



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Diseño del sistema de alcantarillado y planta de
tratamiento en el caserío La Peña, distrito de San Jacinto -
Tumbes**

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Civil

Robert Alessandro Peralta Cornejo

**Asesor:
Dr. Ing. Francisco Arteaga Núñez**

Piura, agosto de 2025



Declaración Jurada de Originalidad del Trabajo Final

Yo, Robert Alessandro Peralta Cornejo, egresado del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura, identificado con DNI 71585760, declaro bajo juramento lo siguiente:

Soy autor del trabajo final titulado:

“Diseño del sistema de alcantarillado y planta de tratamiento en el caserío La Peña, distrito de San Jacinto –Tumbes”. El mismo que presento como Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil.

Afirmo que el contenido de mi trabajo final es original y no vulnera derechos de terceros, incluyendo derechos de propiedad intelectual y datos personales. Garantizo que no ha sido plagiado, total ni parcialmente y que he cumplido con las normas internacionales de citas y referencias bibliográficas para todas las fuentes consultadas. Asimismo, declaro que este trabajo no ha sido publicado ni presentado previamente en ningún medio, ya sea físico o digital. Toda la información, incluidos los resultados, datos y conclusiones que presento son de mi autoría, la cual es auténtica y verídica.

En caso de detectarse algún incumplimiento de lo declarado, asumo plena responsabilidad frente a terceros, la Universidad de Piura y/o la Administración Pública. Esto incluye cualquier consecuencia legal o económica derivada, como el pago de multas o compensaciones por daños y perjuicios.

La asesoría del trabajo estuvo a cargo del docente de la Universidad de Piura:

- Dr. Ing. Francisco Arteaga Núñez identificado con DNI:02625709, Declaro (declaramos) que:

Luego de haber empleado el software de coincidencia Turnitin y revisar las fuentes de información citadas por el autor, el trabajo final cumple con los estándares de calidad, integridad y originalidad exigidos por la Universidad de Piura. Sin embargo, cualquier posible vulneración de derechos de autor es responsabilidad exclusiva del autor.

Fecha: 04/08/2025.

Firma del autor

Robert A. Peralta Cornejo

Firma del asesor

Dr. Ing. Francisco Arteaga Núñez

Agradecimientos

A Dios por darme fortaleza y sabiduría para lograr mis objetivos y metas, a mi madre y a mi hermano, por su apoyo y motivación para salir adelante.

A mi esposa y a mi hijo por su paciencia, sacrificio y dedicación para conmigo.

Una mención especial a mi entrañable padre George Peralta y a mi abuela Anita María Hidalgo, que me guían desde el cielo, gracias a sus consejos me impulsaron a no rendirme ante cualquier circunstancia, por su amor incondicional, sus enseñanzas y ejemplo de vida.

A mi abuelo, José Luis, quien siempre está presente en cada etapa de mi vida.

A mi asesor, Dr. Ing. Francisco Arteaga Núñez, por su paciencia, conocimientos y recomendaciones necesarias en la culminación del presente trabajo de investigación.

Resumen

El presente trabajo se realizó en el Caserío de La Peña, distrito de San Jacinto, provincia y departamento de Tumbes, con el objetivo de diseñar óptimamente un sistema de alcantarillado sanitario y proponer una planta de tratamiento de aguas residuales. Este estudio es fundamental para asegurar una gestión adecuada de las aguas residuales provenientes de viviendas, instituciones y otras infraestructuras, evitando su descarga directa a quebradas o a cielo abierto, lo que actualmente genera contaminación ambiental y constituye una vulneración a la normativa vigente.

El crecimiento poblacional en el caserío La Peña incrementa la necesidad de contar con un sistema de alcantarillado eficiente, por lo que este proyecto busca desarrollar una infraestructura sanitaria integral. Para ello, se recopilaron datos esenciales como la topografía del terreno, el plano de lotización de la zona en estudio, la población actual, la población futura y los caudales de diseño.

Para el modelamiento hidráulico se utilizó el software SewerCAD, una herramienta especializada para el diseño de sistemas de alcantarillado sanitario. Se aplicaron diversas metodologías, como el análisis de tensión tractiva, el cálculo de pendientes mínimas, el cálculo de velocidades, etc. Además, se proyectó la instalación de 118 buzones con sus respectivas alturas y como propuesta de planta de tratamiento de aguas residuales la instalación de un Tanque Imhoff.

Los resultados obtenidos muestran que el caudal promedio estimado proveniente del sistema de distribución de agua es de 2.09 l/s, con un ingreso del 80% al sistema, alcanzando un caudal de diseño total al sistema de alcantarillado de 2.79 l/s. Se concluye que, el diseño del sistema de alcantarillado, modelado con software SewerCAD, permitirá mejorar significativamente la calidad de vida de la población del Caserío La Peña, brindando una solución sostenible y eficiente para el manejo de sus aguas residuales.

Palabras clave: Sistema de alcantarillado sanitario, Planta de tratamiento de aguas residuales, Gestión de aguas residuales, SewerCAD, Modelamiento hidráulico

Abstract

This study was conducted in the Caserío de La Peña, district of San Jacinto, province and department of Tumbes, with the aim of optimally designing a sanitary sewer system and proposing a wastewater treatment plant. This study is essential to ensure the proper management of wastewater from homes, institutions, and other infrastructure, preventing its direct discharge into streams or open areas, which currently causes environmental pollution and constitutes a violation of current regulations.

