiltración, además en este purifica el agua con el uso de algún agente químico	Microfiltración, coagulación y precipitación, absorción por carbón activado. Cloración, destilación, oxidación química

Fuente (RNE OS – 090 PTAR)

Calidad De Aguas Residuales Domesticas

(Crites, 2000), afirma en su texto “Tratamiento de Aguas residuales en pequeñas poblaciones” que los objetivos iniciales del tratamiento deben ser conocer las características de los tipos y calidades de elementos que componen un agua residual de origen domestico de un sector de la población de otros sectores urbanos producto de la diversidad cultural y diversidad de metodologías productivas de una sociedad a través de un proceso de análisis diferenciado de para encontrar dentro de la composición de sus aguas residuales desde elementos convencionales,

metálicos, químicos y biológicos tóxicos, además diferenciar los caudales máximos horarios y diarios, encontrando resultados sectorizado, además poner hincapié en el alza de costos por lo que sería inviable para ciudades con recursos económicos limitados, concluye que en ciudades con pocos recursos económicos se debería optar por tratamientos combinados que tengan un alcance en cuanto a tratamiento de desechos descargados de todos sus sectores.

(Lopez & Herrera, 2016), en su trabajo “Planta de Tratamiento de aguas residuales para reúso en riego de parques y jardines en el distrito de la Esperanza, Provincia de Trujillo” manifiestan que el caudal de diseño es una información que se debe tratar con mucha importancia y su contextualización a la realidad poblacional, económica y climática es esencial antes del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales con el uso de cámaras de lecho de relleno que son utilizados en la disminución de contenido orgánico disuelto a través del consumo por parte de microorganismos anaerobios que están sobre el material de granular filtrante.

(Metcalf & Eddy, 2014), en su texto “Ingeniería de las aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización”, donde tiene el objetivo de obtener las diferencias de calidad (composición) entre aguas residuales, es variado puesto que durante el flujo desde las viviendas, residenciales, áreas industriales, comerciales y a lo largo de todas las redes hasta el punto de tratamiento están sometidas a procesos de mezcla tanto entre los sólidos, desechos orgánicos, desechos inorgánicos, de origen pluvial y agua subterránea que se acomete por las uniones de las redes incrementando los caudales de tratamiento, teniendo como conclusión, considerar durante el diseño las fluctuaciones horarias de generación de aguas por agentes externos y que la ubicación de la planta debe ser en un lugar alejado a la zona urbana.

Para el autor (Palacios, 2011), en el “Proyecto Ecológico e hidráulico de Tratamiento de Aguas Residuales” en la ciudad de Lima, investigo la composición de las aguas residuales de origen doméstico, encontrando que estas se encuentran compuestas de por partículas sólidas de diferente tamaño además de elementos orgánicos e inorgánicos que probablemente sean vertidas desde comercios o centros de mecánica automotriz que componen las zonas urbanas, además encontré que no solo fluyen agua residual de origen doméstico sino que también está compuesta por elementos externos como tierra, arena y otros que son aportados o

ingresan por las tapas de los buzones de inspección, por las uniones de tuberías, por las cajas ciegas de conexiones domiciliarias y por las aguas subterráneas que fluyen bajo tierra, esta investigación concluye que todos estos factores deben ser estudiados y considerados durante la formulación de una metodología de tratamiento y garantizar su eficiencia.

Tabla 4.- Límites máximos permisibles de efluentes

PARÁMETROS	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUA
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
Ph	Unidad	6.5-8.5
Sólidos totales en suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: Decreto Supremo N° 003 - 2010 - MINAM

(Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994) en su texto “Gestión Integral de Residuos Sólidos”, aseveran que los parámetros del agua residual de cada sector urbano están relacionadas con la actividad de producción económico-social que desempeñan en la sociedad, por ende se debería incidir en la caracterización del contenido orgánico, elementos físicos, elementos químicos y biológico, concluyen que es necesaria una delimitación o enmarcado de fuentes de aporte para su evaluación además de las redes de colección desde la conexión domiciliaria, redes principales, secundarias y emisor hasta el punto de entrega en la planta de tratamiento.

Tabla 5.- Estándares de calidad ambiental de efluentes de PTAR

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	
FISICOS – QUIMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L		5	10
Bicarbonatos	mg/L		518	**
Cianuro Wad	mg/L		0.1	0.1
Cloruros	mg/L		500	**
Color (b)	verdadero Escala Pt/Co		100 (a)	100 (a)
Conductividad	(μ S/cm)		2,500	5,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L		15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L		40	40
Detergentes (SAAM)	mg/L		0.2	0.5
Fenoles	mg/L		0.002	0.01
Fluoruros	mg/L		1	**
Nitratos (NO ₃ -N)	mg/L		100	100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L		10	10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L		≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH		6.5 – 8.5	6.5 – 8.4
Sulfatos	mg/L		1	1,000
Temperatura	°C		$\Delta 3$	$\Delta 3$

Fuente: D.S. N° 004-2017-MINAM

Tabla 6.- Estándares de calidad ambiental de efluentes de PTAR

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L		5	5
Arsenico	mg/L		0.1	0.2
Bario	mg/L		0.7	**
Berilio	mg/L		0.1	0.1
Boro	mg/L		1	5
Cadmio	mg/L		0.01	0.05
Cobre	mg/L		0.2	0.5
Cobalto	mg/L		0.05	1
Cromo Total	mg/L		0.1	1
Hierro	mg/L		5	**
Litio	mg/L		2.5	2.5
Magnesio	mg/L		**	250
Manganeso	mg/L	0.2		0.2
Mercurio	mg/L		0.001	0.01
Niquel	mg/L		0.2	1
Plomo	mg/L		0.05	0.05
Selenio	mg/L		0.02	0.05
Zinc	mg/L		2	24
ORGÁNICO				
<u>Bifenilos Policlorados</u>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L		0.04	0.045
PLAGUICIDAS				
Paratión	µg/L		35	35
<u>Organoclorados</u>				
Aldrín	µg/L		0.004	0.7
Clordano	µg/L		0.006	7

Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0.001	30
Dieldrín	µg/L	0.5	0.5
Endosulfán	µg/L	0.01	0.01
Endrin	µg/L	0.004	0.2
Heptacloro y Heptacloro	µg/L	0.01	0.03
Epóxido			
Lindano	µg/L	4	4
<u>Carbamato</u>			
Aldicarb	µg/L	1	11

MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO

Coliformes	NMP/100	1,000	2,000	1,000
Termotolerantes	ml	1,000	**	**
Escherichia coli	NMP/100			
Huevos de Helminthos	Huevo/L	1	1	**

Fuente: D.S. N° 004-2017-MINAM

Características físico-químicas y biológicas

Las particularidades físicas de los fluidos residuales son su contenido de elementos disueltos en suspensión de diferentes tamaños que son plausibles de ser consolidadas o sedimentable; sólidos totales, que comprenden los elementos restantes del proceso de evaporación alcanzando una temperatura por encima de ebullición al que es sometida una cantidad de agua, los sólidos sedimentables, considerados los elementos flotantes sujetos a filtración y separación o sedimentación según el tiempo de retención son asentados en función de su peso específico y densidad digeridos en la parte más baja del depósito que las contiene.

Demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.₅). Este proceso de parametrización de cálculo del consumo de contenido orgánico por los microorganismos durante la degradación bioquímica de elementos orgánicos contenidos en el agua residual es determinado por medición de la cantidad de oxígeno disuelto por mililitro de agua estudiada. Con respecto a la estabilización de elementos orgánicos nitrogenados se tiene que es necesaria la utilización de grandes cantidades de oxígeno por parte

de microorganismos en función de factores climáticos como la temperatura, La D-B-O5 es la que se encarga de proporcionar la cantidad de elementos orgánicos que pueden ser biodegradables por volumen de agua.

Demanda Química de oxígeno (D.Q.O.). Esta característica es conseguida por medio de la aplicación de reactivo químico cuya función es la de degradación mediante la oxidación para establecer la equivalencia de oxígeno en materia orgánica con posibilidad de ser degradada mediante la oxidación, dado que la D-Q-O en fluidos servidos es mayor a la D-B-O5 puesto que la oxidación biológica implica mayor cantidad de compuestos que la oxidación química.

Parámetro biológico; dentro de este parámetro de los fluidos residuales de origen doméstico se encuentran considerados los organismos particulados biológicos para los que se plantea un tratamiento de tipo biológico, microorganismos, dentro de este componente de los fluidos residuales se encuentran elementos microscópicos bacteriólogos y eucariotas en cantidades regulares, participan en la digestión de los lodos sedimentales, bacterias, comprende el universo de microorganismos no visibles al ojo humano específicamente los *Escherichia coli* que se encuentra presente en las aguas grises provenientes de los inodoros de las viviendas de las urbes, organismos patógenos, estos microorganismos están conformados por helmintos y organismos bacteriológicos con potencial de causar enfermedades como la disentería, colera, y la fiebre tifoidea.

Material somático (Orgánico). Dada la naturaleza de la fuente de generación de carga hidráulica cuenta con un sinnúmero de elementos somáticos u orgánicos es necesario el estudio de las tecnologías de tratamiento antes de su implementación.

Tipos de agua residual

Según Romero (2001), se tienen bastantes formas de tipificar el agua servida dependiendo de su origen: agua residual doméstica que corresponde al agua utilizada en actividades cotidianas al interior de las viviendas, instituciones, colegios, etc. Cuyos contenidos nocivos son muy bajos y con presencia casi nula de elementos químicos dada su fuente:

Agua residual doméstica

Es el agua utilizada en actividades cotidianas al interior de las viviendas, instituciones, colegios, etc. Cuyos contenidos nocivos son muy bajos y con presencia casi nula de elementos químicos dada su fuente.

Agua residual de origen industrial

Corresponde a los fluidos con contenido de sólidos en suspensión, que son generados en fuentes industriales como fábricas talleres mecánicos y otros.

Agua residual municipal

Son las aguas que son conducidas por medio del sistema alcantarillado de un área urbana, con contenido de materia orgánica, aceites, grasas, nutrientes y patógenos, etc.

Agua amarilla

Esta denominación se le atribuye a la combinación de fluidos originados en los servicios higiénicos (Orina), que cuentan con cantidades considerables de nutrientes, hormonas y sales.

Agua gris

Corresponde a las aguas que son originadas en los componentes sanitarios domésticos que son descargados con alto contenido de nutrientes, orgánicos y elementos derivados de detergentes dado su uso doméstico.

Agua café

Se denomina agua café al fluido residual que contiene pequeñas cantidades de heces y orina que dado su volumen pequeño aportan de manera poco significativa en agentes patógenos, hormonas y sólidos en suspensión.

Agua negra

Esta agua residual está compuesta por orina y heces con alta carga patógena, nutriente, orgánica y a veces está compuesta por agentes químicos cuyo tratamiento es diferido.

Tabla 7 .- Tipos de aguas residuales

TIPOS DE AGUA	DEFINICION	CARACTERISTICAS
Agua residual domestica	Procedentes en las diferentes actividades desde el interior de las viviendas, colegios, fabricas, etc.	Los materiales contaminantes están presentes en moderadas concentraciones
Agua residual municipal	Son trasladados por el alcantarillado desde una ciudad o población	Contiene materia de procedencia orgánica, nutrientes y patógenos, etc.
Agua residual industrial	Provenientes de las descargas de industrias	Su contenido tiene relación con el tipo de industria Y/o procesos industriales
Agua negra	Contiene orina y heces	Alto contenido de nutrientes, patógenos, hormonas y residuos farmacéuticos
Agua Amarilla	Es la orina trasladada con o sin agua	Alto contenido de nutrientes, hormonas y elevada concentración de sales
Agua café	Agua con contenidos de pequeña cantidad de heces y orina	Alto contenido de nutrientes, patógenos, hormonas y residuos
Agua gris	Procedentes de lavamanos, duchas y lavadoras	Contienen pocos nutrientes y agentes patógenos, muy por el contrario, ostentan máxima carga de productos y detergentes

Fuente: Romero R. J. (2001)

Cantidad de Aguas Residuales

(Arocha, 1983), en su trabajo "Abastecimiento de agua, teoría y Diseño" Teniendo el objetivo diferencias las cargas hidráulicas de acuerdo al horario mediante el procedimiento de aforo, concluyendo que ésta es el valor numérico que representa la cantidad de flujo que ingresa al sistema en función del tiempo, que para el caso especifico del agua residual la cantidad es el volumen que ingresa representado en ($m^3/m^2 \times dia$) ó ($m^3/m^2/dia$), en consecuencia para efecto de diseño es primordial tener el aforo correcto de la cantidad de agua por medios mecánicos ya que este

dato tiene relación directa con el proceso de dimensionamiento de los componentes de tratamiento.

(Lopez A. Erick. 2012), en su trabajo "Tratamiento de aguas residuales" manifiestan que el caudal de diseño es una información cuantificada que se debe tratar con mucha importancia y su contextualización a la realidad poblacional, económica y climática es esencial antes del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales con el uso de estructuras o depósitos de retención de agua con contenido de desechos sólidos, material orgánico disuelto, esta información influye de sobremanera en el diseño de las tecnologías y niveles de tratamiento por tanto su verificación es necesaria tanto en campo como en gabinete.

También (Rolim, 2000), manifiesta que las aguas residuales son los desechos generados tanto por los habitantes de las viviendas, instituciones públicas, centros de salud, salones comunales, áreas de juegos, zonas industriales y zonas de comerciales y su composición debe ser estudiada durante la elección de una tecnología de tratamiento, además del estudio del estudio de las tuberías de desagüe que por deterioro podrían estar recogiendo elementos externos que no podrían ser tratados con un sistema de tratamiento convencional, de acuerdo con su conclusión se debe incrementar el factor de seguridad en cuanto al predimensionamiento de componentes de tratamiento.

Cantidad de agua residual por filtraciones

Según el (RNE, OS100, 2006), las filtraciones de agua por causa de fuentes exteriores a las tuberías que componen las redes colectoras primarias, secundarias y red emisor final que se mezclan e incrementan la carga hidráulica conducida hacia la planta de tratamiento, ésta es calculada y el valor final es asumido en función al nivel de filtración o percolación con el que cuenta el suelo que compone el terreno además de considerar el nivel de la napa freática y calidad de las tuberías colectoras y las uniones en los empalmarse, además considerar las filtraciones que se producen por fallas y/o rupturas en las tuberías a lo largo de las redes.

Cantidad de agua residual por precipitaciones

Según el (RNE-OS.070, 2006), es la carga hidráulica adicional que es producida por filtraciones tanto en las redes colectoras, buzones como en los componentes de la planta de tratamiento propiamente, proveniente de las lluvias y deshielo en zonas nevadas, también este caudal se debe adicionar por filtraciones a través de las cajas de inspección de las conexiones domiciliarias, de acuerdo con la normativa vigente la cantidad adicional a considerar es de 0.05 L / seg. Por cada mil metros de carretera o vía bajo las cuales fluye el agua residual.

Cantidad de agua residual por tuberías

(RNE-OS.070, 2006), éste, es el caudal desechado a considerar producto del consumo los habitantes del área de estudio, de acuerdo con la normativa vigente se tiene que cada habitante tiene una dotación de agua potable de 80 litros por habitante por día para zonas urbanas de la región sierra con tratamiento de agua residual convencional, ahora bien, del total de agua potable dotada por habitante el 80 % del total es considerado como aporte al sistema alcantarillado por ende a la planta de tratamiento el 20 % restante es considerado como consumo o pérdida por evaporación y filtración consecuencia de su uso por parte de la población beneficiaria.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicada.

3.2. Variables y operacionalización

Tabla 8.- Variables y operacionalización

Variable	Definición	Dimensiones	Indicadores
Independiente: Contaminación de Cuerpos Receptores con aguas Residuales de características fisicoquímicas y biológicas nocivas	La contaminación de los cuerpos receptores depende de las características físico-químicas y biológicas de las aguas residuales no tratadas	Características físicas del agua residual	Sólidos Totales Suspendidos (SST). Temperatura (°C) Conductividad Metales pesados Densidad pH.
		Características Químicas del agua residual	Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO ₅). Demanda Química de Oxígeno (DQO). Aceites y Grasas
		Características biológicas del agua residual	Coliformes fecales (CF) Bacterias
Dependiente: Diseño hidráulico de planta de tratamiento	La caracterización del relieve a nivel superficial es la base para el planteamiento de un diseño hidráulico de planta de tratamiento de aguas residuales	Relieve del terreno	Planimetría del terreno superficial Tipo de terreno Área disponible para diseño Carga hidráulica (caudal) de agua residual actual. Carga hidráulica (caudal) de agua residual futura
		Calculo hidráulico	Límites máximos permisibles y estándares de calidad del agua residual.

Fuente: Elaboración Propia

3.3. Población, muestra y muestreo

La población y la muestra son aspectos que nos permitirán a primero la recolección y posterior análisis los datos para formular un diseño hidráulico de una estación de tratamiento de agua residual de origen doméstico.

- **Población**

La población de estudio será el conjunto de diseños hidráulicos de plantas de tratamiento de agua residual de tipo combinado.

- **Muestra**

La muestra será el diseño hidráulico de una planta de tratamiento de acuerdo con las características del tipo de planta de la zona nevada del distrito de Ananea.

- **Muestreo**

El muestreo del agua residual del sistema de tratamiento actual del distrito de Ananea.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Las técnicas de recolección de datos necesarios para realizar el análisis y alcanzar los objetivos de la investigación serán:

- Se inicio con la evaluación visual del área de estudio.
- Se realizó un levantamiento topográfico con formatos de planimetría del área de estudio necesarios para el diseño hidráulico.
- Se recolectará datos de los habitantes in-situ a través de fichas mismos que se verificaran junto a la información emitida por el INEI para sincerar la tasa de crecimiento poblacional y alimentar las bases de diseño.
- Se clasifico el suelo por SUCS y ASHTTO, a través de análisis de laboratorio.

- Se tomo muestras y obtuvo los parámetros físicos y químicos del agua residual actual en un punto de monitoreo a través de estudios de laboratorio.
- Se propone un diseño hidráulico de planta de tratamiento de aguas residuales de origen domestico de acuerdo con los resultados de los análisis e interpretación de resultados de laboratorio.

Instrumentos de recolección de datos

Las herramientas de colección de datos necesarios para realizar el análisis y alcanzar los objetivos de la investigación serán:

- Se utilizó un formato de conteo in-situ.
- Hoja de cálculo para cotejar la cantidad de población actual y futura del área de estudio, obtenidos del INEI.
- Se utilizo una estación total y prismas para la caracterización de la superficie y el relieve del área de investigación.
- Se obtuvo un informe de parámetros físicos y químicos del agua residual descargada actual por un laboratorio.
- Se obtuvo el estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación elaborado por el laboratorio.
- Equipo de cómputo con software de cálculo para el procesamiento de información y diseño hidráulico.
- Se utilizaron herramientas bibliográficas para la formulación de las bases teóricas y formulación del diseño de planta de tratamiento.

3.5. Procedimientos

El proceso de recolección de información se utilizaron los procedimientos siguientes:

Primero: se realizó la delimitación del área de estudio que comprendió el área urbana que cuenta con los servicios sanitarios básicos del distrito Ananea.

Segundo: Se realizó el muestreo del agua residual en el punto de ingreso y la laguna de salida de la planta existente para estudios de calidad en laboratorio.

Tercero: se realizó un levantamiento topográfico con estación total de la superficie y realizar un conteo poblacional para proyectar de su crecimiento hacia 20 años.

Cuarto: Se tomo muestras de suelo para encontrar su clasificación a través estudios de laboratorio.

Quinto: Para establecer la carga hidráulica aportada por la población beneficiaria que ingresa a la planta de tratamiento se utilizo un deposito de 20 L. debidamente graduado para medir en función del tiempo la cantidad de agua que ingresa al sistema, se repitió la prueba en 10 ocasiones en el día feria en el que hay mayor descarga por la afluencia del población aledaña.

3.6. Método de análisis de datos

La Metodología de ejecución de los predimensionamiento y cálculos se ejecutaran en función de los resultados de control de calidad tanto del agua descargada actual, la cantidad poblacional actual y futura, la calidad y relieve del terreno disponible para el nuevo diseño de planta, de acuerdo con los resultados se podrá definir la metodología, tecnología y niveles de tratamiento idóneo para la zona nevada de la localidad de Ananea, se tiene un planteamiento tentativo que contempla un tratamiento preliminar con cámara de rejas y desarenador seguido de un tanque Imhoff y como tratamiento secundario se tendría un filtro percolado y sedimentador secundario seguidamente se podría plantear una estructura de cloración para garantizar la calidad de agua al momento de su descarga.

Programas para el procesamiento, evaluación y planteamiento de diseño.

Herramientas de ofimática

Herramientas Cad para el vaciado y generación de la superficie producto del trabajo topografía.

Herramienta de dibujo Cad, para el dibujo de planos finales de diseño de planta.

Programa Office Excel, para el predimensionamiento, cálculo de caudales del diseño de planta de tratamiento.

Interpretación de datos

De acuerdo con los resultados del aforo con el que se obtuvo la cantidad de agua residual que actualmente ingresa al sistema y resultados de evaluación de calidad realizado en laboratorio se cuenta con un sistema de tratamiento con algunas facultativas de oxidación en mal estado por lo que se propone un diseño de planta de tratamiento de aguas residuales de origen domestico de tipo combinado (aerobio y anerobio), con un primer nivel de tratamiento con tanque imhoff, un segundo nivel de tratamiento a través de filtro percolador y sedimentador secundario por ultimo un tratamiento terciario con cámara de cloración para brindarle al agua ya tratada los estándares de calidad necesarios para su reutilización en riegos de áreas verdes o parques de la zona nevada del distrito de Ananea.

3.7. Aspectos éticos

En cuanto al trabajo de formulación, desarrollo, ejecución y planteamiento del diseño de planta de tratamiento idónea para una zona nevada de la localidad de Ananea como es en este caso, se respeta la autoría de la bibliografía utilizada, dado que no existen gran cantidad de datos y/o referencias bibliográficas sobre el uso de estas tecnologías combinadas en climas agresivos, este trabajo podrá ser utilizado de manera referencial y como base en un futuro estudio similar y su autoría estará protegida a través de INDECOPI, respetando su exactitud.