Population growth in the Caserío de La Peña increases the need for an efficient sewerage system, which is why this project seeks to develop a comprehensive sanitation infrastructure. To this end, essential data was collected, such as the topography of the land, the subdivision plan of the area under study, the current population, the future population, and the design flows. To this end, essential data was collected, such as the topography of the terrain, the subdivision plan of the area under study, the current population, the future population, and the design flows.

The hydraulic modeling was done using SewerCAD software, a specialized tool for the design of sanitary sewer systems. Various methodologies were applied, such as tensile stress analysis, minimum slope calculation, velocity calculation, etc. In addition, the installation of 118 manholes with their respective covers was designed. Various methodologies were applied, such as tensile stress analysis, minimum slope calculation, velocity calculation, etc. In addition, the installation of 118 manholes with their respective heights was planned, and the installation of an Imhoff tank was proposed as a wastewater treatment plant.

The results obtained show that the estimated average flow from the water distribution system is 2.09 l/s, with 80% entering the system, reaching a total design flow to the sewerage system of 2.79 l/s.

It is concluded that the design of the sewerage system, modeled with SewerCAD software, will significantly improve the quality of life of the population of Caserío La Peña, providing a sustainable and efficient solution for the management of their wastewater.

Keywords: Sanitary sewer system, Wastewater treatment plant, Wastewater management, SewerCAD, Hydraulic modeling.

Tabla de contenido

Introducción.....	14
Capítulo 1 Descripción general de la zona de estudio.....	15
1.1 Características generales.....	15
1.1.1 Ubicación geográfica	15
1.1.2 Límites Políticos:.....	16
1.1.3 Vías de acceso	17
1.2 Clima.....	17
1.3 Topografía y características físicas del suelo.....	17
1.3.1 Topografía.....	17
1.3.2 Características físicas del suelo	18
1.4 Población	18
1.5 Vivienda.....	18
1.6 Actividades económicas.....	19
1.6.1 Agricultura y ganadería.....	19
1.6.2 Educación.....	19
1.7 Características de los servicios básicos existentes:	19
1.7.1 Agua potable	20
1.7.2 Eliminación de excretas	21
Capítulo 2 Marco teórico	22
2.1 Antecedentes.....	22
2.2 Bases teóricas	24
2.2.1 Entidades competentes en el sector saneamiento	24
2.2.2 Presidencia del consejo de ministros (PCM).....	25
2.2.3 Normas para proyectos de aguas residuales	25
2.2.4 Aguas residuales.....	26
2.2.5 Sistema de alcantarillado.....	34

2.2.6	Parámetros para el diseño de alcantarillado	39
2.2.7	Criterios de velocidad	43
2.2.8	Fórmulas para el diseño de redes	46
2.2.9	Planta de tratamiento.....	48
2.2.10	Datos básicos de diseño.....	55
Capítulo 3	Diseño del sistema de alcantarillado sanitario.....	57
3.1	Demanda de alcantarillado	57
3.2	Criterios y parámetros de diseño para el cálculo poblacional	57
3.2.1	Periodo de diseño.....	57
3.2.2	Tasa de crecimiento.....	58
3.2.3	Densidad poblacional	58
3.2.4	Población actual	59
3.2.5	Población futura o de diseño	59
3.3	Consumo o dotación de agua (d).....	60
3.3.1	Consumo o dotación de agua para uso doméstico (Cd)	60
3.3.2	Consumo o dotación de agua para uso no doméstico (Qnd).....	61
3.4	Variaciones de consumo.	63
3.5	Determinación del flujo volumétrico de diseño.....	63
3.5.1	Consumo Promedio diario anual.....	63
3.5.2	Consumo máximo horario (Qmh).....	63
3.6	Contribución de aguas residuales domésticas.	64
3.7	Contribución de aguas residuales no domésticas	64
3.7.1	Instituciones estatales.....	64
3.7.2	Instituciones sociales.....	64
3.8	Caudal por infiltración (QINF).....	65
3.9	Coefficiente de Rugosidad.....	66
3.10	Proceso de modelamiento con el SEWERCAD.....	66
3.10.1	Ingreso de datos al software.....	66

3.11	Procesos de modelamiento hidráulico.....	68
Capítulo 4	Planta de tratamiento de aguas residuales caserío la Peña	78
4.1	Planteamiento de la planta de tratamiento.....	78
4.2	Tratamiento Preliminar	78
4.2.1	Parámetros de diseño.....	80
4.2.2	Diseño de la cámara de rejillas	80
4.2.3	Diseño del desarenador.....	83
4.2.4	Medidor de caudal	87
4.3	Tratamiento Primario.....	88
4.3.1	Tanque IMHOFF (Parámetros de diseño)	88
4.3.2	Dimensionamiento del Tanque IMHOFF	90
4.3.3	Diseño del digestor (Zona de digestión).....	92
4.3.4	Dimensiones del tanque IMHOFF.....	93
4.3.5	Resumen de los cálculos para el diseño del tanque IMHOFF	95
4.4	Tratamiento secundario.....	95
4.4.1	Carga Orgánica Total (DBO diaria).....	96
4.4.2	Caudal de diseño (Q_p)	96
4.4.3	Concentración de DBO afluente.....	97
4.4.4	Eficiencia del filtro biológico	97
4.4.5	Carga Volumétrica Aplicada (L_v)	97
4.4.6	Área del Filtro (A)	97
4.4.7	Largo del filtro	97
4.4.8	Ancho del filtro.....	97
4.4.9	Diámetro de perforación	97
4.4.10	Área de perforación unitaria.....	97
4.4.11	Espaciamiento entre tuberías	97
4.4.12	Diámetro de tuberías de distribución.....	98
4.4.13	Número de tuberías.....	98
4.4.14	Número de perforaciones por tubería	98