V. RESULTADOS

Presentación de resultados de evaluación de calidad del suelo y agua residual

Características del suelo

En la inspección de campo se pudo comprobar que el lugar destinado para el desarrollo del proyecto es un terreno con estratos de GRAVA ARCILLOSA, MEZCLAS DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA conformado por horizontes de diferente espesor y orientación esta disposición esta directamente relacionada con la acumulación de los materiales que se originaron en las épocas de su formación en las diferentes etapas del acarreo de materiales.

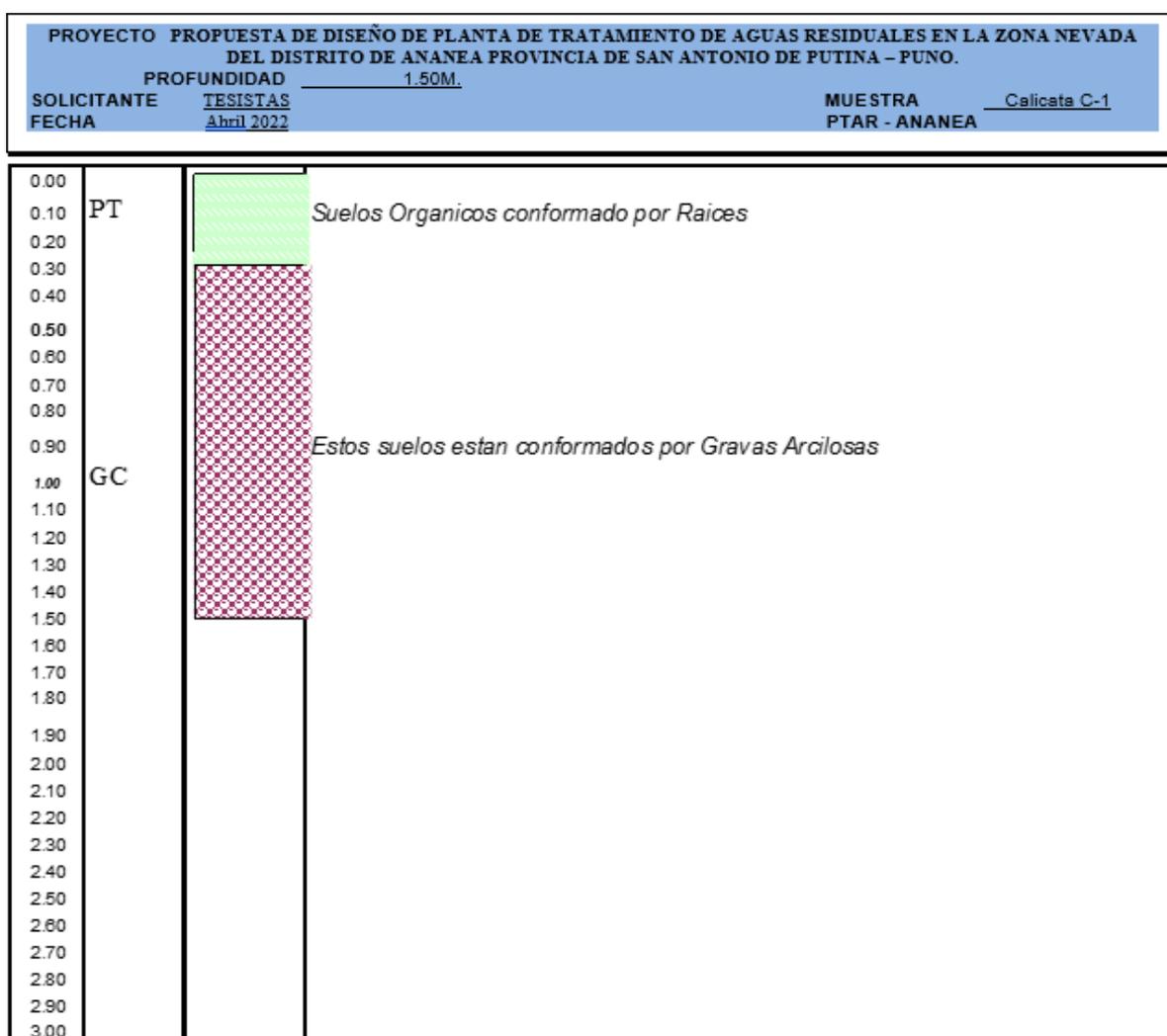


Figura 9.- Perfil estratigrafía del suelo del área de estudio
Fuente: Laboratorio de Suelos

Tabla 9.- Características del suelo

CONTENIDO DE HUMEDAD	ASTM-2216	33.38%
DENSIDAD SECA		1.31
CLASIFICACIÓN SUCS	GC	GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA
CORTE DIRECTO	ASTM D3080	C = 0.122 <u>kg./cm²</u>
		O = 19°39"

Fuente: E.M.S.

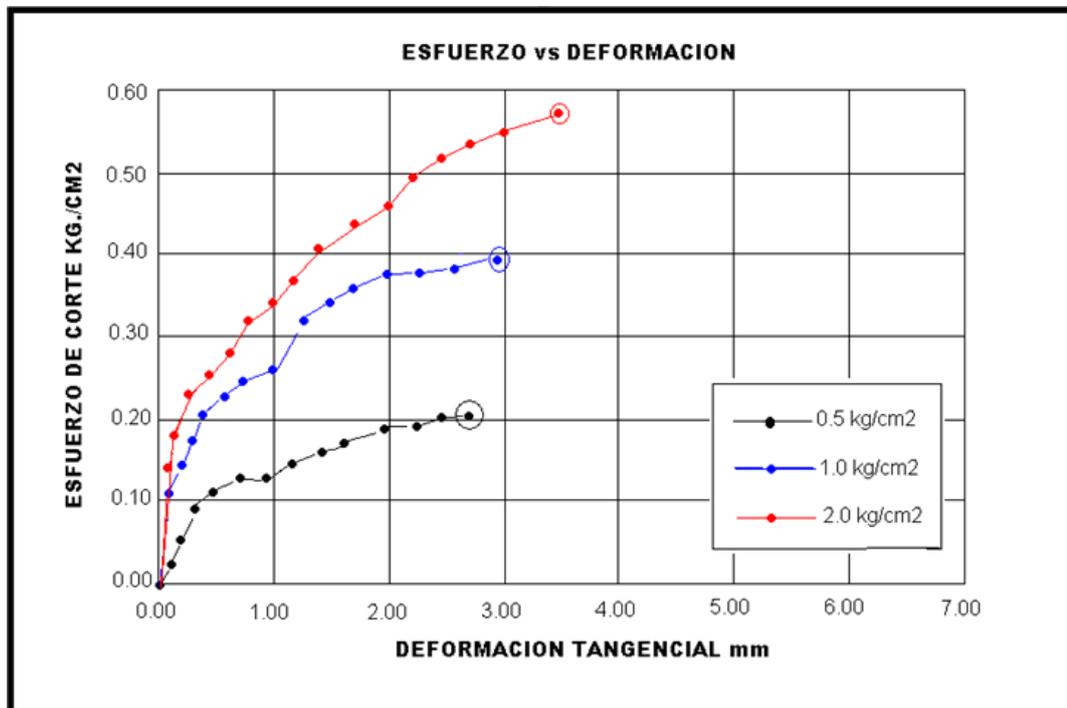


Figura 10.- Ensayo de corte directo

Fuente: E.M.S.

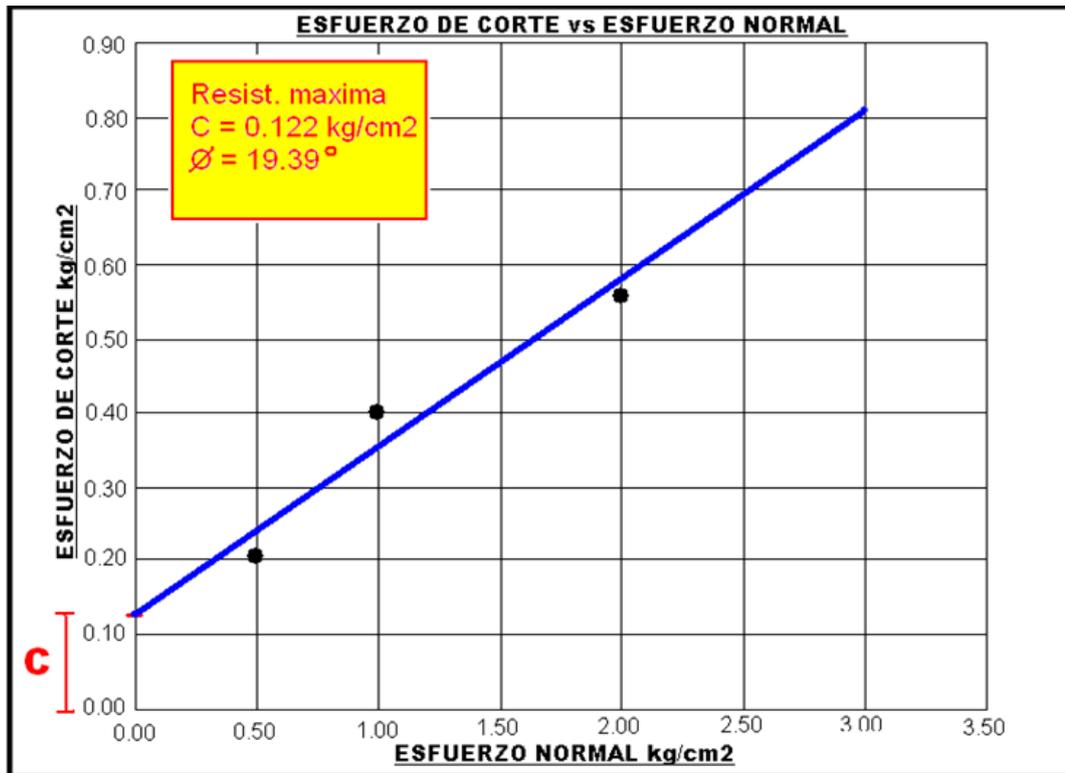
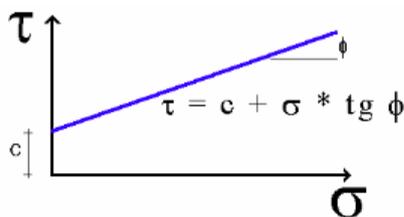


Figura 11.- Esfuerzo de corte / Esfuerzo normal
Fuente: E.M.S.

La capacidad Portante Admisibles del suelo de acuerdo con los resultados de laboratorio es Qadm= 1.17 Kg/cm², en consecuencia, se recomienda un desplante o profundidad de cimentación mínimo de 1.50 m por debajo del terreno natural del área del proyecto: PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA ZONA NEVADA DEL DISTRITO DE ANANEA PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA – PUNO.



Resultados de Calidad del agua residual

Para el desarrollo del monitoreo de calidad de efluente se tomó en cuenta los lineamientos máximos permisibles del sector vivienda, construcción y

saneamiento, en el cual se plantean los lineamientos básicos para el desarrollo adecuado de dicho trabajo.

Tabla 10.- Resultados de calidad de efluente domestico

PARÁMETROS	EFLUENTES DOMESTICO		UNIDAD	LMP(*)
	PTAR-1	PTAR		
	13/02/22	13/02/22		
pH	8.88	9.98	Unidad de Ph	6.5 – 8.5
Conductividad	260,0	94,7	µS/cm	-
Oxígeno disuelto	8,66	4,00	mg/L	-
Temperatura	16.6	17.0	°C	<35
Sólidos Totales Suspendedos	155	152	mg/L	150
Solidos Sedimentables	0.1	ND	mg/L	-
Sulfatos	9,130	3,212	mg/L	-
Cianuro Libre	ND	ND	mg/L	-
Cianuro Total	ND	ND	mg/L	-
Cianuro Wad	ND	ND	mg/L	-
Nitrógeno Amoniacal	9,218	0,029	mg/L	-
Sulfuros	ND	ND	mg/L	-
Coliformes Fecales	17,000	13,000	NMP/100ml	10,000
<i>Parámetros Orgánicos</i>				
Aceites y Grasas	10,0	3,2	mg/L	20
Demanda Bioquímica de Oxígeno	29	2	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	138	4	mg/L	200

Fuente: Estudio de calidad de agua.

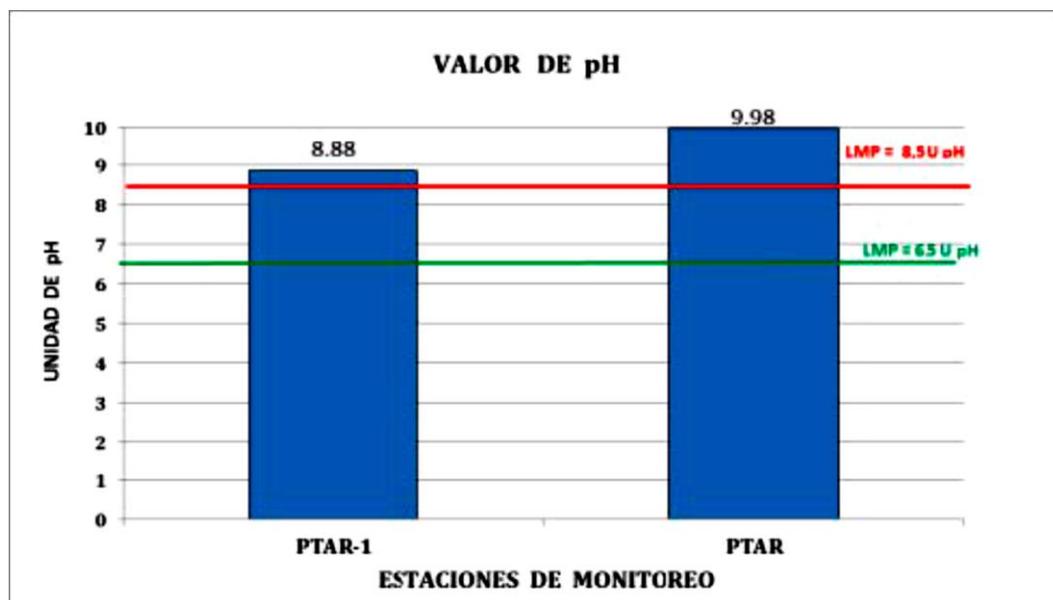


Figura 12.- Representación del pH
Fuente: Estudio de calidad de agua.

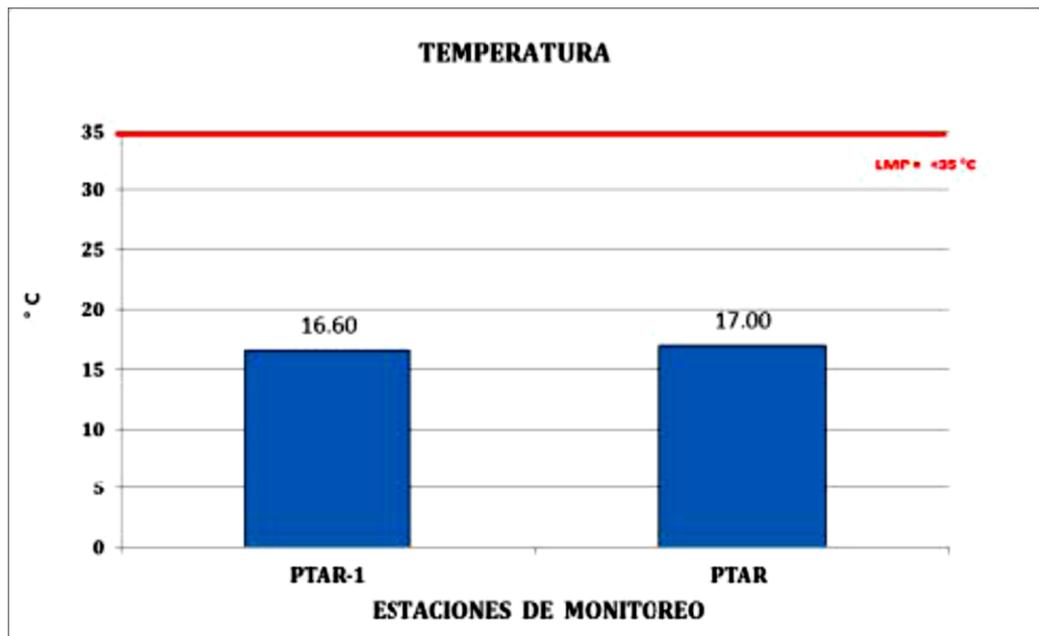


Figura 13.- Representación de la temperatura
Fuente: Estudio de calidad de agua.

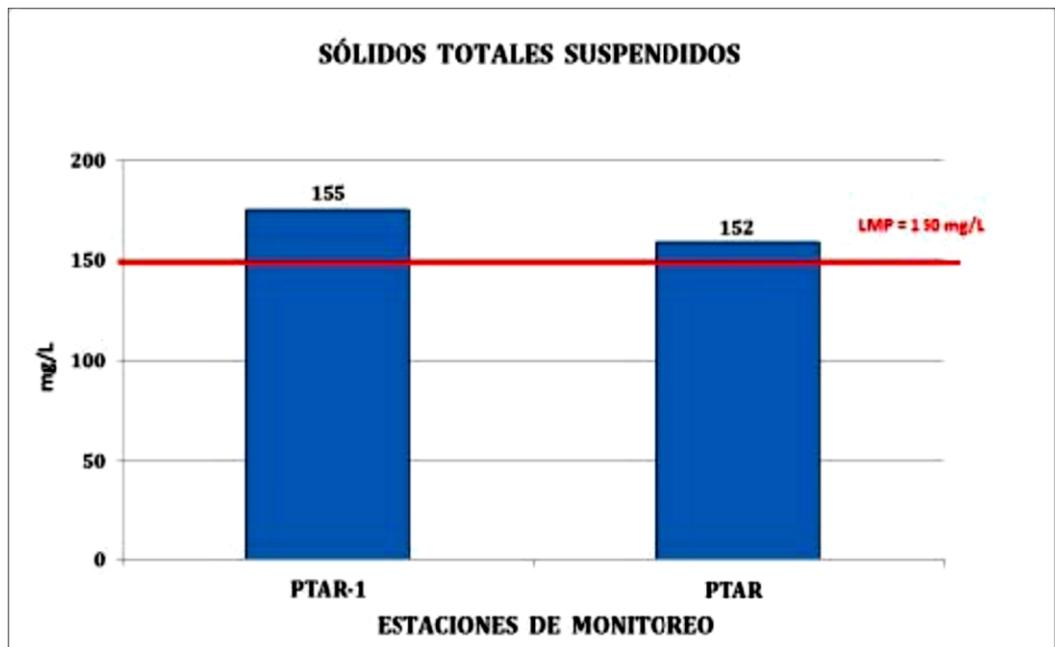


Figura 14.- Representación de cantidad de SST
Fuente: Estudio de calidad de agua.

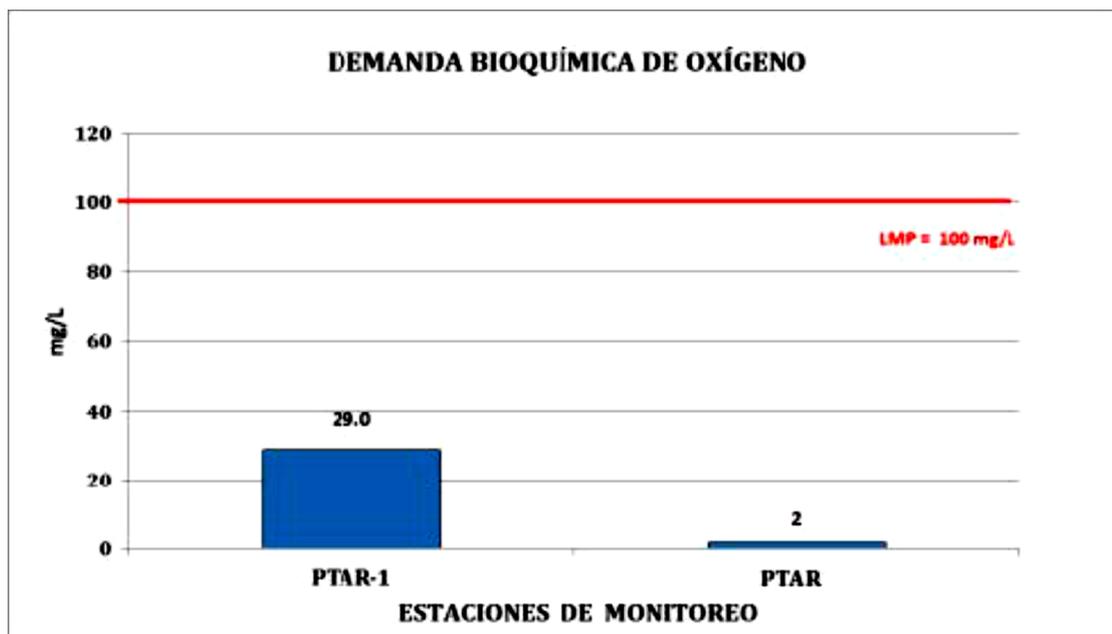


Figura 15.- Representación de DBO

Fuente: Estudio de calidad de agua.

El resultado, pH en la estación de monitoreo PTAR-1 y PTAR No cumplen con lo establecido en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. “Aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales”, y D.S. N° 004-2017-MINAM.

Las concentraciones de Sólidos Totales Suspendidos, en los puntos de monitoreo PTAR-1 y PTAR no cumple con lo establecido en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. “Aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales” y D.S. N°04-2017-MINAM.

Los coliformes fecales en las estaciones de monitoreo PTAR-1 y PTAR no cumplen con lo establecido en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. “Aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales” y D.S. N°004-2017-MINAM.

De acuerdo con los resultados de calidad de agua residual que actualmente fluye por el sistema de tratamiento actual, se tiene que el Ph en ambos puntos de monitoreo es alto lo que indica que el agua es alcalina,

también se tiene como resultado que los sólidos totales suspendidos (SST) y las coliformes fecales están por encima de los valores máximos permisibles y estándares de calidad ambiental estipulados en la normativa vigente, en consecuencia dados estos resultados se formularia un diseño o dimensionamiento a partir de la cantidad de agua aforada en su máxima demanda una planta de tratamiento de tipo combinado (Anaerobio y Aerobio) con tres niveles a largo del flujo del agua, que contempla estructuras de tratamiento de sedimentación (Tanque Inhoff) en su nivel primario para reducir la cantidad de (SST) y la (DQO), seguidamente se plantea un tratamiento secundario con filtro biológico percolador para reducir el contenido orgánico puesto que se tiene un alto contenido de Coliformes Fecales.

Además, se plantea el dimensionamiento de una estructura de sedimentación (Sedimentador Secundario) para separar y retener los sólidos suspendidos que hayan podido rebasar el tratamiento primario, por último se plantearía un tratamiento de tercer nivel a través de una cámara de cloración para brindarle la calidad necesaria al agua curada que cumpla los límites máximos permisibles y estándares de calidad ambiental a través de la mezcla con cloro y descarga final al cuerpo receptor.

Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales.

Población y caudal de diseño.

Partimos de los datos poblacionales proporcionados por el INEI, para cotejarlos con los datos de las viviendas recabados in situ.

Tabla 11.- Población de la zona nevada Ananea-2007

País	Departamento	Provincia	Distrito	Tema	Sub tema	Descripción	Total	Área urbana	Area urbana
Perú	Puno	San Antonio de Putina	Ananea	Demográfico	General	Total de habientes censo 2007	20572	16907	3665

Fuente: INEI

Tabla 12.- Población de la zona nevada Ananea-2017

Provincia, distrito y edades simples	Total	Población		Total	Urbana		Total	Rural	
		H	M		H	M		H	M
DISTRITO ANANEA	12 615	7 321	5 294	11 307	6 564	4 743	1 308	757	551

Fuente: INEI

Cálculo de la tasa de crecimiento poblacional

Datos: (Pa) 2007 = 16,907
(Pf) 2017 = 11,307
T = 10
 $\Delta P = Pf - Pa$
 $\Delta P = -5601$
 $Pa * t = 169,070$
r (tasa de crecimiento) = $\Delta P / (Pa * t)$
r = -0.0331
 $r * t = -0.331$
r = -3.313 %
ti = 2017 inicial
n = 20 años
tf = 2037 proyectado
Pf = 3817 hab.

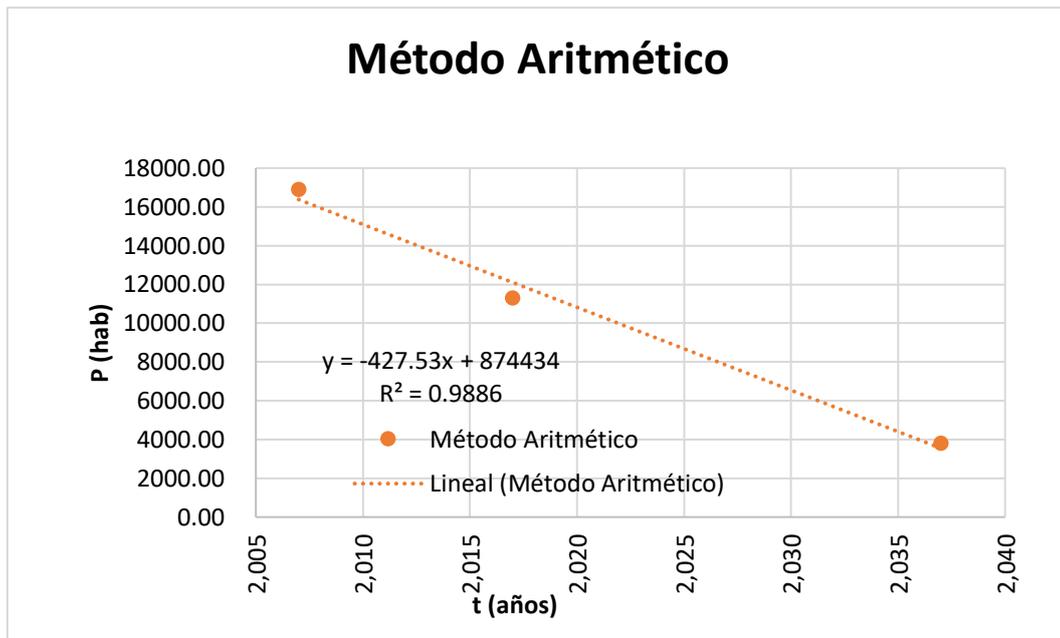


Figura 16.- Representación del crecimiento poblacional
Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la población y caudal de diseño

Datos:	Población Actual	11,307 habitantes
	Población Estudiantil (Pe)	220.00 estudiantes
	Densidad poblacional	3.50 Hab./Vivienda
	Viviendas	3,231 Viviendas
	Puesto de salud (Ls)	04 Und.
	Locales comunales oficina (Lc)	514.38m ²
	Tasa de crecimiento (%)	-3.31 %
	Periodo de diseño (años)	20 Años

Cálculo de la población de diseño Población futura

Método aritmético

$$P_f = P_o (1 + r t / 100) \quad \Rightarrow \quad 3,817 \text{ Hab.}$$

Dotación (Lt/Hab/Dia)

Dotación a viviendas 80.00 lt/dia/est

Dotacion educacional inicial	20.00 lt/dia/est
Dotacion educacional superior	25.00 lt/dia/est
Dotacion salones comunales of.	6.00 lt/dia/m ²
Dotacion postas medicas/salud	600.00 lt/dia/cama

Caudal dotado por habitante

$$Q_{prom} = 305.36 \text{ m}^3/\text{día 20 años}$$

Caudal domestico desechado $Q_{prom}=252.64\text{m}^3/\text{día}$

$$Q_m = 0.80 \quad Q_p = 2.827 \text{ Lit./Seg.} \quad 244.29\text{m}^3/\text{d}$$

$$Q_{mPe} = 0.8 \times \text{Estudiantes Inicial} \times \text{Dot.} \quad 0.020 \text{ Lit./Seg} \quad 1.76\text{m}^3/\text{d}$$

$$Q_{mPe} = 0.8 \times \text{Estudiantes Superior} \times \text{Dot.} \quad 0.025 \text{ Lit./Seg.} \quad 2.20 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q_{m Lc} = 0.8 \times \text{Área} \times \text{Dotación.} \quad 0.029 \text{ Lit./Seg.} \quad 2.47\text{m}^3/\text{d}$$

$$Q_{m Ls} = 0.8 \times N_{\text{cama}} \times \text{Dotación.} \quad 0.022 \text{ Lit./Seg.} \quad 1.92\text{m}^3/\text{d}$$

Factor de amplificación:

$$K^1 = 1.30 \quad \text{de 1.2 a 1.5}$$

$$K^2 = 2.00 \quad \text{de 1.8 a 2.4}$$

$$K^3 = 0.50 \quad \text{de 0.2 a 0.5}$$

Caudal Máximo Diario

$$Q_{máxd} = K^1 \times Q_p = 328.43 \text{ m}^3/\text{d}$$

Caudal Máximo Horario

$$Q_{máxh} = K^2 \times Q_p = 505.27 \text{ m}^3/\text{d}$$

Caudal Mínimo Horario

$$Q_{mính} = K^3 \times Q_p = 126.32 \text{ m}^3/\text{d}$$

Caudal De Infiltración (Q i)

$$\text{Tasa de infiltración } T_i = 0.05 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{Km})$$

$$Q_i = 8.857 \text{ m}^3/\text{d}$$

Caudal por filtración pluvial (sin canales de evacuación)

En vías sin evacuación pluvial	100.0 %
Ancho promedio de calles	4.5 m
Longitud entre buzones	45 m
Ananea precipitación max de 24 h (histórica)	2.41 mm
Ananea módulo de precipitación pr	488.70l/buzon/día
Cantidad de buzones	35 unid
$Q_{pp} = \text{Modulo de pr} \times \text{Cant de buzones}/1000 =$	17.10 m³/d

$$Q_{prom} = Q_P = Q_e + Q_{inf} + Q_{ind} = 261.49 \text{ m}^3/\text{d} \quad \mathbf{3.03 \text{ Lit./Seg.}}$$

$$Q_{maxd} = Q_{md} = Q_{md} + Q_{inf} + Q_{ind} = 337.29 \text{ m}^3/\text{d} \quad \mathbf{3.90 \text{ Lit./Seg.}}$$

$$Q_{maxh} = Q_{max} = Q_{maxh} + Q_{inf} + Q_{pp} + Q_{ind} = 531.24 \text{ m}^3/\text{d} = \mathbf{6.15 \text{ Lit./Seg.}}$$

$$Q_{minh} = Q_{min} = Q_{minh} + Q_{inf} + Q_{ind} = 135.18 \text{ m}^3/\text{d} \quad \mathbf{1.56 \text{ Lit./Seg.}}$$

Pretratamiento

Diseño de canal de ingreso con Cámara de rejas

Datos:

$$\text{Caudal máximo horario} \quad Q_{máxh} = 6.149 \text{ L/s}$$

$$\text{Caudal promedio} \quad Q_p = 3.027 \text{ L/s}$$

$$\text{Sección hidráulica del canal, aguas arriba} \quad A_h = 0.011 \text{ m}^2$$

$$\text{Tirante de agua al ingreso de las rejas para } Q_{mh} \quad y = 0.028 \text{ m}$$

$$\text{Base de canal de rejas} \quad b = 0.30 \text{ m}$$

$$\text{velocidad de flujo máxima} \quad V = 0.60 \text{ m/s}$$

Factor de Manning $n=0.015$

Cálculo de pendiente: $S = (Q n / A R^{2/3})^2$

S= 0.07% Asumida 0.07%

Espaciamiento entre barras $a = 25.0$ mm

$$E = a / (a + t)$$

$$E = 0.714$$

Espesor de la barra de acero $t = 10$ mm

Coef. de forma de barra $C_f = 2.42$

Angulo de inclinación barras $\emptyset = 60$

Cálculo de Velocidad en el canal: $VeIMáx = Qmáxh / Ah = E Vrl$

$$VeIMáx = 0.54 \text{ m/s}$$

Cálculo de altura de canal:

Pérdida de carga en rejas limpias $hr = K (Vmáxh^2 - V^2) / 2g$

$$hr = 0.027 \text{ m}$$

$$hf = 1.143 (V^2 - V^2) / 2g$$

$$hf = 0.016 \text{ m}$$

Pérdida de carga hidráulica en rejas obstruidas 50%

$$hfo = 1.14 (V^2 - V^2) / 2g$$

$$hfo = 0.114 \text{ m}$$

Pérdida de carga hidráulica total $ht = y + hf$

$$ht = 0.142 \text{ m}$$

Altura a la cima del canal $h\text{-byp} = ht$

$$h\text{-byp} = 0.14 \text{ m}$$

Altura del canal de entrada + Bor. L. $he = ht + bl$

$$h_e = 0.50 \text{ m.}$$

Altura del canal de salida

$$h_s = h_t + h_{fo} + b_l$$

$$h_s = 0.60 \text{ m}$$

Del cálculo de dimensionamiento, se tiene que el canal de ingreso por donde fluirá el agua residual para el pretratamiento de un ancho de 0.30 m. con una altura en el ingreso de canal 0.50 m. y una altura en la salida de 0.60 m. también del canal tiene una pendiente de 0.07%.

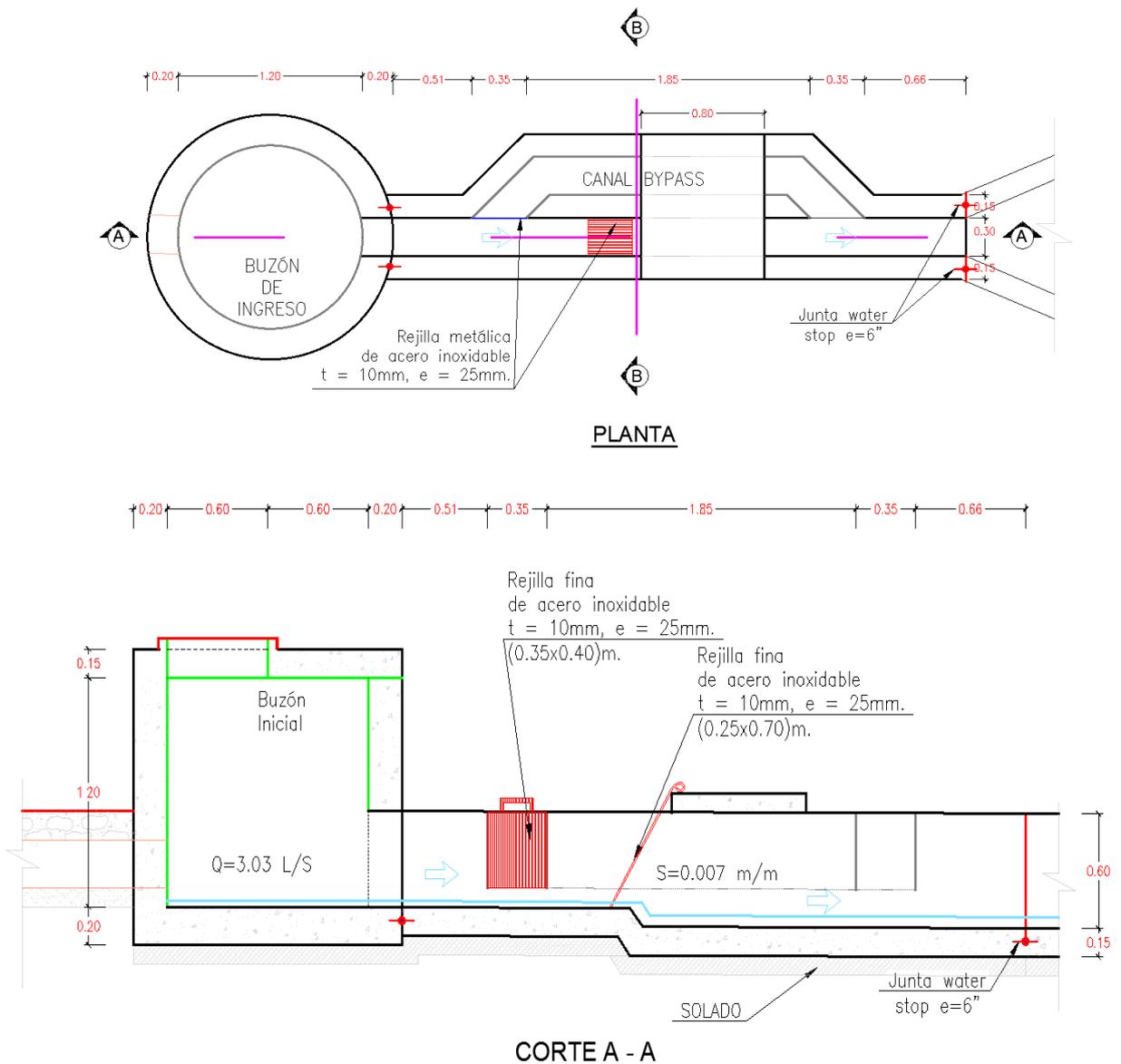


Figura 17.- Diseño de canal con cámara de rejás
Fuente: Elaboración propia

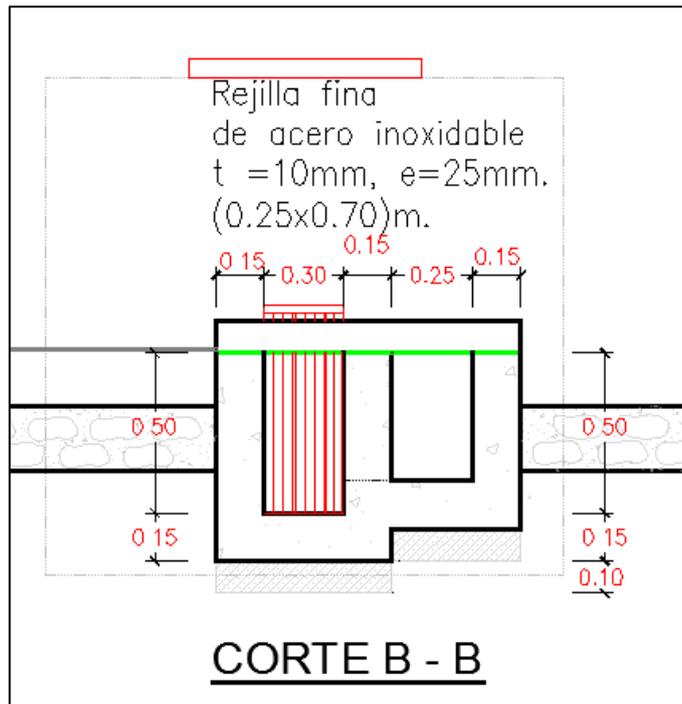


Figura 18.- Sección de Canal
Fuente: Elaboración propia

Diseño de desarenador

Datos:

Caudal máximo horario $Q_{\text{máxh}} = 6.15 \text{ L/s}$

Caudal maximo horario $Q_{\text{máxh}} = 22.13 \text{ m}^3/\text{h}$

Base mayor del vertedero sutro Para $Q < Q_{\text{min}}$ horario $H = a$

$$b = (Q / (2.74 a^{1/2} (H - a/3)))^2$$

$$\mathbf{b = 0.215 \text{ m}}$$

Para Caudal máximo horario: $H = Q / (2.74 * (a * b)^{1/2}) + a/3$

$$\mathbf{H = 0.044 \text{ m}}$$

Velocidad mínima $V = 0.30 \text{ m/s}$

Base del desarenador: $B = Q / (V * H)$

$$\mathbf{B = 0.50 \text{ m}}$$

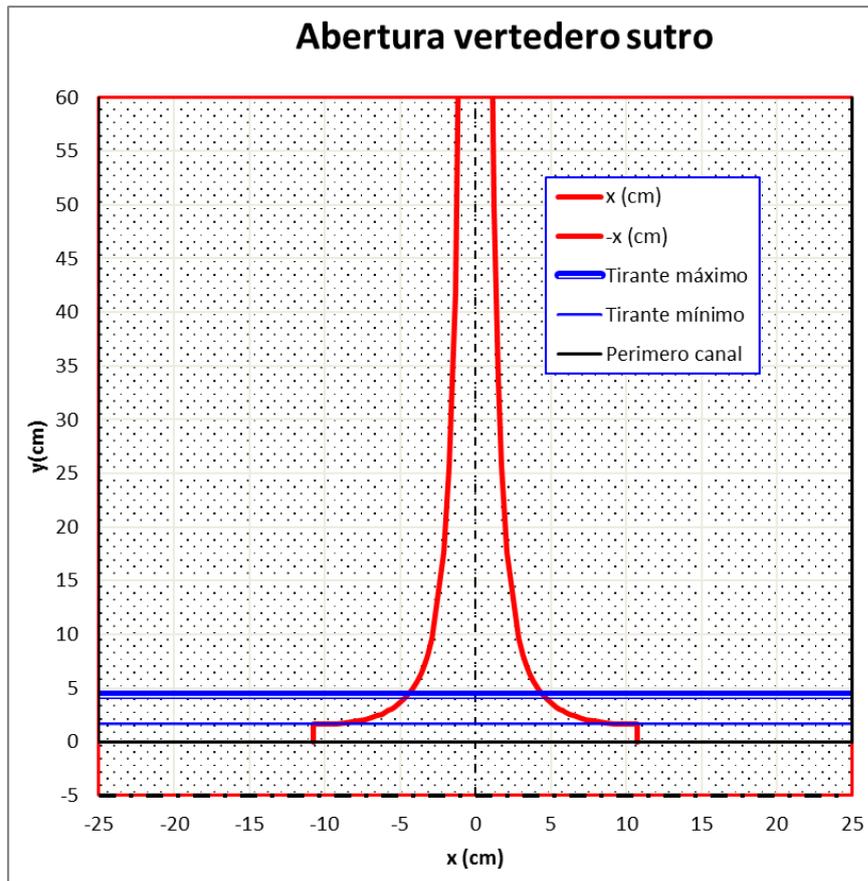


Figura 19.- Representación de vertedero sutro
Fuente: Elaboración propia

Tasa de aplicación $Ta = 45.00$

Base menor del sedimentador $b = 0.30 \text{ m}$

Tirante de agua en estructura $y = A' / B$

$y = 0.14 \text{ m}$ Asumido

Sección transversal corregida $A' = B y$

$A' = 0.07 \text{ m}^2$

Velocidad horizontal $V_h = Q_{\text{máxh}} / B y$

$V_h = 0.31 \text{ m/s}$

Longitud del desarenador $L_d = 25 y$

$L_d = 4.00 \text{ m}$

Longitud equivalente adicional $L_{ae} = 25.0 \%$

$$L_{ae} = 0.25 L_d$$

Longitud adicional a c/ lado del desarenador $L_{ae} = 1.00 \text{ m}$

Del cálculo de dimensionamiento del tratamiento preliminar con desarenador se obtiene que este tendrá una longitud de tratamiento de 4.00 m. con transición y salida de 1.00 m. en ambos casos, además la cámara tendrá una altura de 0.50 m. también, se utilizara un vertedero sutro para evitar la generación de turbulencias que perturben el proceso de desarenado, el canal tendrá una pendiente de 0.07%, también se propone la construcción de dos canales en paralelo para garantizar el desarenado durante su limpieza y/o mantenimiento o durante una falla, además del uso de válvulas tipo tarjeta al ingreso.