4.4.15	Número total de perforaciones.....	98
4.4.16	Área total de escurrimiento.....	98
4.4.17	Velocidad por perforación.....	98
4.4.18	Pérdida de carga total.....	98
4.4.19	Resumen de los cálculos del diseño del filtro biológico.....	98
4.5	Tratamiento terciario.....	100
4.5.1	Resumen de los cálculos de la caseta de cloración.....	100
4.6	Manejo de lodos.....	100
4.6.1	Diseño del lecho de secado de lodos.....	101
Capítulo 5	Reducción de la Contaminación Ambiental mediante la implementación de un Sistema de Alcantarillado Eficiente en el caserío de la Peña.....	104
	Conclusiones.....	106
	Recomendaciones.....	107
	Referencias.....	108
	Anexos.....	111
	<i>Anexo 01: Calculo hidráulico de las redes de alcantarillado sanitario de la localidad la peña.....</i>	<i>112</i>
	<i>Anexo 02: Cálculo hidráulico de buzones de la localidad la peña.....</i>	<i>115</i>
	<i>Anexo 03: Encuestas en la localidad La Peña para determinar la densidad poblacional.....</i>	<i>117</i>
	<i>Anexo 04: Planteamiento de planta de tratamiento de aguas residuales.....</i>	<i>125</i>
	<i>Anexo 05: Plano topográfico.....</i>	<i>126</i>
	<i>Anexo 06: Plano de calicatas.....</i>	<i>127</i>
	<i>Anexo 07: Plano de distribución.....</i>	<i>128</i>
	<i>Anexo 08: Tanque imhoff.....</i>	<i>129</i>
	<i>Anexo 09: Tanque imhoff.....</i>	<i>130</i>
	<i>Anexo 10: Cámara de rejas.....</i>	<i>131</i>

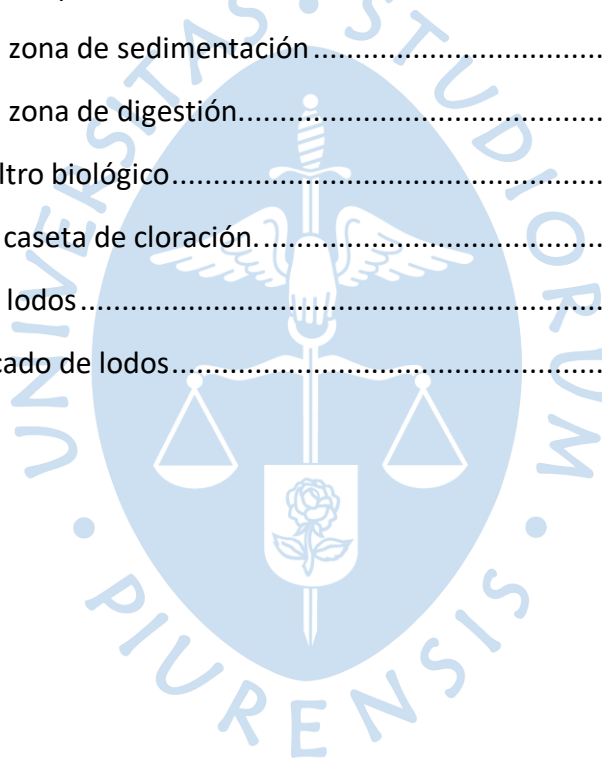
<i>Anexo 11: Plano de cortes - isométrico</i>	132
<i>Anexo 12: Desarenador</i>	133
<i>Anexo 13: Filtro biológico</i>	134
<i>Anexo 14: Plano de corte del filtro biológico</i>	135
<i>Anexo 15: Medidor parshall y cámara de cloro</i>	136
<i>Anexo 16: Lecho de secado</i>	137
<i>Anexo 17: Análisis de suelo</i>	138
<i>Anexo 18: Panel fotográfico</i>	158