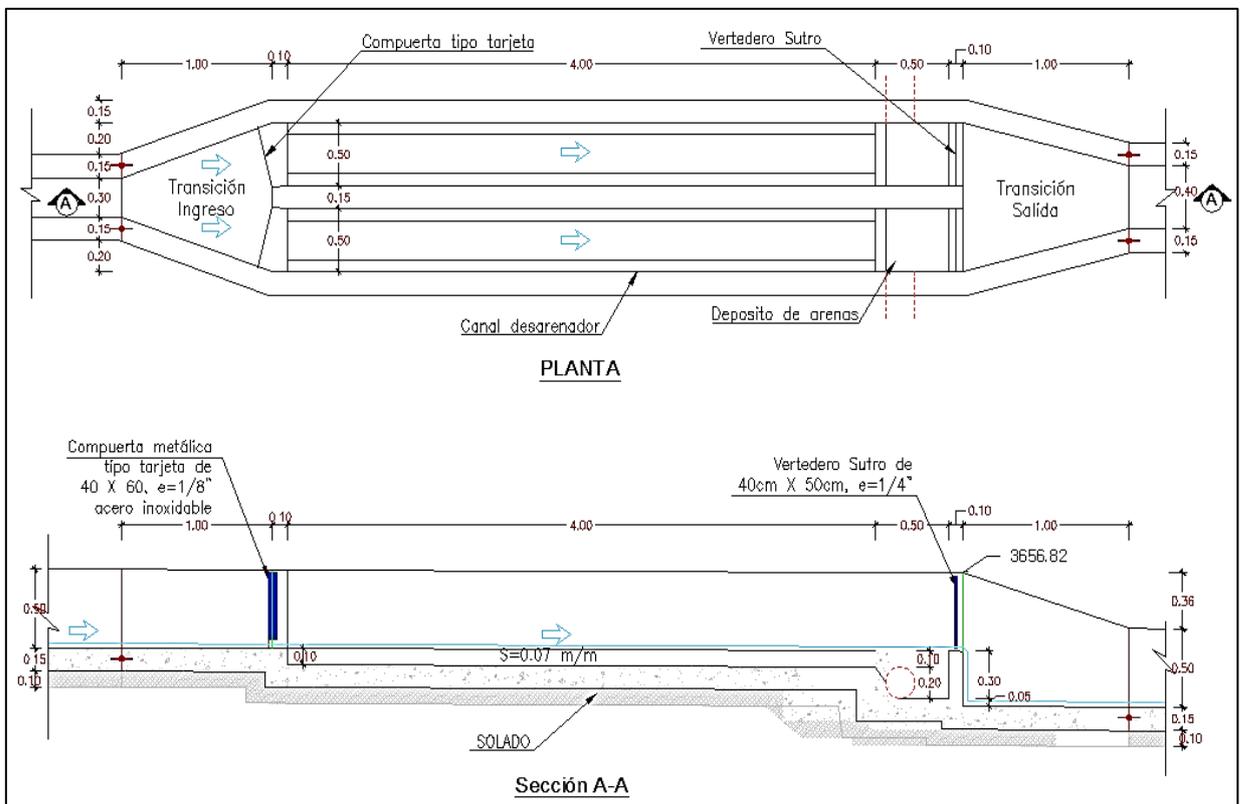


Figura 19.- Diseño de desarenador
Fuente: Elaboración propia

Diseño Aforador

Datos:

$$Q_{\text{máxh}} = 0.00615 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{mính}} = 0.00156 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

Base del canal de ingreso. $D = 0.40 \text{ m}$

Altura del canal de ingreso. $h = 0.50 \text{ m}$

Pendiente del canal $S = 0.15 \%$

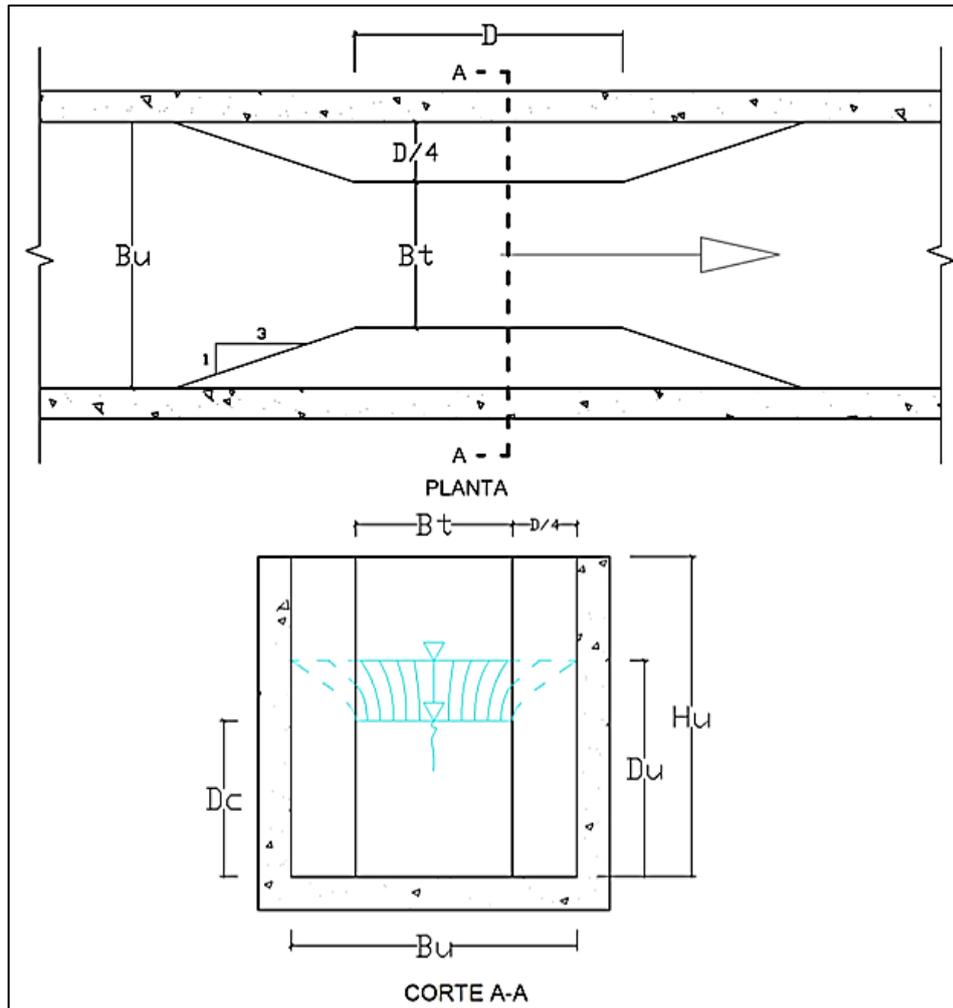


Figura 20.- Esquema de aforador

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de garganta:

Base del canal $D = 0.40 \text{ m}$

Longitud de la garganta $b = 0.20 \text{ m}$

$$D/4 = 0.10 \text{ m}$$

Longitud de total del aforador $L=5D/2=$ 1.00 m

Cateto adyacente del triángulo 1:3 $X=3D/4=$ 0.30 m

$B_t =$ 0.20

$B_u =$ 0.40 $B_u / B_t =$ 2.0 $\implies C = 1.788$

$t =$ 0.05 m

Del cálculo de dimensionamiento, se obtuvo que el aforador tendrá una longitud total de 1.00 m. con ancho de garganta de 0.20 m y 0.50m de altura. además del uso de un limnómetro graduado para el registro del flujo de agua.

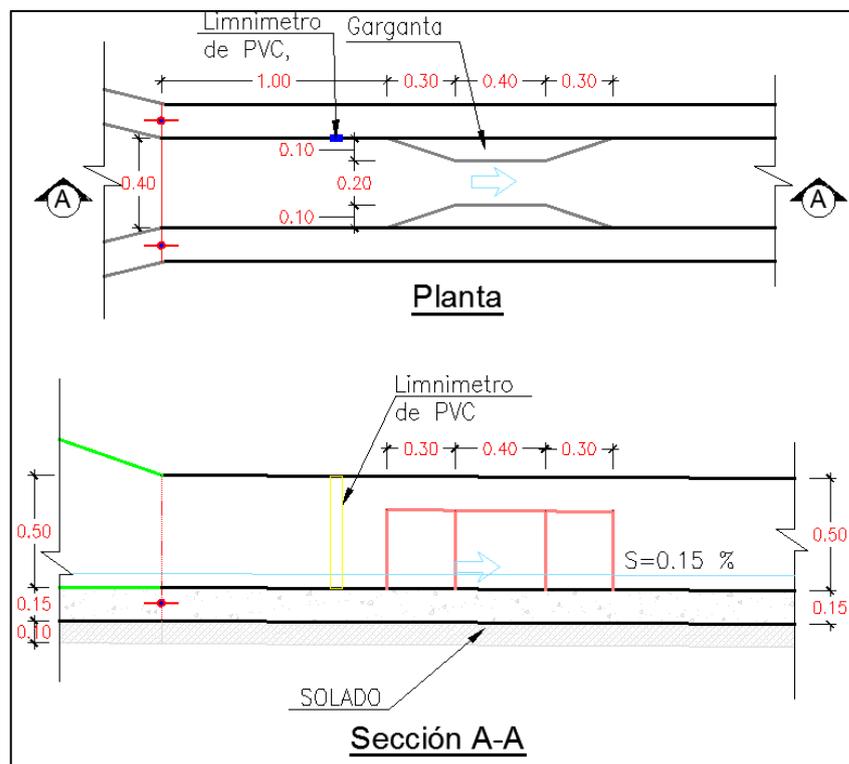


Figura 21.- Diseño de aforador

Fuente: Elaboración propia

Diseño de nivel de tratamiento primario (Tanque Imhoff)

Datos:

Caudal promedio $Q_p =$ 10.896 m³/h

Carga superficial $C_s =$ 1 m³/m².h

Numero tanques en paralelo $n_t = 2$ Und.

Periodo de retención $T_r = 2.00$ h

Relación largo / Ancho $L/B = 4$

Pendiente del fondo sediment. $\emptyset = 60^\circ$

Ancho de la zona de succión $b = 0.60$ m

Angulo de inclinación de fondo $\beta = 30.0^\circ$

Área de sedimentación $A = Q_p / C_s$

$$\mathbf{A_s = 5.45 \text{ m}^2}$$

Volumen de sedimentación $V_s = Q_p T_r$

$$\mathbf{V_s = 10.90 \text{ m}^3}$$

Profundidad mínima del sedimentador $P = Q_s P_r$

$$P = 2.00 \text{ m}$$

Longitud del sedimentador $L = (L / B * A_s)^{0.5}$

$$\mathbf{L = 4.70 \text{ m}}$$

Ancho de zona de natas $B = L / (L/B)$

$$\mathbf{B = 1.20 \text{ m}}$$

Altura de la zona rectangular sedimenta. $h_r = \max[P - h_t$

$$(V_s - V_t) / (L B)]$$

$$h_r = 1.50 \text{ m}$$

Altura de Fondo de sedimentador $h_t = \tan(\emptyset) B/2$

$$h_t = 1.00 \text{ m}$$

Carga hidráulica en el vertedero $C_v = 200 \text{ m}^3/\text{m.d}$

Longitud del vertedero $L_v = Q_{md} / C_v$

$$L_v = 0.84 \text{ Calculado}$$

$$Lv = 0.90 \text{ Asumido}$$

$$\text{Área libre total} \quad Al = 2 L * e l nt$$

$$Al = 22.56 \text{ m}^2$$

$$\text{Superficie total del tanque} \quad At = Al + (L B + 2 e L) nt$$

$$At = 38.54 \text{ m}^2$$

Relación de superficie libre y superficie total

$$\%A = Al / At$$

$$\%A = 58.5 \% \text{ es mayor que } 30 \text{ OK.}$$

$$\text{Ancho hidraulico total del tanque} \quad Btt = At / L$$

$$Btt = 8.20 \text{ m}$$

$$\text{Altura de caja de succión} \quad h3 = (Btt / nt - b) / 2 \tan(\beta)$$

$$h3 = 1.00 \text{ m}$$

Volumen entre zona neutral y digestión

$$V3 = 1/3 hsl (Btt/nt L/ns + bm + (Btt/nt b L m/ns)^{0.5}) ns$$

$$V3 = 7.16 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de la zona de digestión} \quad V4 = Vd - V3$$

$$V4 = 82.9 \text{ m}^3$$

$$\text{Altura de la caja de digestión de lodos} \quad h4 = (Vd - V3) / (Btt L)$$

$$h4 = 2.20 \text{ m}$$

$$\text{Altura interior total del tanque} \quad Ht = ht + hr + hv + hzn + Bl$$

$$Ht = 6.50 \text{ m}$$

Del cálculo de dimensionamiento, se obtuvo que el tratamiento primario contara con dos tanques Imhoff en paralelo, con 4.70 m. de largo, 1.20 m. de ancho en la zona de gases y natas, 0.90 m. de ancho de sedimentación, en cuanto a la profundidad se contara con 1.50 m. se zona

de sedimentación, 1.00 m. de fondo de sedimentación, 0.50 m. de zona neutral, 2.20 m. de zona de lodos y en la parte baja 1.00 m. de zona de digestión de lodos, haciendo un total de 6.50 m. de profundidad, además se plantea la colocación de una cobertura hermética con neopreno que atrape los gases generados y evite la intervención de agentes externos como lluvias y nevadas.

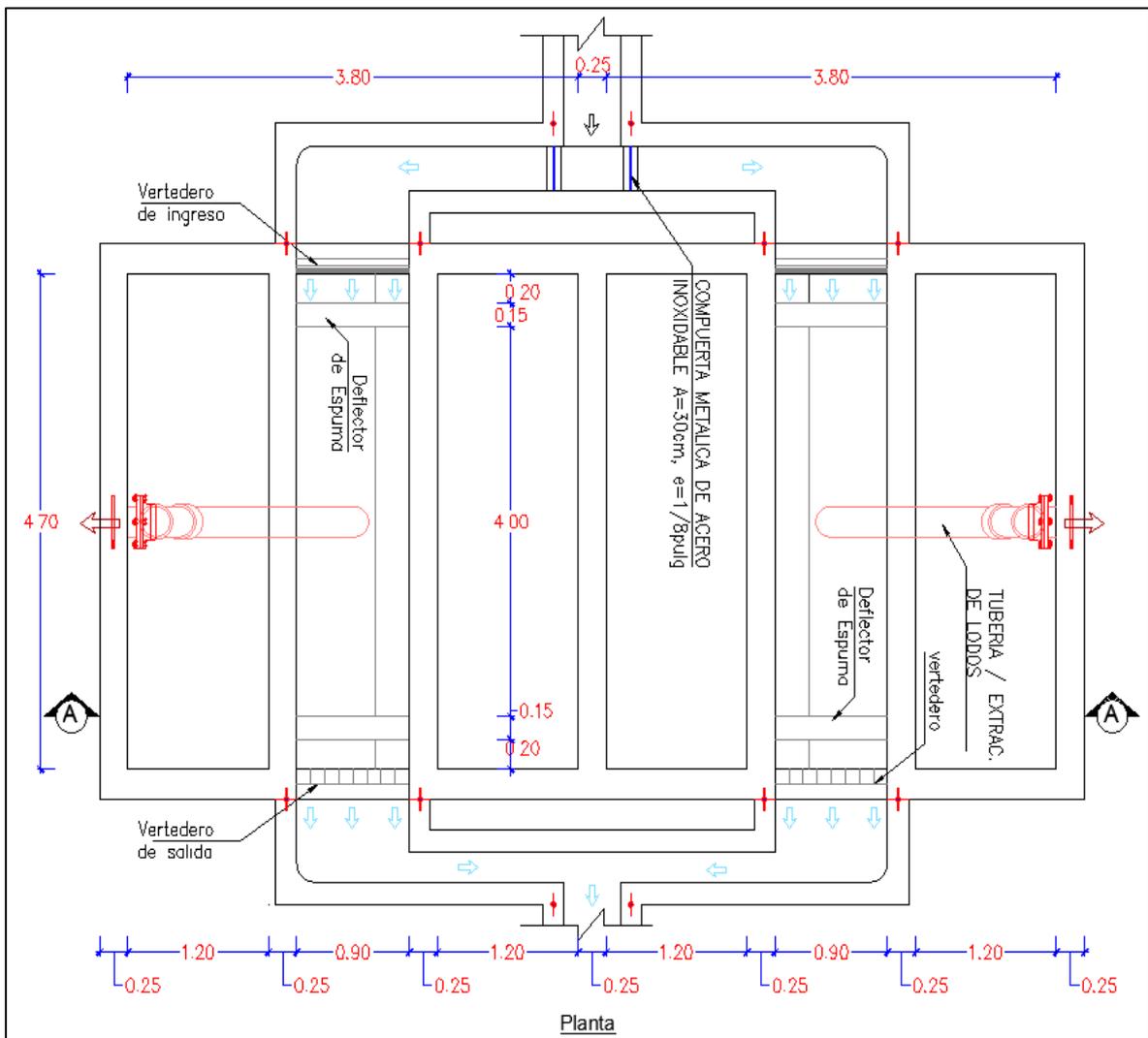


Figura 22.- Diseño en planta de tanque Imhoff
Fuente: Elaboración propia

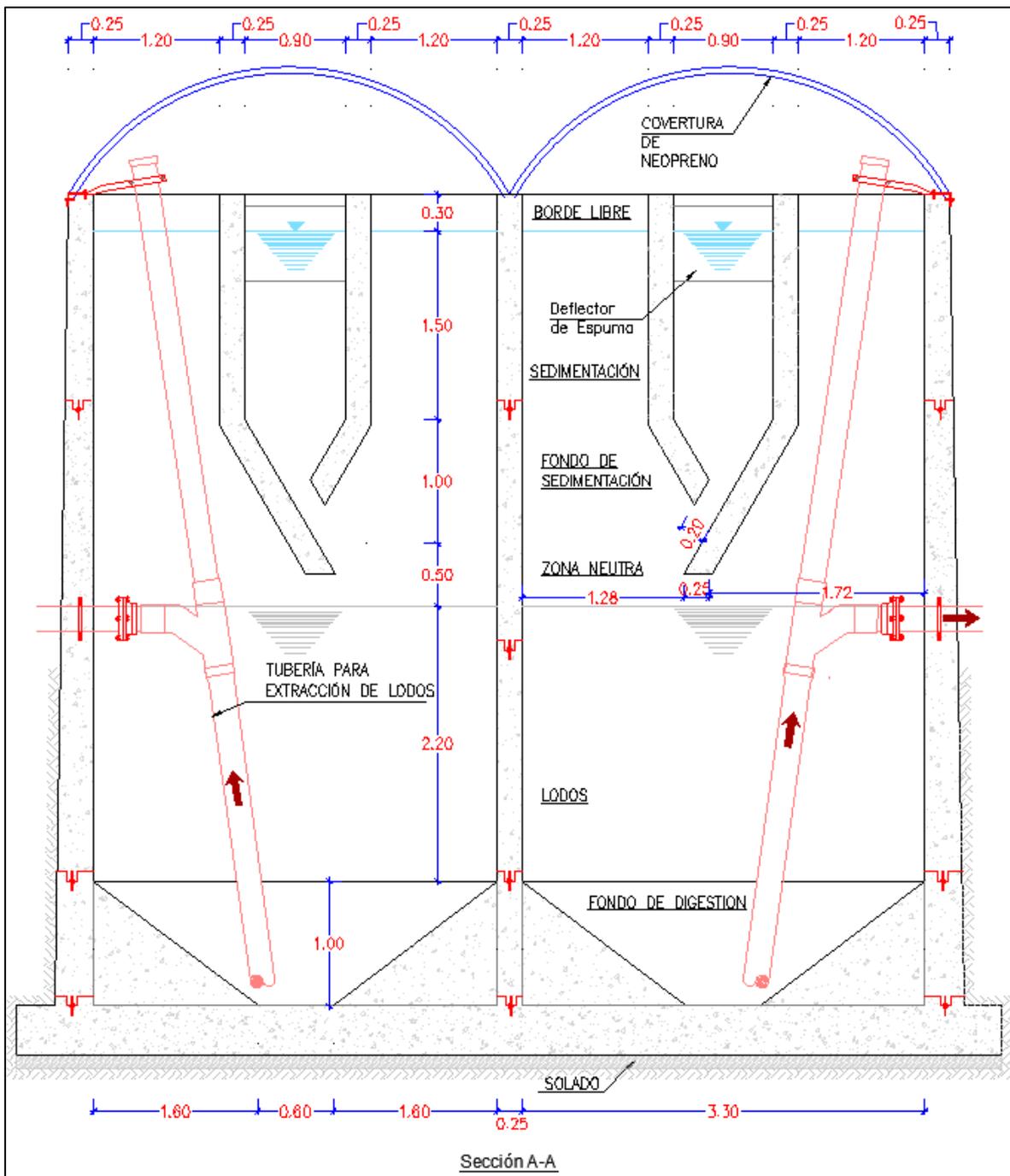


Figura 23.- Diseño en sección de tanque Imhoff
Fuente: Elaboración propia

Diseño del nivel de tratamiento secundario (Filtro Percolador)

Datos:

Caudal promedio $Q_p = 261.5 \text{ m}^3/\text{d}$

Carga hidráulica $Q_i = 1.00 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$

Caudal máximo diario $Q_{md} = 337.28 \text{ m}^3/\text{d}$

Concentración DBO ingreso $S_o = 437.50 \text{ mg/L} \Rightarrow S_o = 0.438 \text{ KgDBO}/\text{m}^3$

Remoción de la DBO $E = 90\%$

Carga orgánica $Q_o = 0.197 \text{ KgDBO}/\text{m}^3.\text{d}$

Calculos:

Area superficial total: $A_s = Q_p / Q_i$

$$A_s = 261.5 \text{ m}^2$$

Concentración de la DBO en el reactor: $S_a = E \cdot S_o / 100$

$$S_a = 0.394 \text{ KgDBO}/\text{m}^3$$

$$S_a = 393.75 \text{ mg/L}$$

Concentración de la DBO en el efluente: $S_e = S_o - S_a$

$$S_e = 43.8 \text{ mg/L}$$

Volumen del reactor: $V = (Q \cdot S_o) / Q_o$

$$V = 523.0 \text{ m}^3$$

Profundidad de la caja: $P = V / A_s$

$$P = 2.00 \text{ m} \quad \text{asumida}$$

Para reactor rectangular;

Longitud del reactor $B = 5.50 \text{ m}, < 6\text{m}$ (longitud de tubería)

Nº de tanques en paralelo $N = 2$ Und.

Largo de cada reactor: $L = A_s / B$

$$L = 23.8 \text{ m Calculado}$$

$$L = 24.00 \text{ m Asumido}$$

Carga hidráulica verificada para el momento de mantenimiento o falla de un filtro: $Q_j = Q_p / A_s$

$$Q_j = 2.0 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$$

Carga orgánica verificada para el momento de mantenimiento o falla de un filtro: $Q_v = (Q_p S_a) / V$

$$Q_v = 0.39 \text{ KgDBO}/\text{m}^3.\text{d}$$

Concentración SST ingreso $SST_o = 562.5 \text{ mg/L}$

Concentración en el efluente: $SST_a = \text{Rem } SST_o$

$$SST_a = 506 \text{ mg/L}$$

Concentración de SST en el efluente: $SST_e = SST_o - SST_a$

$$SST_e = 56.3 \text{ mg/L}$$

Espaciamiento de cribas en tubería dosificadora $e = 0.50 \text{ m}$

Número de orificos en cada tubería cribada: $N_o = B / e$

$$N_o = 11 \text{ Und}$$

Diámetro de las cribas $d_o = 1/2 \text{ pulg}$

Sección de las cribas del dosificador: $A_o = \pi/4 d_o^2$

$$A_o = 1.27 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento de dosificador $D = 0.50 \text{ m}$

Número de dosificadores: $N_d = L / D$

$$N_d = 48.0 \text{ Und}$$

Intervalo de dosificación $T_d = 5 \text{ min}$

Caudal promedio en el orificio del dosificador: $q = (Q / N) / (N_o N_d)$

$$q = 1.72 \text{ L/s en 5 min}$$

Velocidad en los orificios del dosificador: $V_o = q / A_o N$

$$V_o = 1.234 \text{ m/s}$$

Velocidad en la tubería dosificador: $R \leq 0.46, R = 0.46$

$$V_t = V_o * R$$

$$V_t = 0.568 \text{ m/s}$$

Sección de tubería de dosificación: $A_t = q / V_t$

$$A_t = 30.3 \text{ cm}^2$$

Diámetro interior del dosificador: $D_t = (4 A_t / \pi)^{1/2} / (0.0254)$

$$D_d = 2.45 \text{ pulg.}$$

Area unitaria de ventilación ($1\text{m}^2 / 250\text{m}^2$) $A_{up} = 1.00 \text{ m}^2$

Area total de ventilación requerida: $A_v = A_{up} / 250 * AT$

$$A_v = 1.056 \text{ m}^2$$

Medidas del pozo de ventilación $b = 0.25 \text{ m} * h = 0.15 \text{ m}$

Numero total de pozos de ventilación requerida: $N_p = A_v / (b * h)$

$$N_p = 30 \text{ m}^2$$

Número mínimo de ductos de ventilación por reactor: $N_{pr} = N_p / N$

$$N_{pr} = 15 \text{ Und}$$

Tirante mínimo para caudal promedio $b = 0.75 \text{ m}, S = 1.0 \%$

$$q_n / s^{0.5} = b y (b y / (2y + b))^{2/3}$$

$$y = 0.0004 \text{ m}$$

Velocidad que genera arrastre: $v = q / b y$

$$v = 5.507 \text{ m/s ; } \geq 0.6 \text{ m/s}$$

Tirante maximo para caudal máximo:

$$qn/s^{0.5} = by(by/(2y + b)^{2/3})$$

$$y = 0.0005 \text{ m}$$

Velocidad que genera arrastre: $v = q / b y$

$$v = 4.270 \text{ m/s}$$

Altura del canal recolector de agua tratada para conducir al 50% de su capacidad:

Borde libre, $bl = 0.3 \text{ m}$

$$h = y_{\text{max}} + bl$$

$$h = 0.31 \text{ m}$$

$$h = 0.35 \text{ m. Asumido}$$

Del cálculo de dimensionamiento, para el tratamiento secundario biológico con filtro percolador se propone dos unidades de 24.00 m. de largo x 5.50 m. de ancho x 2.00 metros de lecho, se formula la construcción de dos unidades para garantizar el tratamiento durante un mantenimiento rutinario y/o falla, además el flujo de agua para el tratamiento dada la pendiente del terreno será por gravedad lo que economizará su operación, también se propone el uso de cobertura para evitar interferencias externas.

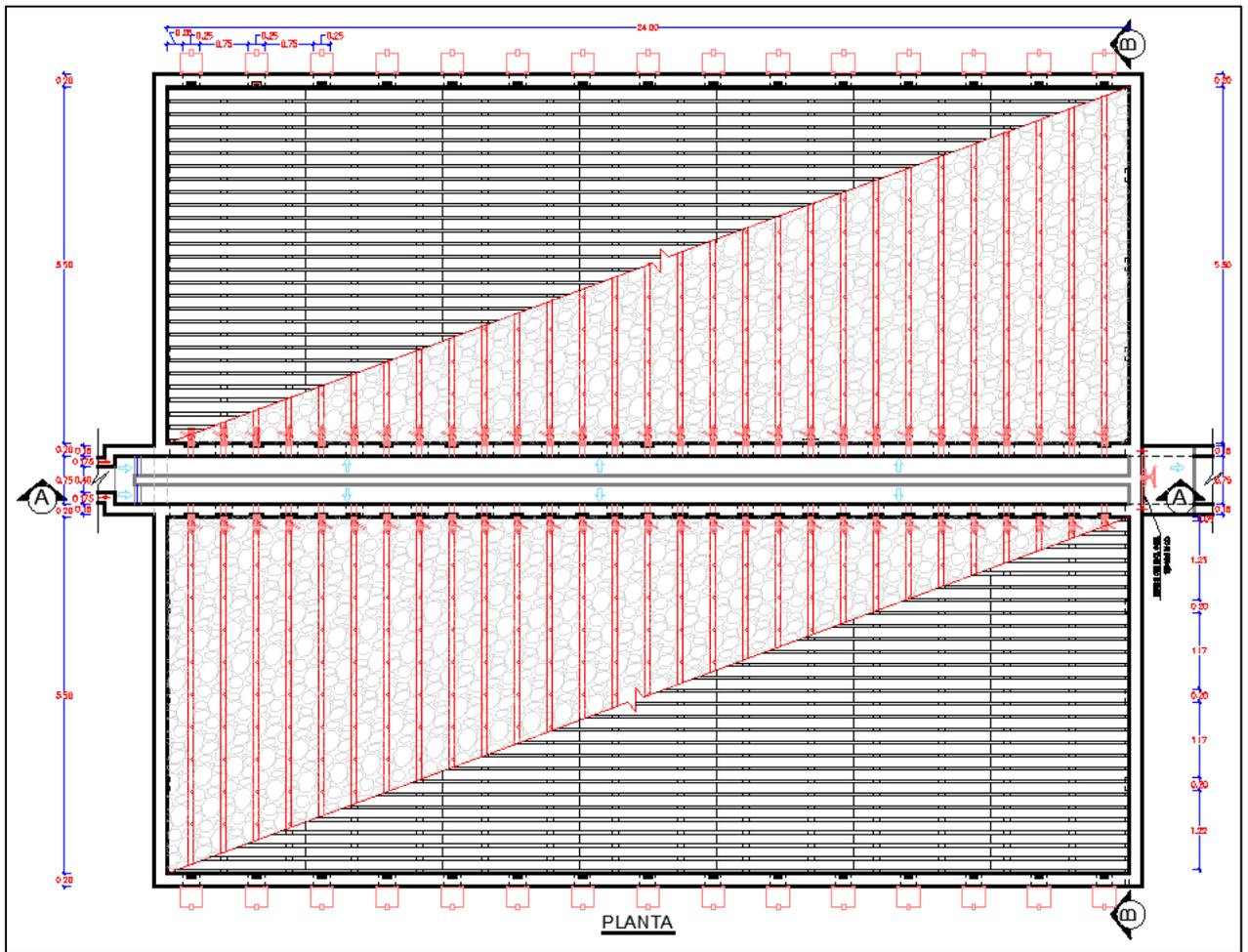


Figura 24.- Diseño en planta de filtro percolador
Fuente: Elaboración propia

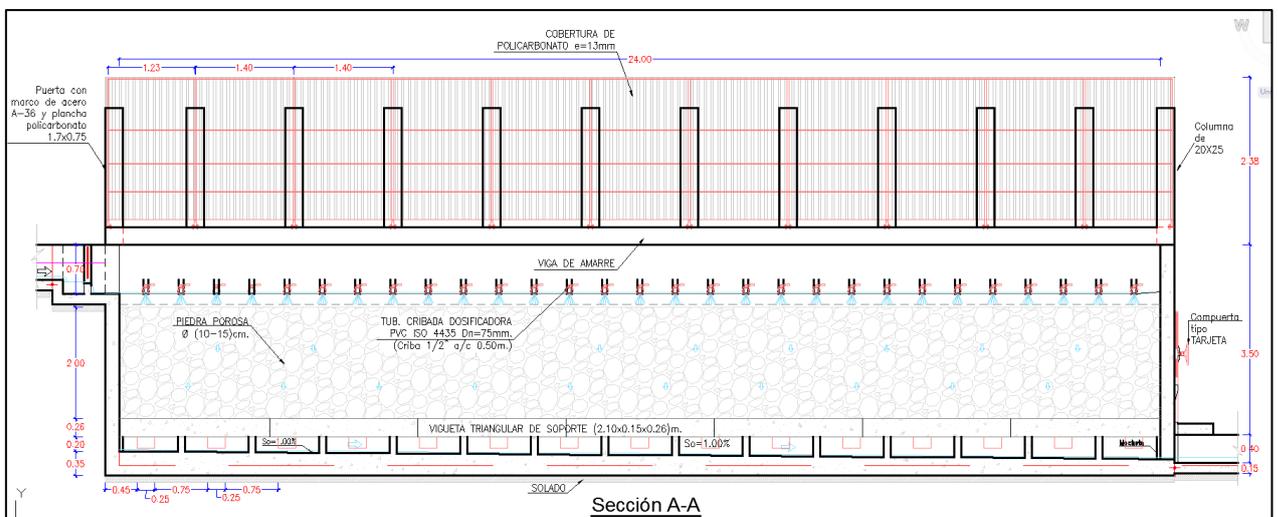


Figura 25.- Diseño de sección de filtro percolador
Fuente: Elaboración propia

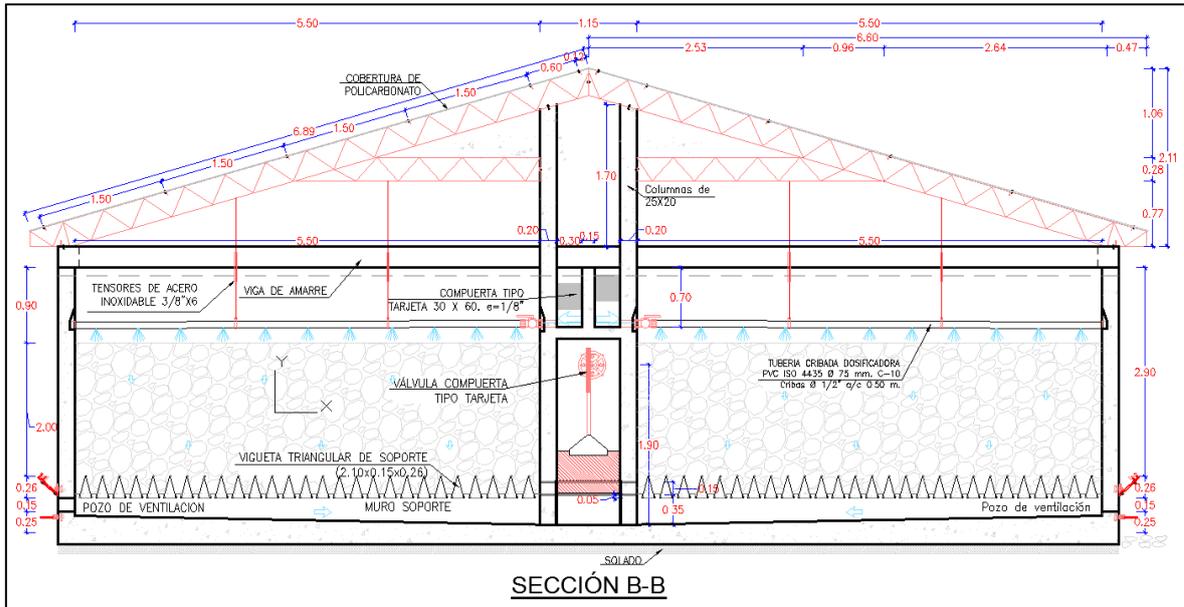


Figura 26.- Diseño de sección de filtro percolador
Fuente: Elaboración propia

Diseño de nivel de tratamiento Secundario (Sedimentador secundario)

Datos:

Caudal promedio	$Q_p = 261.49 \text{ m}^3/\text{día}$
Carga superficial	$Q_s = 18 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{día}$
Nº de sedimentadores	$NSP = 2 \text{ Und.}$
Periodo de retención	$Pr = 2.5 \text{ h. (entre 1.5 a 2.5h)}$
Relación, Largo / Ancho	$L/B = 3 \text{ (Entre 3 a 10)}$
Carga hidráulica en el vertederos	$C_v = 125 \text{ m}^3/\text{m.d (entre 125 - 500)}$
Porcentaje de remoción	$Rem = 55 \% \text{ (para 2.5h)}$
Concentración SST	$SST_o = 56.3 \text{ mg/L}$
Densidad del sedimento	$\gamma_s = 1030 \text{ Kg/m}^3$
Concentración de sólidos	$C_s = 6.5 \% \text{ (trat. Combinado)}$
Tiempo de mantenimiento	$T_m = 115 \text{ días}$

Cálculos:

Área superficial del sedimentador: $A = Q_p/Q_s$

$$A_s = 7.11 \text{ m}^2$$

Profundidad del sedimentador: $P = Q_s Pr$

$$P = 1.9 \text{ m}, \text{ ok es } < 2.0 \text{ m}$$

Longitud del sedimentador: $L = (L / B \times A)^{0.5}$

$$L = 4.60 \text{ m}$$

Ancho de la caja de sedimentación: $B = L / (L/B)$

$$B = 1.53 \text{ m} \text{ calcul.}$$

$$B = 1.55 \text{ m} \text{ Asum.}$$

Longitud de vertedero necesario: $L_v = Q_{md}/NSP/C_v$

$$L_v = 1.35 \text{ m} \text{ Calculado}$$

$$L_v = 1.55 \text{ m} \text{ Asumido}$$

Concentración de SST: $C = SST_o$

$$C = 56.3 \text{ mg/L}$$

Concentración en el sedimentador: $SST_a = Rem/100 \times C$

$$SST_a = 31 \text{ mg/L}$$

Producción de lodo: $S_m = Q \times SST_a$

$$S_m = 4.0 \text{ Kg/d}$$

Concentración SST en el efluente: $SST_e = SST_o - SST_a$

$$SST_e = 25.3 \text{ mg/L}$$

Volumen de lodo generado: $V_{lg} = SS / (\gamma_s \times C_s)$

$$V_{lg} = 0.060 \text{ m}^3/\text{d}$$

Volumen de lodo seco: $V_{ac} = V_{lg} \times T_m$

$$V_{ac} = 6.95 \text{ m}^3$$

Tolvas de digestión de lodos: $N = 4 \text{ Und}$

Altura para acumulacion de lodo: $h_l = (V_{ac}/N) / \text{prom}A$

$$h_l = 1.60 \text{ m}$$

Profundidad total del sedimentador: Borde libre $B_l = 0.40 \text{ m}$

$$H_t = P + h_l + B_l$$

$$H_t = 3.90 \text{ m}$$

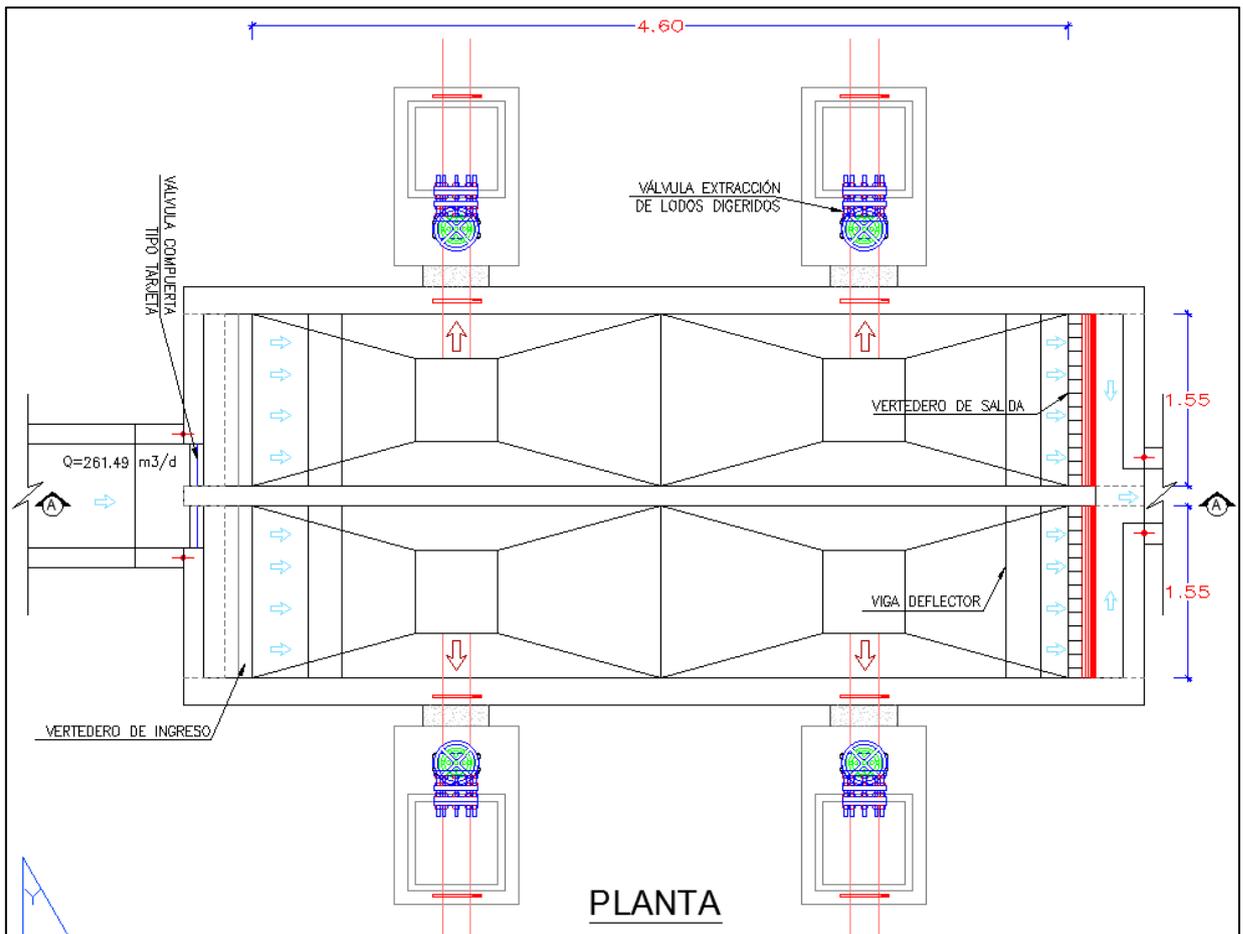


Figura 27.- Diseño en planta de sedimentador secundario
Fuente: Elaboración propia

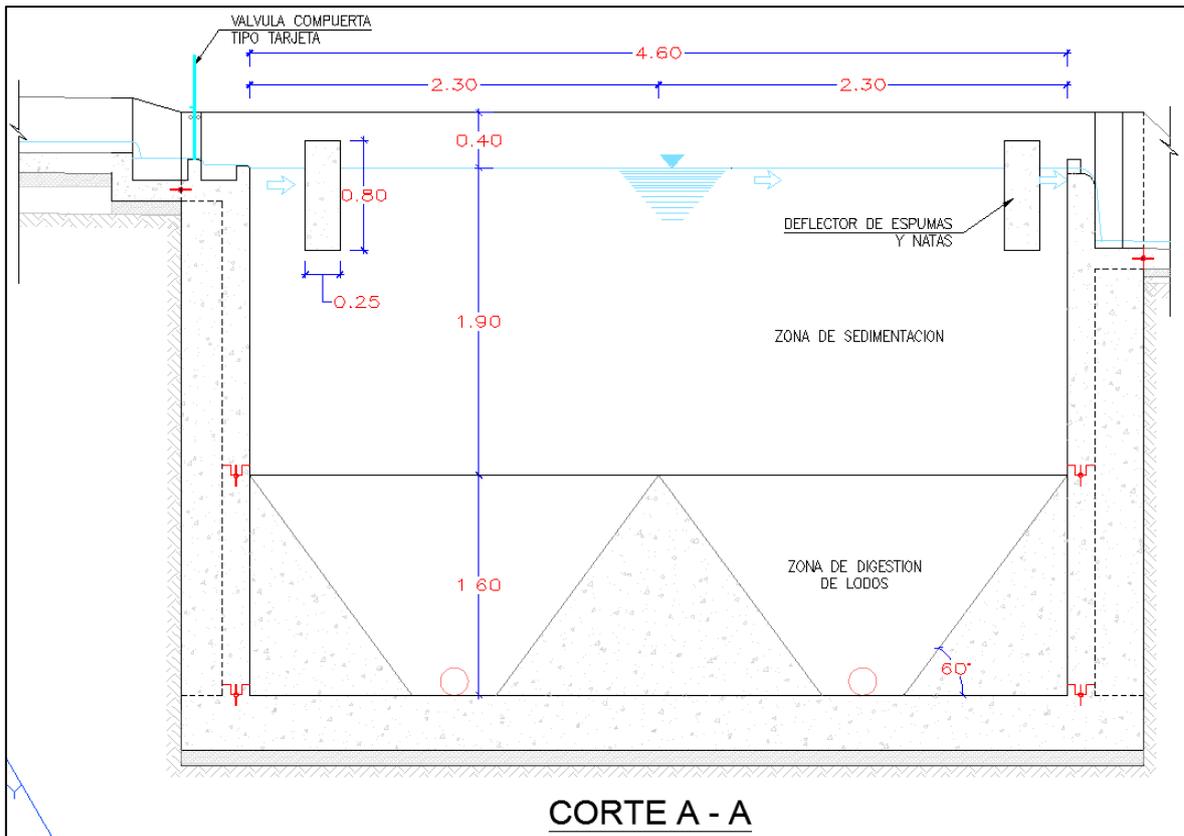


Figura 28.- Diseño de sección de sedimentador secundario
Fuente: Elaboración propia

Diseño de tratamiento Terciario (Cámara de Cloración)

Datos:

Caudal de diseño	Q = 3.03 L/s
Concentración de solución cloro	C = 0.35 %
Dosis máxima	DM = 3 mg/L
Tiempo de contacto del agua con el cloro	Tc = 30 min