Lista de tablas

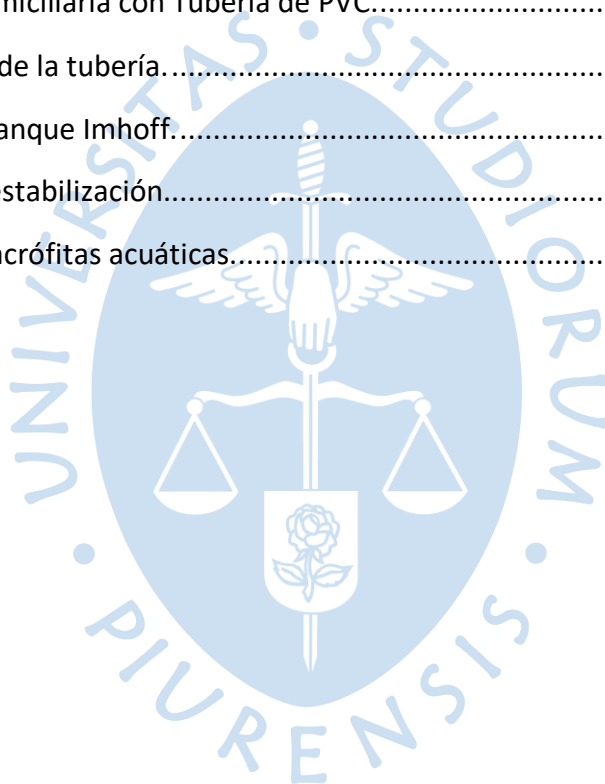
Tabla 1	Coordenadas UTM.....	17
Tabla 2	Distancia del Caserío La Peña.	17
Tabla 3	Población y Viviendas.....	18
Tabla 4	Muestra la cantidad de DBO con su respectiva calidad de agua.....	33
Tabla 5	Diámetro de cámaras de inspección.	39
Tabla 6	Consumo o Dotación de agua por región.....	40
Tabla 7	Consumo o Dotación de agua por instituciones educativas.	41
Tabla 8	Periodos de diseño de infraestructura sanitaria.	57
Tabla 9	Datos Intercensales del caserío La Peña.....	58
Tabla 10	Densidad Población actual del caserío La Peña según encuestas realizadas en zona del proyecto.	58
Tabla 11	Población actual del caserío La Peña según encuestas realizadas en zona del proyecto.....	59
Tabla 12	Dotación de agua (l/hab.día) según opción tecnológica y región.	60
Tabla 13	Cálculo del Consumo doméstico del caserío La Peña.	60
Tabla 14	Consumo o Dotación de agua para centros educativos del caserío La Peña.	61
Tabla 15	Consumo o Dotación de agua para Locales de espectáculos.....	61
Tabla 16	Consumo o Dotación de agua para iglesia del Caserío La Peña.	62
Tabla 17	Consumo o Dotación de agua para campo deportivo del caserío La Peña.....	62
Tabla 18	Consumo o Dotación de agua para Locales de salud.....	62
Tabla 19	Consumo o Dotación de agua para el Centro de salud del caserío La Peña.	62
Tabla 20	Resumen de Consumo no domestico del caserío La Peña.	62
Tabla 21	Resumen de caudales provenientes del sistema de distribución de agua del caserío La Peña.....	65
Tabla 22	Coeficiente por infiltración.	65
Tabla 23	Caudal por infiltración en el sistema de alcantarillado sanitario- caserío La Peña. .	65
Tabla 24	Caudal de diseño total para el sistema de alcantarillado del caserío de La Peña.....	66
Tabla 25	Coeficiente de rugosidad para la red de alcantarillado caserío La Peña.	66
Tabla 26	Cálculo hidráulico de buzones del sistema de alcantarillado caserío la Peña.....	68

Tabla 27 Calculo hidráulico de redes de alcantarillado sanitario reales según programa sewerCAD.....	72
Tabla 28 Parámetros de diseño de la Planta de tratamiento caserío La Peña.....	80
Tabla 29 Diseño de la cámara de rejas.....	82
Tabla 30 Parámetros del desarenador.....	84
Tabla 31 Diseño del desarenador.....	86
Tabla 32 Diseño del medidor de caudal.....	88
Tabla 33 Parámetros de diseño del Tanque IMHOFF como Planta de tratamiento para el caserío La Peña.....	89
Tabla 34 Volumen de comportamiento de lodos.....	93
Tabla 35 Cálculo de la zona de sedimentación.....	95
Tabla 36 Cálculo de la zona de digestión.....	95
Tabla 37 Diseño del filtro biológico.....	98
Tabla 38 Diseño de la caseta de cloración.....	100
Tabla 39 Digestión de lodos.....	102
Tabla 40 Lecho de secado de lodos.....	103



Lista de figuras

Figura 1 Ubicación Geográfica.	15
Figura 2 Ubicación del centro poblado La Peña.....	16
Figura 3 Vista de viviendas de la localidad.	19
Figura 4 Letrinas en mal estado.	21
Figura 5 Clasificación de solidos totales.	29
Figura 6 Sólidos disueltos.	30
Figura 7 Sólidos suspendidos.	30
Figura 8 Descarga Domiciliaria con Tubería de PVC.....	38
Figura 9 Vista frontal de la tubería.....	47
Figura 10 Partes del tanque Imhoff.....	51
Figura 11 Laguna de estabilización.....	52
Figura 12 Tipos de macrófitas acuáticas.....	54



Introducción

Según la Organización Mundial de la Salud (2022), sostiene que la carencia o limitaciones de servicios básicos, genera repercusiones en la población, desenlaces que van desde la transmisión de enfermedades como las diarreas, disentería, hepatitis A; así como, reducción en el desarrollo social, económico y bienestar dentro de la comunidad.

La presente Tesis que comprende el diseño del sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento en el caserío de la peña, distrito de San Jacinto–Tumbes, responde a una necesidad básica por la falta de este servicio y a un serio problema de salud, lo cual es muy importante para los pobladores de esta zona rural la implementación de este servicio que les permitirá mejorar su salud y su estatus de vida que actualmente es deficiente.

Como resultado de este análisis y considerando el constante crecimiento de la población en dicho caserío, se presentan argumentos de justificación suficientes para la ejecución de este proyecto, puesto que minimizará los impactos negativos en la salud pública y el medio ambiente, a la vez, brindará mejor calidad de vida de la población.