Volumen de tanque de contacto: $V_{tc} = Tc \cdot Q$

$$V_{tc} = (Tc \cdot 60) \cdot (Q / 1000)$$

$$V_{tc} = 5.45 \text{ m}^3$$

Tirante de agua $y = 110 \text{ cm}$

Área de tanque de contacto: $A \cdot tc = V \cdot tc / y$

$$A \cdot tc = 4.95 \text{ m}^2$$

Diseño de lecho de secado de lodos

Datos:

Cantidad de lodo generado: Tanque Imhoff = 80.13 m³

Sedimentador secundario= 6.95 m³

Concentración de sólidos Cs = 9 %

Densidad de lodos $\gamma_s = 1030 \text{ Kg/m}^3$

Tiempo de secado mínimo Ts = 49 días

Temperatura del ambiente T° = 10°C

Numero de lechos N = 2 Und

Volumen de lodo generado: $V_{lg} = SS / (\gamma_s \text{ Msd})$

$V_{lg} = 87.08 \text{ m}^3$

Cantidad de sólidos generado / año: $\text{Kg-l} = V_{lg} * 365 * Cs / 100$

$\text{Kg-l} = 2860.5 \text{ Kg/año}$

Producción de lodo / día: $VI = V_{lg} / Cs \times \gamma_s$

$VI = 0.943 \text{ m}^3/\text{d}$

Volumen del lecho de secado requerido: $V_{ls} = VI * Ts$

$V_{ls} = 46.03 \text{ m}^3$

Altura de lodo en el lecho (20 a 40)cm H = 0.3 m

Área del lecho de secado de lodo: $Als = V_{ls} / H$

Als = 153.4 m²

Carga anual de lodo/año, Maxima = 160 Kg/m²-año

$Als1 = \text{Kg-l} / Als$

$Als1 = 19 \text{ Kg/m}^2\text{-año}$

Area de cada lecho de secado de lodo: $A_{cls} = A_{ls} / N$

$$A_{cls} = 76.7 \text{ m}^2$$

Relación L/B (2 a 4), $K = 2.55$

Largo del lecho de secado de lodo: $L = (A_{ls} \times K)^{0.5}$

$$L = 14.0 \text{ m}$$

Base del lecho de secado, $B = A_{ls} / L$ (OS.090 Entre 3 y 6m)

$$B = 5.50 \text{ m}$$

Profundidad medio filtrante: hmf, Ladrillo 0.13 m

Arena fina 0.17 m

Grava 0.20 m

Borde libre 0.20 m (bL)

Profundidad total del lecho: $Ht = H + bL + hmf$

$$Ht = 1.00 \text{ m}$$

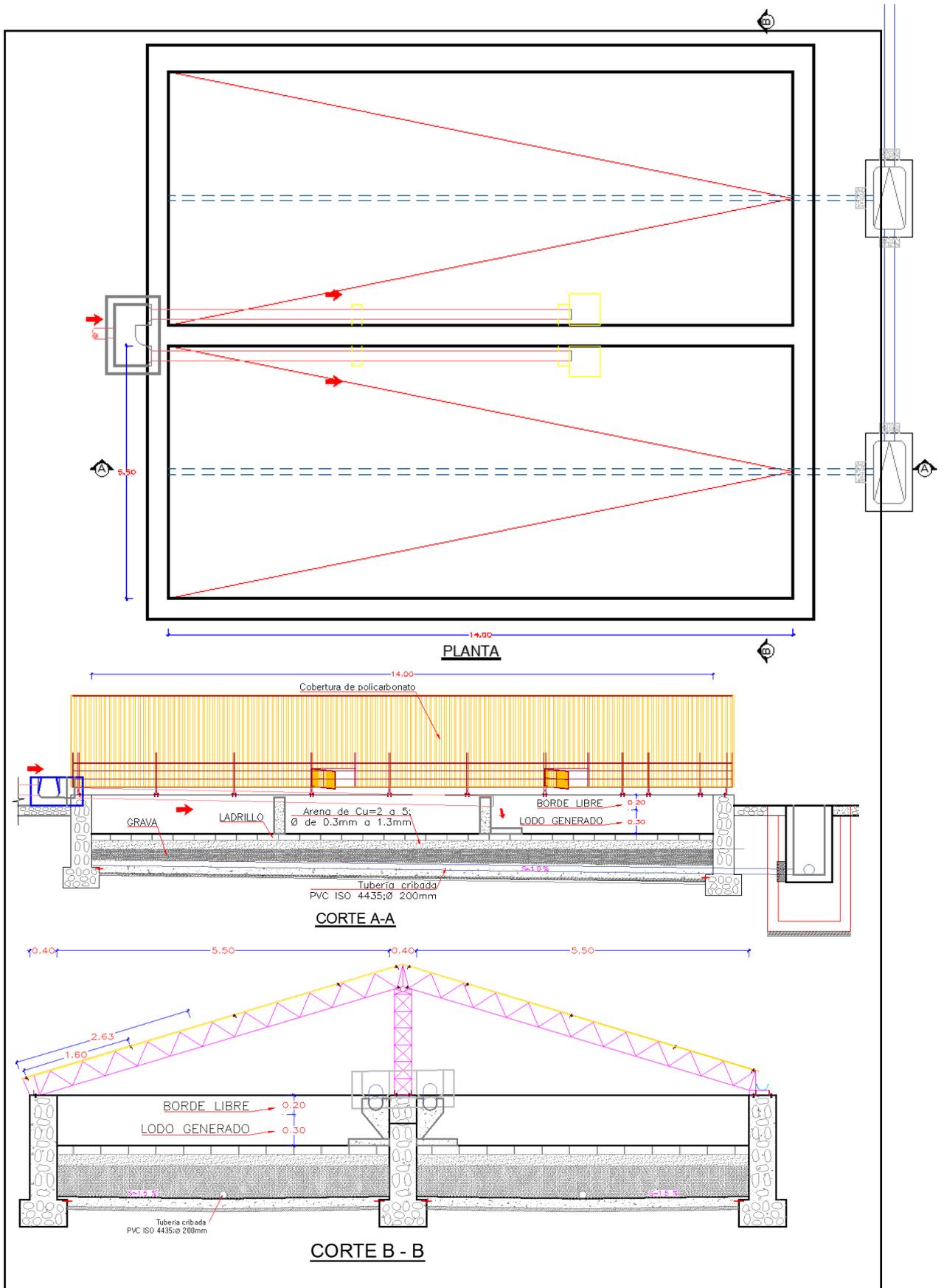


Figura 30.- Lecho de secado de lodos
Fuente: Elaboración propia

VI. DISCUSIÓN

Actualmente la zona nevada del distrito de Ananea cuenta con un sistema alcantarillado en mal estado lo que propicia el ingreso de agentes externos al sistema de tratamiento con lagunas de oxidación, esto genera colmatación de las mismas por ingreso de arenas y tierra de gran tamaño además de la inexistencia de un tratamiento preliminar que lo evite, la población actual de esta zona es de 11,307 habitantes distribuidos en 3,231 viviendas con una densidad población de 3.50 habitantes por familia, los que generan 3.03 Lit/seg. Dada esta cantidad de agua residual descargada y el mal estado del sistema de tratamiento actual se viene generando contaminación en el cuerpo receptor; por lo cual, es objetivo de este trabajo de investigación proponer un diseño de planta de tratamiento tomando en consideración el factor poblacional, factor climático, factor del suelo y topografía del terreno, para mitigar la contaminación actual.

De acuerdo con los resultados del estudio de calidad de agua formulado por el laboratorio, se tiene que el pH, Sólidos Totales Suspendidos y coliformes fecales en las estaciones de monitoreo PTAR-1 y PTAR no cumplen con los parámetros de calidad estipulados en los decretos supremos N° 003-2010-MINAM. Límites Máximos Permisibles y N° 004-2017-MINAM. Estándares de calidad ambiental para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o Municipales, esto corrobora la tesis inicial que afirma el mal estado y funcionamiento del sistema de tratamiento actual con lagunas de estabilización, en consecuencia se propone un diseño de planta de tratamiento de tipo combinado, tratamiento anaerobio para el tratamiento físico químico y tratamiento aerobio para el tratamiento biológico, con tres niveles de remediación, primario, secundario y terciario.

Del diseño del canal de ingreso y pretratamiento; se tiene que este canal por donde fluirá el agua residual tendrá un ancho de 0.30 m. con una altura de ingreso de 0.50 m. y una altura de salida de 0.60 m. y una pendiente de 0.07%, seguidamente se tiene el desarenador que tendrá una longitud de tratamiento de 4.00 m. con transición y salida de 1.00 m. en ambos casos, además la cámara tendrá una altura de 0.50 m. también, se utilizara un vertedero sutor para evitar la generación de turbulencias que perturben el proceso de desarenado, el canal tendrá una pendiente de 0.07%, también se propone la construcción de dos canales en

paralelo para garantizar el desarenado durante su limpieza y/o mantenimiento o durante una falla, además del uso de válvulas tipo tarjeta al ingreso, además se propone un aforador de una longitud de 1.00 m. con un ancho de garganta de 0.20 m y 0.50m de altura para medir la cantidad de agua que ingresa al sistema de tratamiento.

Para el tratamiento primario se propone el diseño de dos tanques Imhoff en paralelo, con 4.70 m. de largo, 1.20 m. de ancho en la zona de gases y natas, 0.90 m. de ancho de sedimentación, en cuanto a la profundidad se contara con 1.50 m. se zona de sedimentación, 1.00 m. de fondo de sedimentación, 0.50 m. de zona neutral, 2.20 m. de zona de lodos y en la parte baja 1.00 m. de zona de digestión de lodos, haciendo un total de 6.50 m. de profundidad, además se plantea la colocación de una cobertura hermética con neopreno que atrape los gases generados y evite la intervención de agentes externos como lluvias y nevadas, este se encargara de sedimentar y digerir los solidos suspendidos totales con una eficiencia de hasta el 70%, los solidos que pasen este tratamiento serán retenidos en el sedimentador secundario.

Para el diseño del tratamiento secundario biológico se plantea la utilización de filtros percoladores, dos unidades de 24.00 m. de largo x 5.50 m. de ancho x 2.00 metros de lecho, se formula la construcción de dos unidades para garantizar el tratamiento durante un mantenimiento rutinario y/o falla, además el flujo de agua para el tratamiento dada la pendiente del terreno será por gravedad lo que economizará su operación, también se propone el uso de cobertura para evitar interferencias externas, esta estructura se encargara del tratamiento biológico con la remoción de coliformes fecales y la reducción de la DBO hasta un 90% puesto que seguidamente se cuenta con una estructura doble de sedimentación secundaria de 4.60 m. de largo por 1.55 m. de ancho con 1.90 m. de profundidad de sedimentación y 1.60 m. de tolva de digestión de lodos.

Como tratamiento terciario se propone el diseño de una cámara de cloracion de 12.40 m. de largo por 0.40 de ancho y 1.50 m. de profundidad, esta mezcla con cloro le proporcionara al agua descargada en el efluente la calidad necesaria para cumplir los límites máximos permisibles y estándares de calidad ambiental, de esta

manera mitigar la contaminación ambiental que actualmente se viene generando en la zona nevada del distrito de Ananea.

Por último, se propone el diseño de dos lechos de secado en paralelo con un largo de 14.00 m. por 5.50 m. de ancho y una profundidad de 1.00 m. de acuerdo con la generación de lodos tanto por el tanque Imhoff y sedimentador secundario se calcula que se obtendrá una altura de lodo de 0.30 m. el será descargado sobre ladrillos asentados con una separación mínima que permita la percolación del agua contenida, estos tendrán un espesor de 0.13 m. asentado sobre, 0.17m de filtro fino, 0.20m de filtro grueso y 0.20m. de borde libre.

VII. CONCLUSIONES

Realizado el estudio de calidad de agua que actualmente se descarga en sistema de tratamiento existente, se tiene que el pH, Sólidos Totales Suspendidos y coliformes fecales en las estaciones de monitoreo PTAR-1 y PTAR no cumplen con los parámetros de calidad estipulados en los decretos supremos N° 003-2010-MINAM. Límites Máximos Permisibles y N° 004-2017-MINAM. Estándares de calidad ambiental para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o Municipales, esto corrobora el mal estado y funcionamiento del sistema de tratamiento actual con lagunas de estabilización, en consecuencia, se concluye que el sistema de tratamiento actual es deficiente y es necesario el planteamiento de un diseño de planta de tratamiento.

Se propone un diseño de planta de tratamiento de tipo combinado, tratamiento anaerobio para el tratamiento físico químico y tratamiento aerobio para el tratamiento biológico, con tres niveles de remediación, primario, secundario y terciario, con un canal de ingreso y pretratamiento de 0.30 m. de ancho con una altura de ingreso de 0.50 m. altura de salida de 0.60 m. y pendiente de 0.07%, un desarenador de 4.00 m. con transición y salida de 1.00 m. con vertedero sutor, tratamiento primario con tanques Imhoff en paralelo, tratamiento secundario biológico con filtro percolador de 24.00 m. x 5.50 m. x 2.00 metros de lecho, por último un tratamiento terciario con cámara de cloración para brindar al agua descargada la calidad necesaria para cumplir lo L-M-P y E-C-As.

VIII. RECOMENDACIONES

En cuanto al proceso de evaluación del estado inicial antes del proceso de investigación se recomienda tener en consideración todos los factores, además del factor económico que influyen en la toma de decisiones y elección de la tecnología necesaria para dar solución al problema de contaminación ambiental generado por un sistema de tratamiento en mal estado, y la información recolectada deberá ser contrastada in situ y cotejada con la proporcionada por los entes estatales encargados de estos estudios.

En cuanto al proceso de muestreo, se recomienda seguir el protocolo de muestreo y garantizar la naturaleza de las muestras, desde el muestreo, etiquetado y transporte de estas para su estudio, puesto que este proceso influye en la veracidad de los resultados.

Para garantizar la vida útil de una infraestructura de tratamiento de agua residual es primordial la designación de personal responsable de ejecutar los mantenimientos programados durante la fase de operación, para evitar deterioros prematuros y mal funcionamiento.

REFERENCIAS

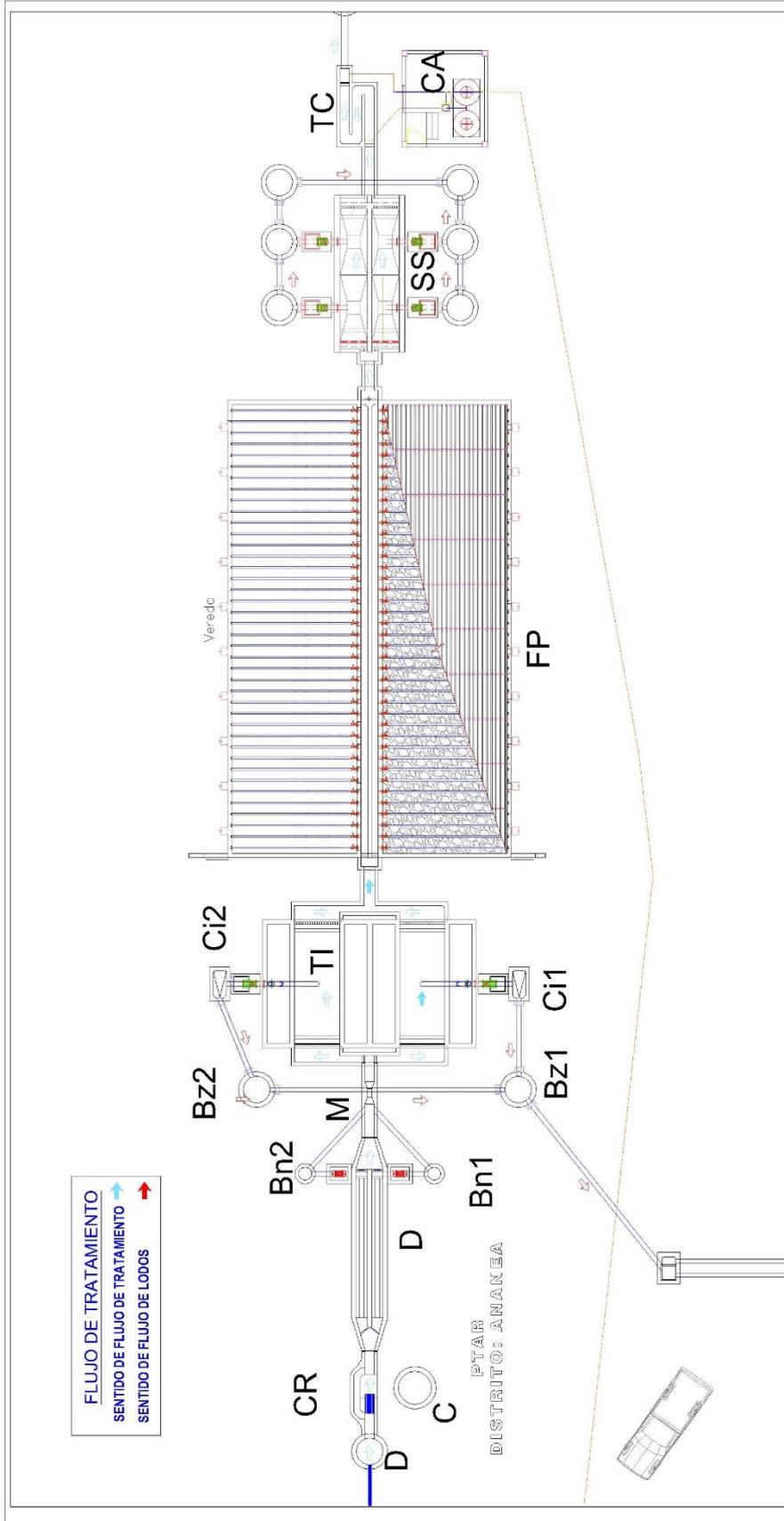
1. Song, and others. (2020). A biophysiological perspective on enhanced nitrate removal from decentralized domestic sewage using gravitational-flow multi-soil-layeringsystems. *Chemosphere*, 240. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124868>.
2. Macloni, D. (2014). Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para el Municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz. (tesis de grado). Universidad Rafael Landívar. Guatemala de la Asunción. Guatemala. Universidad Rafael Landivar, Guatemala de Asunción.
3. Prada, J. (2015), "Evaluación del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas de la Planta de Tratamiento Punta Baja", Tesis de Grado, DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA, Anzoátegui-Venezuela.
4. Maita A. Juliana. (2012), Dimensionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales para la cabecera parroquial de Licán (tesis de grado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de Ecuador.
5. Romero R. J. (2010) "Tratamiento de aguas residuales". Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá.
6. Mondragon, G., & Sanchez, C. (2017). Análisis de la operatividad del sistema de tratamiento de aguas residuales en el continuo urbano de Trujillo - Perú. (Tesis de grado). Universidad Privada Antenor Orrego - UPAO, Trujillo.
7. Espinoza, F. (2015), Planta de tratamiento de aguas residuales San Juan de Miraflores, Tesis para optar grado de máster en gestión ambiental, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura.
8. Lopez , R., & Herrera, K. (2016). Planta de Tratamiento de aguas residuales para reuso en riego de parques y jardines en el distrito de la Esperanza, Provincia de Trujillo. La Libertad. (tesis de grado). Universidad Privada Antenor Orrego - UPAO, Trujillo.
9. Saul A. & Carlos A. (2005), Determinar la remoción del DBO5 en la planta de tratamiento de aguas residuales de Ayacucho, tesis de grado en la Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga de Ayacucho.

10. Ayala, F, Rodrigo. (2014), Plantas de tratamiento de aguas residuales. Estudio de investigación para optar el grado en la Universidad Mayor de San Simón. Bolivia.
11. Alexandra R. Jenny. (2011), Tratamiento Anaerobio de Aguas residuales, tesis de grado en la UNIVERSIDAD EL VALLE. Cali - Colombia.
12. Noyola, Adalberto; Morgan, Juan Manuel; Leonor, Guereca. (2013), Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales, (tesis de grado) en la facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de México, DC México.
13. Borrero, L. Jaime. (2016), Depuración de Aguas residuales municipales con humedales artificiales, Trabajo final (Máster en Ingeniería y Gestión Ambiental) Instituto Catalán de tecnología Universidad Politécnica de Cataluña Barcelona, España.
14. Metcalf & Eddy (2014). Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. 5th Edición. ISBN: 84-481-1607-0. MacGraw-Hill. New York.
15. Cerezo, J. (2011). Estacion depuradora de aguas residuales. (tesis de grado). Universidad politecnica de Catalunya, Barcelona, España.
16. Fonam, (2010). Oportunidades de Mejoras Ambientales para el Tratamiento De Aguas Residuales en el Perú. Lima Peru.
17. Salas, J, José. (2020). Tanque Imhoff: fundamentos y diseño. Artículo científico. Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) para el tratamiento de las aguas residuales. España.
18. Rolim, M. (2000). Sistemas de Lagunas de Estabilización. Primera edición. McGRAW-HILL. Bogota. Colombia.
19. Rigola, m. (1999). Tratamiento de aguas residuales: Aguas de proceso y residuales. Primera edición: Editorial Marcombo. Barcelona España.
20. Crites, Ron; Tchobanoglous, George. (2000). Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. McGraw-Hill. Bogota. Colombia. ISBN 2496140.

21. Lopez , R., & Herrera, K. (2016). Pianta de Tratamiento de aguas residuales para reuso en riego de parques y jardines en el distrito de la Esperanza, Provincia de Trujillo. La Libertad. (tesis de grado). Universidad Privada Antenor Orrego - UPAO, Trujillo.
22. Palacios, F. (2011). Proyecto Ecológico e hidráulico de Tratamiento de Aguas residuales. Lima.
23. Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1994). Gestión Integral de Residuos Sólidos. Madrid: Mc GRAW-HILL.
24. Romero R. J. (2001) Tratamiento de aguas residuales. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá. Colombia.
25. Arocha R. Simón. (1983). Abastecimiento de agua, teoría y Diseño. Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela.
26. Lopez A. Erick. (2012), "Tratamiento de aguas residuales". ITESI. Mexico.
27. Norma OS.090. (2006), Plantas de tratamiento de aguas residuales. Reglamento Nacional de Edificaciones. Perú.

ANEXOS

ANEXO 01



PLANO: DISTRIBUCIÓN PTAR
ESC. 1:100

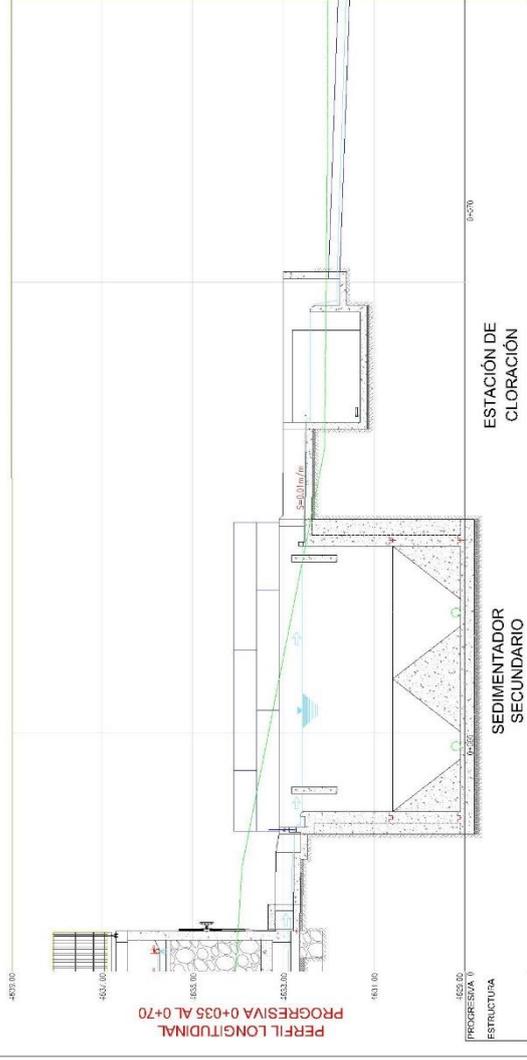
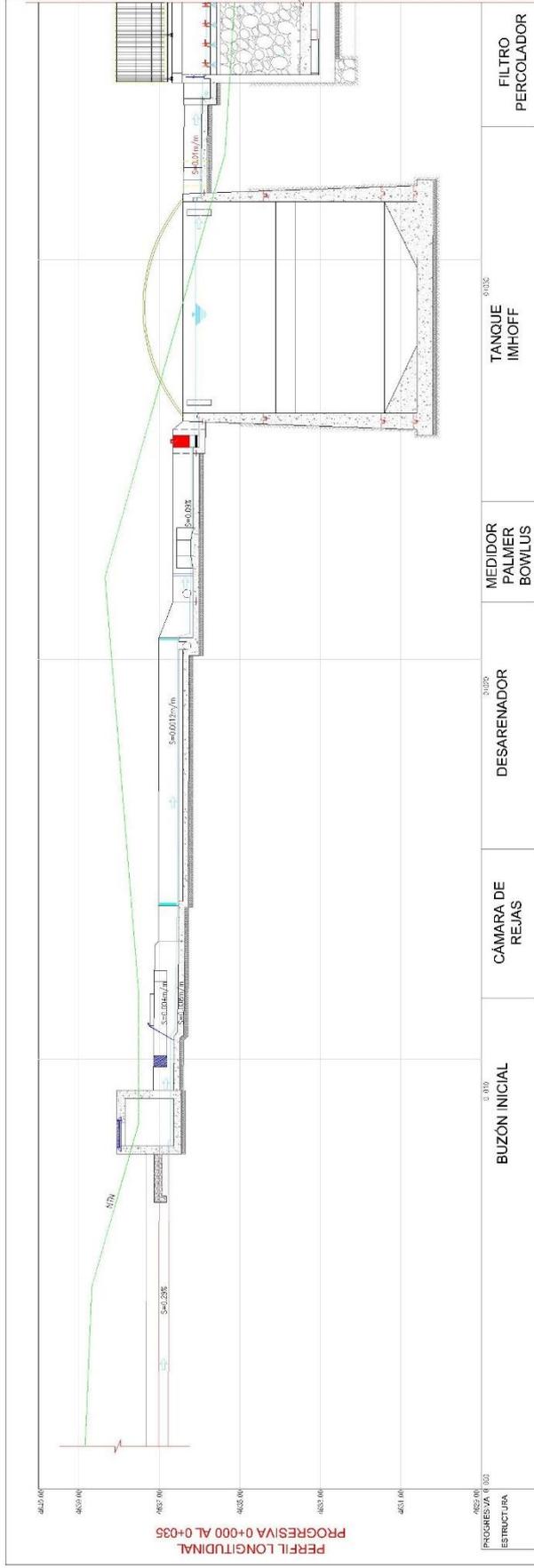
ESTRUCTURAS DE LA PTAR	ESTRUCTURA	CANTIDAD
B	BUZÓN DE INICIO	1 Und.
CR	CÁMARA DE REJAS	1 Und.
D	DESARENADOR	1 Und.
M	MEDIDOR BOMBUS	1 Und.
TI	TANQUE IMHOFF	1 Und.
FP	FILTRO PERCOLADOR	1 Und.
TC	TANQUE DE CLORACIÓN	1 Und.
CA	CÁMARA DE CLARIFICACIÓN	1 Und.
LS	LECHO DE SECADO	2 Und.
DD	DEPOSITO DE DESECHIS	1 Und.
SS	SEDIMENTADOR SECUNDARIO	2 Und.
Ci	CÁMARA DE INSPECCIÓN	4 Und.
Bz	BUZONES	8 Und.



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA: "Propuesta de Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la Zona Nevada de la Ciudad de Ananea - Puno".

PLANO: DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO	DISEÑO: Guino & Rene	ESCALA: INDICADA	PLANO N°: P-01
LOCALIDAD : ANAÑEA	DIBUJO : Guino & Rene	RESPONSABLE:	FECHA: MAY 2020
DISTRITO : SAN ANTONIO PUNO	RESPONSABLE:		
DEPARTAMENTO : PUNO			
REGIÓN : PUNO			



FLUJO DE TRATAMIENTO
 SENTIDO DE FLUJO DE TRATAMIENTO
 SENTIDO DE FLUJO DE LODOS

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		TESIS "Propuesta de Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la Zona Nevada de la Ciudad de Ananea - Puno."
		PLANO PERFIL DE FLUJO DE AGUA RESIDUAL
DISEÑO Guilino & Rete	ESCALA INDICADA	PLANO N°: P - 02
DIBUJO Guilino & Rete	RESPONSABLE Guilino & Rete	FECHA MAY. 2020
LOCALIDAD : ANANEA DISTRITO : ANANEA PROVINCIA : SAN ANTONIO PUTINA DEPARTAMENTO : PUNO REGION : PUNO		

PLANO: PERFIL HIDRÁULICO
 ESC. 1:100

ANEXO 02



LABORATORIO DE ENSAYO Y ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-029

INFORME DE MONITOREO DE CALIDAD DE EFLUENTE DOMESTICO PLANTA DE TRATAMIENTO ANANEA

PREPARADO POR:

**CORPORACIÓN DE LABORATORIOS AMBIENTALES
DEL PERÚ S.A.C.**

**PROYECTO: Tesis Propuesta de diseño de planta de
tratamiento de aguas residuales del distrito de Ananea -
Putina - Puno**

**ABRIL
2022**

Lic. Quím. Doris Quicara Choquepiunta
CQP: 7900
Supervisor de Laboratorio – Sede Arequipa

Blg. Griselda Cusi Coaquira
CBP: 9800
Analista de Laboratorio de Microbiología
Sede Arequipa

Renovación de Acreditación a Corporación de Laboratorios Ambientales del Perú S.A.C. – CORPLAB.
División - Medio Ambiente

I. INDICE

	Página
I. INDICE	2
II. INTRODUCCIÓN.....	3
2.1 Antecedentes.....	3
2.2 Objetivos.....	3
2.3 Marco Legal.....	3
III. METODOLOGÍA UTILIZADA	4
3.1 Métodos Utilizados.....	4
3.2 Parámetros evaluados.....	4
3.3 Equipos de Monitoreo.....	6
3.4 Criterios para aseguramiento de la calidad.....	6
IV. NORMATIVA AMBIENTAL	7
V. ESTACIONES DE MONITOREO	8
VI. RESULTADOS DE MONITOREO	9
VII. COMENTARIOS.....	12
ANEXOS	13
ANEXO 1: Registro Fotográfico De Las Estaciones De Monitoreo.....	14
ANEXO 2: Certificados de los equipos de Campo	17

II. INTRODUCCIÓN

2.1 ANTECEDENTES

Se ha ejecutado en el distrito de Ananea - Puno, el monitoreo de agua para estudio calidad de efluentes domésticos considerando D.S 003-2010-MINAM, y D.S. N° 004-2017-MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias

Para ello los tesisistas solicitaron llevar a cabo los trabajos de monitoreo y la elaboración del informe respectivo a la empresa Corporación de Laboratorios Ambientales del Perú S.A.C., laboratorio acreditado con la Certificación ISO 17025 y que además con Certificación ISO 9001 e ISO 14001, que garantizan la calidad de los resultados.

2.2 OBJETIVOS

- Comparar los resultados obtenidos, con la normativa nacional vigente y evaluar su situación actual.
- Brindar a los tesisistas, resultados confiables y representativos.

2.3 MARCO LEGAL

- Constitución Política del Perú – Título III, Capítulo II: Del Ambiente y los Recursos Naturales.
- Ley General del Ambiente N° 28611.
- D.S N° 003-2010-MINAM, “Aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas ó Municipales.
- D.S. N° 004-2017-MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias,

III. METODOLOGÍA UTILIZADA

3.1 MÉTODOS UTILIZADOS:

Para el desarrollo del monitoreo de calidad de efluente se tomó en cuenta los lineamientos máximos permisibles del sector vivienda, construcción y saneamiento, en el cual se plantean los lineamientos básicos para el desarrollo adecuado de dicho trabajo.

3.2 PARÁMETROS EVALUADOS:

- *Efluentes Domestico*

PARÁMETROS	METODOLOGÍAS	LIMITE DE DETECCIÓN	UNIDADES
<i>Parámetros analizados</i>			
Cianuro Libre	Analytical Chemistry - Steven J. Broderius 1981Vol 53 Iss. 9	0,001	mg/L
Oxígeno Disuelto.	EPA 360.1 1971	0,14	Unidad de pH
Sulfatos, SO ₄ -2	EPA METHOD 300.1 Rev. 1 1997	0,015	mg/L
Conductividad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 22nd Ed. 2012	1,7	µS/cm
Sólidos Totales Suspendidos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012	2	mg/L
Sólido Sedimentable	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 22nd Ed. 2012	0,1	mg/L
Temperatura	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 22nd Ed. 2012	---	°C
Cianuro Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN- E, 21st Ed. 2005	0,001	mg/L
Cianuro Wad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN- I, 21st Ed. 2005	0,001	mg/L
pH [Laboratorio]	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+B, 22nd Ed. 2012	---	Unidad de pH
pH [Campo]	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 F, 22nd Ed. 2012	---	Unidad de pH
Nitrógeno Amoniacal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-S2- D, 22nd Ed. 2012	0,004	mg/L
Sulfuros	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012	0,001	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012	2	mg/L

PARÁMETROS	METODOLOGÍAS	LÍMITE DE DETECCIÓN	UNIDADES
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 21st Ed. 2005	2	mg/L
Aceites y Grasas	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 22nd Ed. 2012	0,5	mg/L
Cromo Hexavalente	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3500-Cr B, 21st Ed. 2005	0,002	mg/L
Metales totales			
Boro (B)	EPA METHOD 200.7 Rev. 4.4 1994	0,002	mg/L
Cobalto (Co)		0,0007	mg/L
Cobre (Cu)		0,002	mg/L
Cromo (Cr)		0,0008	mg/L
Aluminio (Al)		0,004	mg/L
Antimonio (Sb)		0,003	mg/L
Arsénico (As)		0,004	mg/L
Bario (Ba)		0,0005	mg/L
Berilio (Be)		0,00002	mg/L
Cadmio (Cd)		0,0003	mg/L
Calcio (Ca)		0,02	mg/L
Estaño (Sn)		0,0007	mg/L
Estroncio (Sr)		0,0005	mg/L
Fosforo (P)		0,003	mg/L
Hierro (Fe)		0,006	mg/L
Litio (Li)		0,008	mg/L
Magnesio (Mg)		0,008	mg/L
Manganeso (Mn)		0,003	mg/L
Molibdeno (Mo)		0,0009	mg/L
Níquel (Ni)		0,002	mg/L
Plata (Ag)		0,002	mg/L
Plomo (Pb)		0,001	mg/L
Potasio (K)		0,05	mg/L
Selenio (Se)		0,006	mg/L
Silicio (Si)		0,004	mg/L
Sodio (Na)		0,02	mg/L
Talio (Tl)		0,003	mg/L
Titanio (Ti)	0,0007	mg/L	
Vanadio (V)	0,002	mg/L	
Zinc (Zn)	0,0007	mg/L	
Bismuto (Bi)*	0,002	mg/L	

3.3 EQUIPOS DE MONITOREO

EQUIPO	MARCA	MODELO	USO PARA:	N° SERIE
Multiparámetro	WTW	3500i	Medición de parámetros de campo [pH, Conductividad, Temperatura, Oxígeno Disuelto]	12381428

3.4 CRITERIOS PARA ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD:

- ✓ Dentro del programa de aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo, CORPLAB, cumple con procedimientos que incluye el uso regular de materiales de referencia certificados así como la participación en comparaciones interlaboratorios/ensayos de aptitud, la que permite demostrar la competencia técnica en la ejecución de los ensayos y compararse con otros laboratorios a nivel internacional en la misma prueba, Así mismo dentro de nuestro Sistema de Calidad existen diferentes niveles de control de manera que aseguren la calidad de los resultados.
- ✓ El programa de control y aseguramiento de calidad de CORPLAB consiste en las recomendaciones de Publicaciones internacionales, oficiales y estandarizadas tales como Standard Methods y USEPA.
 - Determinación de límite de detección,
 - Lectura de blancos.
 - Lectura de muestras de control (estándares).
 - Lectura de Adición de estándares.
 - Lectura de Duplicados.
 - Definición del comportamiento de las muestras estándares en el tiempo mediante gráficas de Control.
 - Criterios de Aceptación o rechazo de resultados.

IV. NORMATIVA AMBIENTAL

- Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. “Aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales”.

**ANEXO
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PTAR**

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y Grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	Unidad pH	6.5 - 8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.

V. ESTACIONES DE MONITOREO

ESTACIÓN	COORDENADAS UTM		DESCRIPCIÓN
	ESTE (m)	NORTE (m)	
PTAR-1	441850	8377763	Ingreso - P-Ananea
PTAR	441815	8377870	Laguna - P-Ananea

VI. RESULTADOS DEL MONITOREO

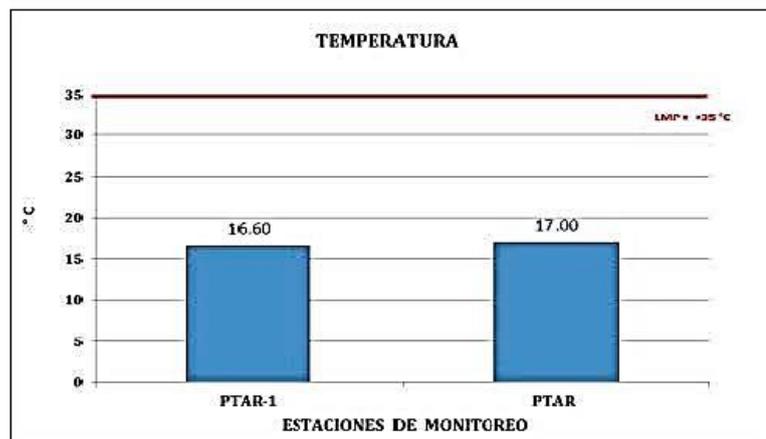
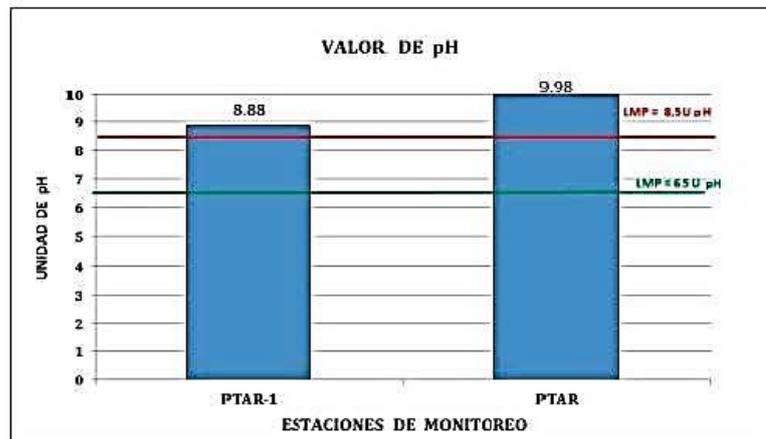
6.1 RESULTADOS DE CALIDAD DE EFLUENTE DOMESTICO:

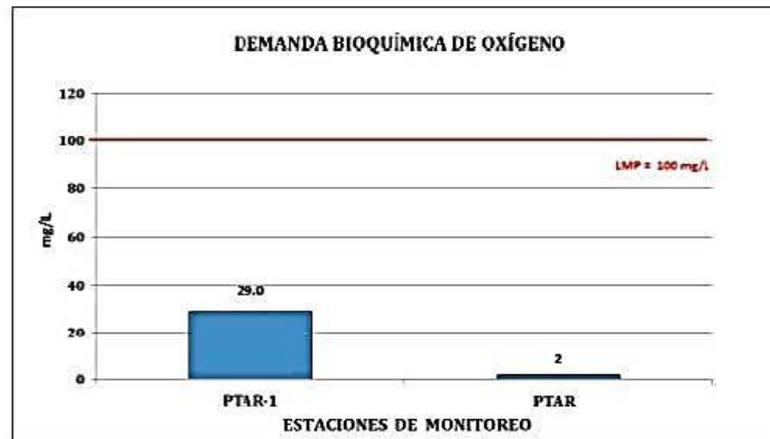
PARÁMETROS	EFLUENTES DOMESTICO		UNIDAD	LMP ⁽¹⁾
	PTAR-1	PTAR		
	13/02/22	13/02/22		
pH	8,88	9,98	Unidad de Ph	6,5 - 8,5
Conductividad	260,0	94,7	µS/cm	-
Oxígeno disuelto	8,66	4,00	mg/L	-
Temperatura	16,6	17,0	°C	<35
Sólidos Totales Suspendidos	155	152	mg/L	150
Sólidos Sedimentables	0,1	ND	mg/L	-
Sulfatos	9,130	3,212	mg/L	-
Cianuro Libre	ND	ND	mg/L	-
Cianuro Total	ND	ND	mg/L	-
Cianuro Wad	ND	ND	mg/L	-
Nitrógeno Amoniacal	9,218	0,023	mg/L	-
Sulfuros	ND	ND	mg/L	-
Coliformes Fecales	17,000	13,000	NMP/100mL	10,000
Parámetros Orgánicos				
Aceites y Grasas	10,0	3,2	mg/L	20
Demanda Bioquímica de Oxígeno	29	2	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	138	4	mg/L	200
Metales totales				
Aluminio (Al)	0,093	0,021	mg/L	-
Antimonio (Sb)	ND	ND	mg/L	-
Arsénico (As)	ND	ND	mg/L	-
Bario (Ba)	0,1998	0,0066	mg/L	-
Berilio (Be)	ND	ND	mg/L	-
Bismuto (Bi) ⁺	ND	ND	mg/L	-
Boro (B)	0,023	0,047	mg/L	-
Cadmio (Cd)	ND	ND	mg/L	-
Calcio (Ca)	6,01	9,88	mg/L	-
Cobalto (Co)	ND	ND	mg/L	-
Cobre (Cu)	ND	ND	mg/L	-
Cromo (Cr)	ND	ND	mg/L	-
Estaño (Sn)	ND	ND	mg/L	-
Estroncio (Sr)	0,0330	0,0838	mg/L	-
Fosforo (P)	3,299	0,080	mg/L	-
Hierro (Fe)	0,192	0,033	mg/L	-
Litio (Li)	ND	ND	mg/L	-
Magnesio (Mg)	1,165	1,447	mg/L	-
Manganeso (Mn)	0,048	ND	mg/L	-
Molibdeno (Mo)	ND	ND	mg/L	-
Niquel (Ni)	ND	ND	mg/L	-
Plata (Ag)	ND	ND	mg/L	-
Plomo (Pb)	ND	ND	mg/L	-
Potasio (K)	8,03	0,95	mg/L	-
Selenio (Se)	ND	ND	mg/L	-
Silicio (Si)	11,17	6,066	mg/L	-
Sodio (Na)	14,14	3,74	mg/L	-
Talio (Tl)	ND	ND	mg/L	-
Titanio (Ti)	ND	ND	mg/L	-
Vanadio (V)	ND	ND	mg/L	-
Zinc (Zn)	0,0210	0,0074	mg/L	-

(1) DSN° 003-2010-MINAM "aprueban Límites Máximos permisibles para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales o municipales"

(-) sin LMP.

(ND) no detectable





VII. COMENTARIOS

- El resultado, pH en la estación de monitoreo *PTAR-1* y *PTAR* No cumplen con lo establecido en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. “Aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales”, y D.S. N° 004-2017-MINAM.
- Los resultados de Temperatura en la punto de monitoreo *PTAR-1* y *PTAR* cumplen con lo establecido en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. “Aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales” y D.S. N° 004-2017-MINAM.
- Las concentraciones de Sólidos Totales Suspendidos, en los puntos de monitoreo *PTAR-1* y *PTAR* no cumple con lo establecido en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. “Aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales” y D.S. N°04-2017-MINAM.
- La concentración de Demanda Bioquímica de oxígeno, aceites y grasas en las estaciones de monitoreo *PTAR-1* y *PTAR* cumplen con lo establecido en el Decreto Supremo N°003-2010-MINAM. “Aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales”, D.S. N° 004-2017-MINAM.
- La concentración de Demanda Química de oxígeno en las estaciones de monitoreo *PTAR-1* y *PTAR* cumplen con lo establecido en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. “Aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales” y D.S. N° 004-2017-MINAM.
- Los coliformes fecales en las estaciones de monitoreo *PTAR-1* y *PTAR* no cumplen con lo establecido en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. “Aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales” y D.S. N° 004-2017-MINAM.