Considerando los procesos sociales, económicos y culturales de la población del caserío de La Peña, se planteó como objetivo general: diseñar el sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento en el caserío de La Peña, distrito de San Jacinto – Tumbes. A su vez se plantearán cuatro objetivos específicos: realizar un diseño óptimo del sistema de alcantarillado sanitario, que cumpla con las características de acuerdo a las normas establecidas, determinar el caudal de aguas residuales generado por la población del caserío de La Peña, realizar un planteamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales que cumpla con las características de acuerdo a las normas establecidas y dar a conocer como disminuye la contaminación del medio ambiente con la implementación de un adecuado sistema de alcantarillado.

El diseño se realizará de acuerdo a las demandas de la población con el único propósito de contribuir a mejorar las insuficiencias básicas actuales de los pobladores de esta localidad, quienes recurren a sistemas rudimentarios para poder realizar sus necesidades fisiológicas, lo que representa un gran peligro para su salud.

Capítulo 1

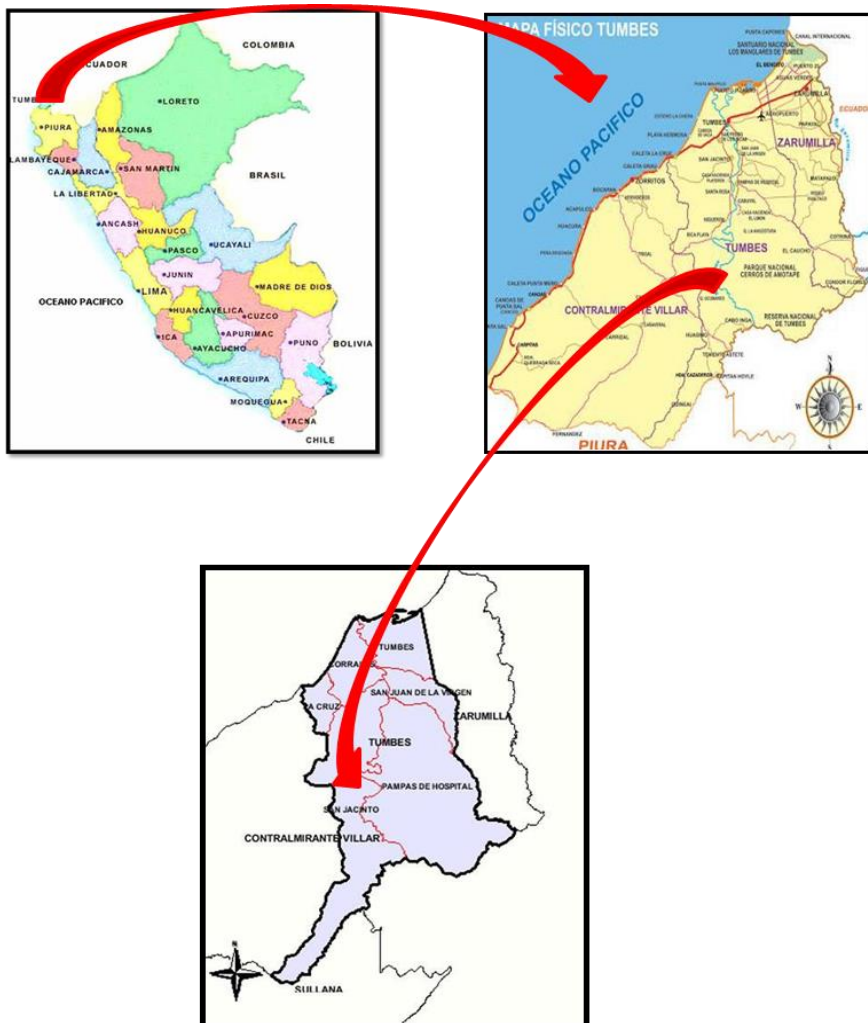
Descripción general de la zona de estudio

1.1 Características generales

1.1.1 Ubicación geográfica

El centro poblado de La Peña, se encuentra ubicado en el distrito de San Jacinto, provincia de Tumbes, Región Tumbes, tal como se observa en la figura 1 y 2. Donde estas imágenes muestran su ubicación geográfica en sus tres niveles (departamento, provincia, distrito).

Figura 1
Ubicación Geográfica.



Nota. Extraído de municipalidad distrital de San Jacinto.

Figura 2*Ubicación del centro poblado La Peña.*

Nota. Elaboración propia.

1.1.2 Límites Políticos:

Los límites políticos del Centro poblado La Peña son:

Por el Norte: Centro Poblado Santa Rosa.

Por el Sur: Centro Poblado Francos.

Por el Este: Distrito Pampas de Hospital.

Por el Oeste: Distrito de la Cruz.

Tabla 1
Coordenadas UTM.

Descripción	Latitud Sur	Longitud Oeste	Altitud (M.S.N.M)
La Peña	3° 40' 10.43"	80° 27' 01.29"	39.00

Nota. Extraído de Google Earth.pro

1.1.3 Vías de acceso

El acceso hacia el lugar en estudio se realiza desde la ciudad de Tumbes con rumbo al sureste por la Panamericana Norte hasta el Distrito de San Jacinto, desde allí, se continua por la Av. Principal del distrito hasta llegar a la Localidad de La Peña, la ruta a detalle se describe a continuación en la tabla 2.