ANEXO

ANEXO 1

**REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LAS ESTACIONES
DE MONITOREO**



FOTO N° 01 - ESTACIÓN DE MONITOREO PTAR-1



FOTO N° 02 - ESTACIÓN DE MONITOREO PTAR-1



FOTO N° 03 - ESTACIÓN DE MONITOREO PTAR



FOTO N° 04- ESTACIÓN DE MONITOREO SALIDA PTAR

ANEXO 03



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
FC_C&B_Labs@hotmail.com , #929968839

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN

TESIS: "PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA ZONA NEVADA DEL DISTRITO DE ANANEA PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA – PUNO".

SOLICITANTE: TESISISTAS

UBICACIÓN: Distrito de Ananea.

FECHA: Abril del 2022

MUESTRA: C-1

PROFUNDIDAD (m): 1.50M

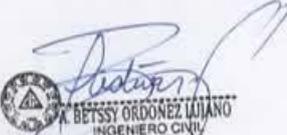
ESTADO DE LA MUESTRA: INALTERADA

TIEMPO DE CONSOLIDACION: 24 Hrs.

TIPO DE ENSAYO: Corte Directo.

INDICE

- 2.2.1 OBJETIVOS Y ALCANCES
- 2.2.2 ASPECTOS GENERALES
- 2.2.3 INVESTIGACIÓN DE CAMPO
- 2.2.4 ENSAYOS DE LABORATORIO
- 2.2.5 ENSAYOS STANDARD
- 2.2.6 ENSAYOS ESPECIALES
- 2.2.7 RESULTADO DE LOS ENSAYOS IN-SITU Y DE LABORATORIO
- 2.2.8 PERFILES ESTATIGRAFICOS
- 2.2.9 ANALISIS DE LA CIMENTACIÓN
 - 2.2.9.1 TIPO Y PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN
 - 2.2.9.2 CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE
 - 2.2.9.3 CALCULO DE ASENTAMIENTO



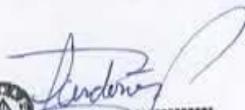
BETSY ORDÓÑEZ LOZANO
INGENIERO CIVIL
REG. CIP: 19140

2.2.1 OBJETIVOS Y ALCANCES

El estudio de Mecánica de Suelos y Geológico desarrollado tiene como objetivos:

- La evaluación geológica regional y local del ámbito del proyecto a fin de conocer el origen y formación de suelos.
- Determinar el reconocimiento geológico in situ del área de intervención, a fin de precisar a detalle las características y condiciones geomorfológicas de la zona.
- Definir los grados de viabilidad y limitaciones del proyecto respecto a las condiciones geológicas evaluadas.
- A nivel de los estudios Geotécnicos (Mecánica de Suelos) son objetivos:
- Determinar las características físico-mecánicas del subsuelo del área donde se emplazará la Cimentación.
- Establecer las características y parámetros de capacidad resistente de suelos de fundación sobre los cuales se emplazarán las estructuras del proyecto (Ptar).

Son objetivos específicos de la evaluación Geotécnica:



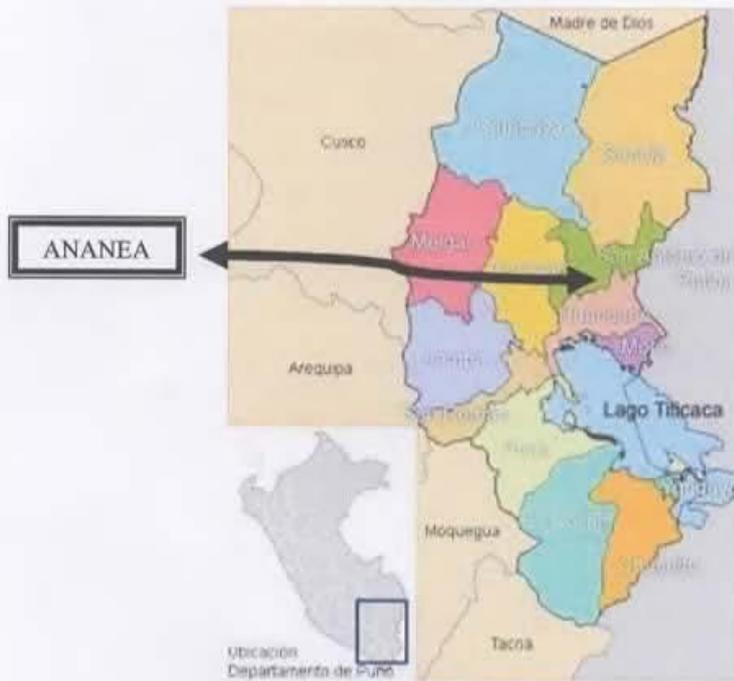

A. BETSSY ORDÓÑEZ LUJANO
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 191410

- Clasificar los materiales encontrados de acuerdo a los sistemas de clasificación SUCS y AASTHO.
- Determinar las propiedades físicas de los suelos naturales y materiales de relleno.
- Determinar los parámetros de comportamiento mecánico de los suelos.

- Establecer la profundidad de fundación y los esfuerzos admisibles más recomendables.

2.2.2 ASPECTOS GENERALES

2.2.2.1 Ubicación del Área de Estudio



El terreno donde se ha realizado el Estudio de Suelos está ubicado en planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Ananea

Se realizaron excavaciones para dar lugar a la calicata correspondiente al lugar donde se proyectara la construcción de la planta de tratamiento.

2.2.3 INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Desarrollo de los Trabajos de Campo

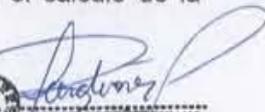
Consistieron, en la exploración de suelos, mediante el método más apropiado de acuerdo a su naturaleza, así como el reconocimiento Geológico y Geotécnico del área donde se ubica la estructura.

Durante la ejecución de la investigación de campo se llevó un registro de campo en el que se anotó el espesor y su estado de compacidad de las distintas capas del sub-suelo.

TRABAJOS DE CAMPO

Calicata a cielo abierto

En base a las características de los materiales existentes, para la exploración, se procedió a emplear el método de ensayo a cielo abierto ASTM D-1588, con el objeto de investigar las características del material en la calicata del sub-suelo del punto de apoyo se llevó a cabo un pozo exploratorio de 1.50 m. De profundidad, de donde se obtuvieron muestras inalteradas representativas para los ensayos de mecánica de suelos y de esta forma determinar los parámetros a utilizarse en el cálculo de la capacidad portante.



A. BEISSY ORDÓÑEZ LUJANO
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 198410

2.2.4 ENSAYOS DE LABORATORIO

Se tomaron varias muestras representativas de los suelos de la calicata y luego se sometieron a los siguientes ensayos:

- | | |
|---------------------------------------|-------------|
| - Análisis granulométrico, | ASTM D-422 |
| - Clasificación SUCS | ASTM D-2487 |
| - Contenido de Humedad, densidad seca | ASTM D-2216 |
| - Corte Directo, | ASTM D-3080 |

Los Ensayos de las muestras fueron clasificadas y seleccionadas siguiendo el procedimiento del A.S.T.M. D-2488 "Práctica recomendada para descripción de Suelos"

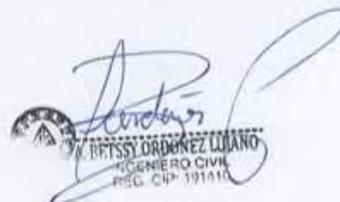
2.2.5 ENSAYOS STANDARD

ENSAYOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD. (ASTM- D 2216)

Luego de la clasificación y organización de las muestras se tomó el contenido de humedad de todas ellas, de la descripción de las mismas.

ENSAYOS DE LÍMITES DE CONSISTENCIA. (ASTM - 4318)

La mayoría de los materiales encontrados en la zona son finos tomándose cantidad suficiente como para realizar estos ensayos.



M. Petyssy Ordóñez Lozano
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 191110

ENSAYOS DE GRANULOMETRÍA. (ASTM - 421, ASTM - 422)

Los resultados de los ensayos de granulometría han sido necesarios para clasificar los suelos. En todos los casos se ha empleado el método mecánico.

Los resultados de este ensayo así como la hoja de cálculo correspondiente, SE encuentra en los anexos

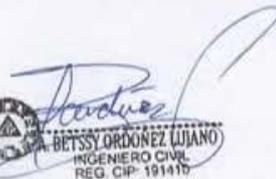
2.2.6 ENSAYOS ESPECIALES

ENSAYOS DE CORTE DIRECTO. (ASTM – D3080)

Los parámetros de la resistencia al esfuerzo cortante del suelo, generalmente mixto ya que en la zona no existe suelos puramente cohesivos y no cohesivos, por lo que siempre intervienen los valores de cohesión y ángulo de fricción interna, ya que inciden directamente en la capacidad admisible del terreno, estos valores se obtienen directamente a partir del Ensayo de Corte Directo.

Es muy importante las condiciones en que se realizan el ensayo de corte directo, para nuestro caso se realizó el ensayo bajo las condiciones Consolidadas Drenadas, según la norma ASTM D3080, saturada completamente la muestra, tratando de simular una resistencia en condiciones saturadas en épocas de avenidas, ya que el nivel freático puede aflorar hasta Nivel Máximo de Aguas (Época de Avenidas)

SECCIÓN GEOTÉCNICA.



BETSSY ORDÓÑEZ LUJANO
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 19141B

La sección geotécnica del presente estudio, considerando -la distribución de los puntos de exploración y la sección longitudinal se puede ver que no es homogénea.

TRABAJOS DE GABINETE.-

Los trabajos de gabinete consistieron en el análisis de los datos de campo e información de laboratorio, cálculo e interpretación de los resultados, formulación de parámetros de diseño, conclusiones y recomendaciones en general.

Se procedió a continuación a la determinación de la clasificación de los materiales del sub-suelo.

En gabinete se prepararon todas las ilustraciones que acompañan este informe así también la memoria de los cálculos, para determinar la Capacidad Portante de Carga última del suelo y determinar las condiciones de cimentación de la estructura.

2.2.7 RESULTADO DE LOS ENSAYOS IN-SITU Y DE LABORATORIO

Los trabajos de gabinete consistieron en el análisis de los datos de campo e información de laboratorio, cálculo e interpretación de los resultados, formulación de parámetros de diseño, conclusiones y recomendaciones en general.

Se procedió a continuación a la determinación de la clasificación de los materiales del sub-suelo.

En gabinete se prepararon todas las ilustraciones que acompañan este informe así también la memoria de los cálculos, para determinar la Capacidad Portante de Carga última del suelo y determinar las condiciones de cimentación de la estructura.



BETSSY ORDOÑEZ LUJANO
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 196410

DATOS PARA EL CÁLCULO NECESARIOS PARA EL ENSAYO DE CORTE
DIRECTO EN LA CALICATA C-1

CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD (% W)

$$W = (W_w/W_s) * 100$$

DONDE

W_w = PESO DEL AGUA

W_s = PESO DEL SUELO SECO

Peso suelo húmedo – peso suelo seco = Peso del agua

Peso suelo húmedo	Peso suelo seco	Peso del agua
506.86	380	126.86

$$W = (126.86/380) * 100 = 33.38\% \text{ de humedad}$$

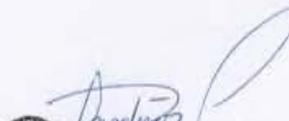
CALCULO DE LA DENSIDAD SECA (D_s)

$$D_s = M_s/V$$

DONDE

V = VOLUMEN DE LA MUESTRA

M_s = MASA O PESO DEL SUELO SECO



BETSY ORDÓÑEZ LUJANO
INGENIERO CIVIL
D.B.C. C.P. 191410

masa o peso del suelo seco	volumen de la muestra
380	290.08

$$D_s = (380/290.08) = 1.31$$

CALCULO DEL ESFUERZO DE CORTE (t)

Se tiene los factores de corrección para el esfuerzo de corte

LECTURAS DEL DIAL QUE ESTAMOS REGISTRANDO	FACTOR
0 a 48	0.2083
48 a 94	0.2160
94 a 140	0.2155
140 a 190	0.2828

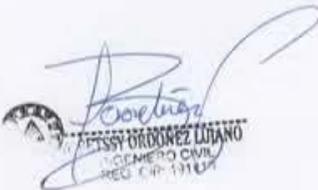
ESFUERZO DE CORTE NOMINAL ACTUANDO SOBRE EL ESPECIMEN ES:

$$t = Ph/A$$

DONDE

Ph = LECTURA DE CARGA HORIZONTAL * FACTOR

A = AREA INICIAL DEL ESPECIMEN (CIRCULAR $\pi \cdot D^2/4$) (RECTANGULAR $L \cdot L$)



 APRESSY ORDOÑEZ LUJANO
 LICENCIADO CIVIL
 REG. CIP. 11104

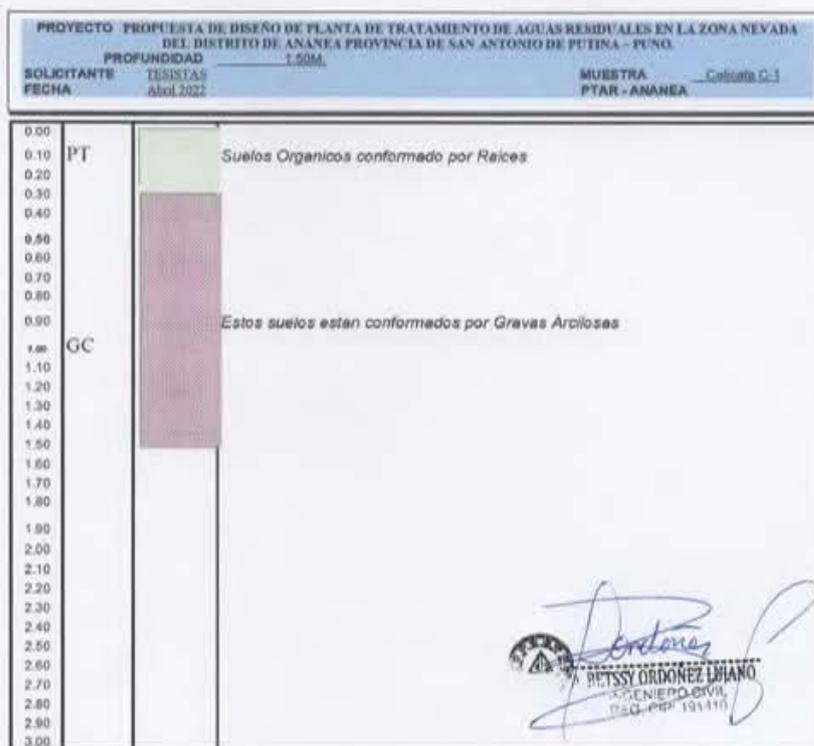
CALICATA C-1

CONTENIDO DE HUMEDAD	ASTM-2216	33.38%
DENSIDAD SECA		1.31
CLASIFICACIÓN SUCS	GC	GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA
CORTE DIRECTO	ASTM D3080	C = 0.122 kg./cm ² O = 19°39"

2.2.8 PERFIL ESTADIGRAFICO

CALICATA C-1: PTAR ANANEA

REGISTRO DE EXCAVACION



2.2.9 DESCRIPCIÓN DE LA CONFORMACIÓN DEL SUBSUELO DEL AREA DE ESTUDIO

En la inspección de campo se pudo comprobar que el lugar destinado para el desarrollo del proyecto es un terreno con estratos de GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA conformado por horizontes de diferente espesor y orientación esta disposición está directamente relacionada con la acumulación de los materiales que se originaron en la época de su formación en las diferentes etapas del acarreo de materiales.

2.2.10 ANALISIS DE LA CIMENTACION

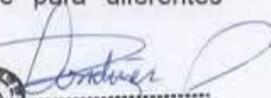
2.2.10.1 PROFUNDIDAD DE CIMENTACION

El terreno en general presenta una relativa homogeneidad en el subsuelo constituido por dos y tres Horizontes PT, CL y GC, estrato donde emplazaran obras de cimentaciones, la profundidad de anclaje no menor 1.50m.

2.2.10.2 TIPO DE CIMENTACIÓN

El tipo de cimentación que se puede utilizar en el terreno en estudio es el de la cimentación directa utilizando cualquiera de los métodos, ya que la naturaleza del suelo de fundación es Grava Arcillosa granulometría mal graduada, sin embargo el calculista estructural deberá definir finalmente el tipo de cimentación a considerar de acuerdo a los análisis y requerimientos del caso.

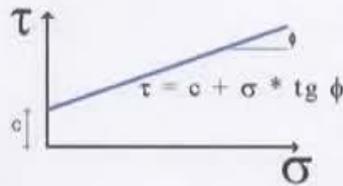
De acuerdo a los ensayos de laboratorio y en función de las características del suelo, se presenta el cuadro de cálculo para determinar la capacidad de carga admisible para diferentes dimensiones y tipos de cimentación

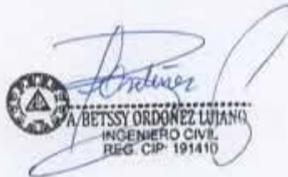


A. BETSY ORDÓÑEZ LUJANO
INGENIERO CIVIL
REG. CIP- 191410

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La capacidad Portante Admisible del suelo de acuerdo con los resultados de laboratorio es $Q_{adm} = 1.17 \text{ Kg/cm}^2$, en consecuencia, se recomienda un desplante o profundidad de cimentación mínimo de 1.50 m por debajo del terreno natural del área del proyecto: PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA ZONA NEVADA DEL DISTRITO DE ANANEA PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA – PUNO.




BETSSY ORDÓÑEZ LUJANI
INGENIERO CIVIL
REG. CIP- 191410

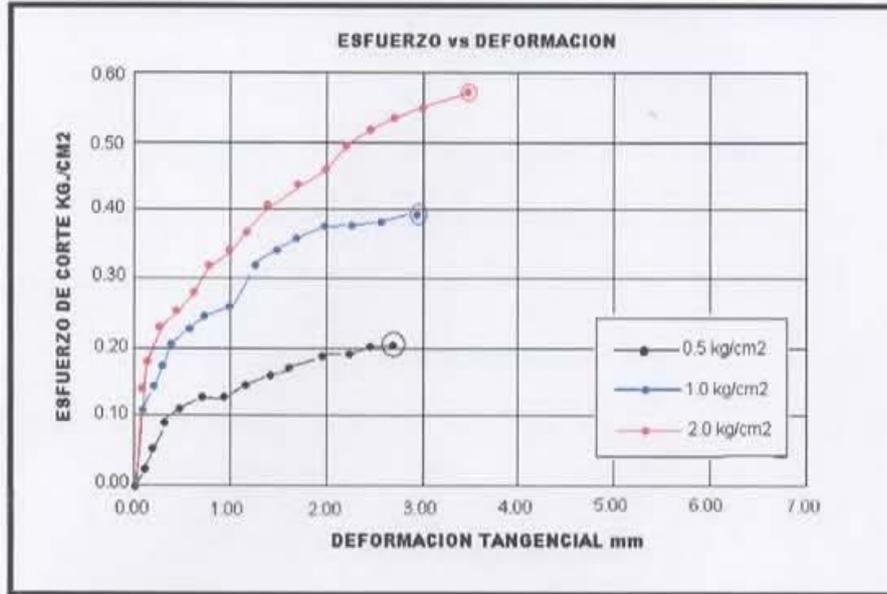
ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMA ASTM-D3080

DATOS DEL ESPECIMEN				ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
				MEDIDA	VALOR	MEDIDA	VALOR	MEDIDA	VALOR
altura (cm)				2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
diametro (cm)				5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Densidad seca (gr./cm ³)				1.29		1.32		1.31	
humedad (%)				32.41	37.09	31.58	35.2	30.89	32.78
esfuerzo normal (kg./cm ²)				0.50		1.00		2.00	

Deformacion Tangencial (mm)	ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03				
	Dia. de carga	Fuerza Cortante (kg.)	Esfuerzo de Corte (kg./cm ²)	Deformacion Tangencial (mm)	Dia. de carga	Fuerza Cortante (kg.)	Esfuerzo de Corte (kg./cm ²)	Deformacion Tangencial (mm)	Dia. de carga	Fuerza Cortante (kg.)	Esfuerzo de Corte (kg./cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
0.10	3.80	0.79154	0.040	0.10	11.10	2.312	0.118	0.10	13.80	2.875	0.146
0.20	5.10	1.06233	0.054	0.20	14.80	3.083	0.157	0.20	17.60	3.666	0.187
0.30	6.6	1.37478	0.070	0.30	17.20	3.583	0.182	0.30	21.90	4.562	0.232
0.40	8.9	1.85387	0.094	0.40	19.80	4.124	0.210	0.40	23.80	4.958	0.252
0.50	10.80	2.24964	0.115	0.50	22.20	4.624	0.236	0.50	26.40	5.499	0.280
0.60	12.00	2.4996	0.127	0.60	24.40	5.083	0.259	0.60	30.60	6.374	0.325
0.70	12.03	2.505849	0.128	0.70	25.80	5.374	0.274	0.70	32.50	6.770	0.345
0.80	14.00	2.9162	0.149	0.80	30.40	6.332	0.323	0.80	34.80	7.249	0.360
0.90	15.20	3.16616	0.163	0.90	32.20	6.707	0.342	0.90	39.20	8.165	0.416
1.00	17.00	3.5411	0.180	1.00	34.00	7.082	0.361	1.00	42.80	8.915	0.454
1.25	18.80	3.91604	0.199	1.25	35.20	7.332	0.373	1.25	44.40	9.249	0.471
1.50	18.60	3.87438	0.197	1.50	36.00	7.499	0.382	1.50	48.00	9.998	0.509
1.75	19.10	3.97852	0.203	1.75	36.80	7.665	0.390	1.75	49.10	10.606	0.540
2.00	19.40	4.04102	0.206	2.00	37.20	7.749	0.395	2.00	50.20	10.843	0.552
2.25				2.25	37.80	7.874	0.401	2.25	50.80	10.973	0.559
2.50				2.50				2.50	51.60	11.146	0.568
2.75				2.75				2.75			
3.00				3.00				3.00			
3.50				3.50				3.50			
4.00				4.00				4.00			
4.50				4.50				4.50			
5.00				5.00				5.00			
5.50				5.50				5.50			
6.00				6.00				6.00			
6.50				6.50				6.50			


BETSSY ORDÓÑEZ LUJANO
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 191410

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (REPRESENTACION GRAFICA)



ANEXO 04