Tabla 2
Distancia del Caserío La Peña.

Localidad	Distancia aproximada	Tipos de vía	Tiempo de viaje en minutos
Tumbes-San Jacinto	11 Km	Carretera asfaltada	20
San Jacinto- La Peña	3 Km	Carretera asfaltada	5

Nota. Elaboración propia

1.2 Clima

El clima de la zona es muy cálido, árido y de influencia oceánica. este varía con la ocurrencia del fenómeno de El Niño, durante el verano las temperaturas son muy elevadas, el ambiente se torna opresivos y mayormente el cielo siempre está nublado; los inviernos son largos, cómodos, ventosos y mayormente despejados y está seco durante todo el año.

Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 22 °C a 32 °C y rara vez baja a menos de 22 °C o sube a más de 33 °C.

En base a la puntuación de turismo, la mejor época del año para visitar el distrito de San Jacinto y disfrutar de sus actividades en tiempo caluroso es desde principios de junio hasta mediados de octubre. (Municipalidad Distrital de San Jacinto, 2022).

1.3 Topografía y características físicas del suelo

1.3.1 Topografía

El distrito de San Jacinto presenta una configuración geográfica diversa, caracterizándose por su relieve accidentado que comprende fondos de valle, altiplanicies,

colinas y montañas; generalmente con pendientes pronunciadas confiriéndole un ambiente agreste y quebrado.

Por su parte el caserío La Peña presenta una topografía mayormente plana con ligeras pendientes, presenta zonas de pampas en los taludes laterales, donde la población desarrolla sus actividades agrícolas y donde se encuentra asentada la población. (Municipalidad distrital de San Jacinto, 2022).

1.3.2 Características físicas del suelo

A partir de la exploración realizada mediante 04 excavaciones a una profundidad promedio de 1.50 a 2.0 m, se identificaron suelos tipo: arcillas inorgánicas de mediana plasticidad (CL); arenas limosas (SM); arenas arcillosas (SC), gravas arcillosas (GC) y arenas pobremente graduadas (SP). (análisis de suelo, 2024)

1.4 Población

La tasa de crecimiento histórico poblacional se ha calculado a partir de los últimos censos del Instituto Nacional de Estadísticas e Informática - INEI (2007-2017) registrándose 634 habitantes en el año 2007 y 763 habitantes en el 2017.

1.5 Vivienda

En el caserío La Peña, el 70% de las viviendas están construidas con material de la región, predominando la caña chancada, la madera y el adobe, mientras que el 30% de las viviendas están construidas con material noble, es decir de ladrillo y cemento.

De igual manera se observa que la gran mayoría de las viviendas presentan una cobertura de techo con planchas de calamina y en menor porcentaje con cobertura de techo aligerado. (Municipalidad distrital de San Jacinto, 2022).

En la tabla 3, se muestra la cantidad de habitantes, así como el número de viviendas con las que cuenta el caserío. (encuesta a pobladores, 2024).

Tabla 3

Población y Viviendas.

Centro Poblado	Población al 2024 (hab.)	Cantidad de viviendas (Viv.)	Densidad Poblacional (hab./Viv.)
La Peña	880	225	3.91

Nota. Elaboración propia

Además, cuenta con dos instituciones educativas, una plaza central, una iglesia y un local comunal.

Figura 3

Vista de viviendas de la localidad.



Nota. Elaboración propia.

1.6 Actividades económicas

1.6.1 Agricultura y ganadería

La actividad económica del distrito de San Jacinto y del caserío La Peña, se basa principalmente en la agricultura y la ganadería, Cuyos sectores actualmente se encuentran en crisis debido a la pandemia el Covid 19 y al fenómeno del niño, etc.

También cuenta con pequeñas actividades artesanales y microempresariales, un sector comercial de subsistencia y otros sectores informales que no les permiten a sus habitantes obtener los ingresos suficientes para tener un mejor bienestar económico y social.

El bajo nivel de ingresos de gran parte de los habitantes es el resultado de la baja producción y productividad de la unidad económica de producción y explotación, como también de los precios pocos remunerativos que obtienen los productores agrícolas, artesanales y micro empresariales al momento de comercializar sus productos. (Municipalidad Distrital de San Jacinto, 2022).

1.6.2 Educación

El caserío cuenta con dos instituciones educativas, la institución educativa 048 Santa Rosa de Lima con dos niveles de educación, primaria y secundaria y la institución educativa del nivel inicial 041 Gotitas de miel.

En cuanto al nivel de alfabetización, la tasa de analfabetismo en el distrito de San Jacinto es de 4.5% en hombres y 5.4% en mujeres, según datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

1.7 Características de los servicios básicos existentes:

Según la Municipalidad distrital de San Jacinto, (2022), el distrito cuenta con los siguientes servicios Básicos:

1.7.1 Agua potable

a. Fuente

Se encuentra ubicada en la bocatoma La Peña (margen izquierda del río Tumbes), el que a su vez es alimentado permanentemente por el río Tumbes, cuyo caudal en época de estiaje es de 1.07m³/s y en época de avenida es de 9.39 m³/seg.

b. Captación

La estructura de captación está conformada por tres compartimentos: La cámara de quietamiento, la cámara de aliviadero y la caja de derivación. El orificio de captación tiene capacidad para captar de 21.2 l/s en época de estiaje, ayudado por la instalación de una compuerta, la que genera una cresta de agua de 0.29 m, hasta llegar al nivel máximo del canal; en época de avenida conduce hasta 45 l/s, situación en la cual la compuerta estará levantada; todo este componente se encuentra en buen estado de conservación.

c. Estación de bombeo

La estructura está conformada por dos cámaras, una húmeda y otra seca, la cámara húmeda tiene una profundidad de 7.50 m y un diámetro interno de 3.00 m.

Por razones de seguridad la cámara seca se ha proyectado a 0.80 m sobre el nivel del terreno, en la cual se alojan los equipos de bombeo de agua (2 unidades) que tienen un caudal de bombeo de 21.17 l/seg, además de un tablero de control y todo el árbol hidráulico, este sistema está conformado por tuberías y accesorios de DN 100 mm y 150 mm, siendo esta última la que une los dos ramales, verificándose que este sistema se encuentra operativo y en un buen estado de conservación.

d. Líneas de impulsión

Va desde la estación de bombeo hasta la planta de tratamiento de agua potable, esta línea tiene una longitud de 1,138 m y un diámetro de DN 160 mm – PVC A15, todas estas líneas se encuentran operativas y en buen estado, sin signos de deterioro.

e. Planta de tratamiento de agua potable

La planta está compuesta por dos presedimentadores convencionales, un mezclador hidráulico tipo rampa, un floculador hidráulico de pantallas de flujo horizontal y tres decantadores de placas, lo cual permite sacar una unidad de operación e incrementar en un 50% la tasa de las unidades en servicio. El sistema de filtración consta de una batería de ocho filtros de lecho simple de arena, con una tasa declinante y lavado mutuo. La casa de química consta de sala de dosificación, un almacén, una oficina para el operador y un pequeño laboratorio para controlar los procesos. Adicionalmente cuenta con una sala de cloración y servicios higiénicos.

f. Reservorios

Existen dos reservorios tipo apoyado de concreto armado de forma circular, uno de ellos con una capacidad de 220 m³, ubicado en la localidad de San Jacinto y el otro de 500 m³ de capacidad ubicado en el cerro Cruz Blanca de la localidad de La Peña, verificándose en campo el buen estado de conservación de dichas estructuras.

1.7.2 Eliminación de excretas

La localidad carece de un sistema adecuado para la disposición sanitaria de excretas. La mayoría de las familias tienen letrinas rústicas precariamente construidas con característica de pozos ciegos mal estado (silos), estas letrinas están ubicadas generalmente dentro del perímetro de su propiedad, en algunos casos está fuera de ella.

Las letrinas en su mayoría están en precarias condiciones, no poseen ventilación, ni la infraestructura, ni el diseño es el adecuado para su función, muchas de ellas tienen más de 15 años de antigüedad, habiendo superado ampliamente su período de uso, estas letrinas fueron construidas por Foncodes y en la actualidad la mayoría están inutilizables, generando malos olores, presencia de moscas, entre otros. En algunos casos los habitantes realizan sus necesidades a campo libre, conducta que favorece la proliferación de patologías asociadas a la falta de saneamiento. (figura 4)

Figura 4

Letrinas en mal estado.



Nota. Elaboración propia

Capítulo 2

Marco teórico

2.1 Antecedentes

De acuerdo a lo reportado por el Instituto de Estadística e informática INEI (2020), en Perú el 71% de la población cuenta con un sistema de alcantarillado conectado a la red pública dentro de sus viviendas, siendo el 85% de la población urbana y el 18.90% de la población rural quienes cuentan con este sistema.

Así mismo, el 3.80% de la población peruana cuenta con un sistema de eliminación de excretas fuera de sus viviendas, con una distribución del 4.70% para zonas urbana y el 0.6% para zonas rurales. Dando como resultado que el 74.80% de la población peruana cuenta con un sistema de saneamiento y el 25.20% no tiene acceso a una red de alcantarillado y en este porcentaje se destaca aquellos que eliminan excretas a través de pozo ciego o negro (9,5%), pozo séptico (5,2%), letrina (2,8%), por río, acequia o canal (1,2%) y el 6,5% no tiene ningún tipo de servicio de eliminación de excretas. (INEI, 2020)

La Totalidad de la Población de este caserío no tiene la disponibilidad del servicio de alcantarillado, el porcentaje de viviendas que tienen el servicio higiénico conectado a la red pública es de un 0.00 % lo que obliga al 100% de los habitantes a recurrir a otros sistemas alternativos como el pozo negro o ciego, el uso de acequia, etc. (INEI, 2020).

En Ecuador, en la provincia de Loja cantón Saraguro, se llevó a cabo una evaluación y rediseño del sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales de Uchucay, así como el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de Uduzhi. Para dar solución a la problemática, Calle y Vásquez (2022), evaluaron la red de alcantarillado construcción del proyecto. Además, establecieron el presupuesto estimado para la ejecución de las obras.

Muñoz (2019), realizó un estudio: mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en la ciudad de San Francisco y los centros poblados de Ahuaruchayocc, Carmen Pampa, Las Palmas y Aurora, Distrito de Ayna-La Mar-Ayacucho. El estudio fue aplicado de nivel descriptivo explicativo y el diseño fue experimental, la población y la muestra estuvieron conformadas por la ciudad de San Francisco y sus centros poblados de: Ahuaruchayocc, Carmen Pampa y las Palmas. Producto del estudio concluyó que, respecto a la situación de la población es compatible con lo que se expone en el expediente de abastecimiento de agua potable y el servicio de saneamiento de las viviendas, en la ciudad de San Francisco y sus centros poblados son deficientes en 100%, pero con la culminación del proyecto obtendrán un mejor servicio y mejorará la calidad de vida de los beneficiarios.

Mendel (2011), ejecutó en Quipo-Ecuador un estudio titulado: Diseño del Alcantarillado Sanitario y Pluvial y Tratamiento de Aguas Servidas de la Urbanización San Emilio. Sostiene que, con la construcción del sistema de alcantarillado pluvial y sanitario, se solucionará las condiciones de insalubridad y contaminación que podrían producirse en un futuro dentro de la urbanización San Emilio. Además, contribuirá a elevar el nivel de vida de sus habitantes, ya que esta cooperará con la salud y el medio ambiente. Para el tratamiento de las aguas residuales, se decidió la creación de un Tanque Séptico ya que cumple con la eliminación de contaminantes orgánicos e inorgánicos, sin necesidad de ocupar grandes espacios para su funcionamiento.

Mancilla y Quispe (2021), en la provincia de Yunguyo, región de Puno realizaron un Rediseño general de la red de alcantarillado sanitario para mejorar deficiencias técnicas, hidráulicas y de servicio. Para el rediseño del sistema se realizaron trabajos previos concernientes al levantamiento topográfico, encuestas para determinar la cantidad de beneficiarios en la lotización, con lo cual se determinó caudales necesarios para el rediseño del sistema de alcantarillado que se presentan en el distrito mencionado. De los resultados calculados en el rediseño, considerando 969 beneficiarios, 591 conexiones domiciliarias, población futura de 1270 personas y un caudal de contribución al alcantarillado de 9.78 l/s, se obtuvo, 135 buzones, una red de tubería de PVC de 160 mm con longitud total de 2033.00 m, tubería de PVC de 200 mm con longitud total de 6104.33 m, tubería de PVC de 250 mm con longitud total de 465.80 m y tubería de PVC de 315 mm con longitud total de 368.70 m, por consiguiente se logró que la totalidad de la población tenga acceso al sistema de alcantarillado. Asimismo, en el rediseño se mejoró las deficiencias técnicas, hidráulicas y de servicio, dado que se emplearon datos actuales y parámetros de diseño establecidos en la norma OS.070, se actualizó el perfil longitudinal a través de un correcto levantamiento topográfico. Con la ayuda del programa sewerCAD se facilitó los cálculos en conformidad con los parámetros establecidos por la norma OS-070, con lo cual se proporcionó nuevas dimensiones de diámetros, pendientes, alturas y longitudes a todo el sistema alcantarillado.

Garrido y Haro (2020), realizaron una evaluación y diseño de los sistemas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales de la Vivienda Fiscal del Fuerte Militar" Marco Aurelio Subía. Para lograr sus objetivos, en el trabajo de campo incluyeron el levantamiento topográfico de la zona de estudio, la medición de la presión en cada una de las viviendas, el análisis del agua potable, el levantamiento catastral que permitió evaluar el estado actual de los pozos y tuberías y la caracterización de las aguas residuales. Asimismo, se desarrolló el diseño del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial en el software SewerGEMS, a la vez incluyó motores de cálculo tales como SewerCAD y StormCAD. Al finalizar el estudio, se efectuó el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales el cual está constituido de un canal de entrada, reja, desarenador, medidor de caudal, tanque de sedimentación, filtros biológicos, tanque digestor y un patio de secados.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Entidades competentes en el sector saneamiento

Este sector abarca los servicios de agua potable, alcantarillado sanitario, disposición sanitaria de excretas y tratamiento de las aguas residuales para disposición final o reúso, en los ámbitos urbano y rural. La gestión de estos servicios está bajo responsabilidad del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). (Plan Nacional de Saneamiento, 2017 – 2021).

- **El Ministerio de vivienda construcción y saneamiento (MVCS)**, es el ente rector en materia de saneamiento, encargado de coordinar y articular la política nacional de saneamiento con las entidades prestadoras de los servicios para “Lograr el acceso universal, sostenible y de calidad en los servicios de saneamiento”.

- **Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento adscrito al MVCS, (OTASS)**, tiene por objetivo principal la administración de los servicios de saneamiento cuya función está abocada a brindar asistencia técnica a las empresas prestadoras de servicio (EPS), contribuyendo así a la mejora de la calidad de los servicios de saneamiento y la sostenibilidad de los prestadores, en beneficio de la población.

- **Superintendencia Nacional de los Servicios de Saneamiento (SUNASS)**, es la entidad responsable de la regulación económica, supervisión y monitoreo de los servicios de saneamiento. Además, se encarga de gestionar los reclamos de los usuarios y garantizar que la prestación de estos servicios, tanto en zonas urbanas como rurales, se realice bajo estándares de calidad.

- **Los gobiernos regionales**, en materia de saneamiento, tienen la responsabilidad de brindar apoyo técnico y financiero a los gobiernos locales en la prestación de servicios de saneamiento conforme a lo establecido en la Ley N° 27867, Ley Orgánica de Gobiernos Regionales. Además, cumplen con la función de difundir programas de saneamiento ambiental.

- **Los gobiernos locales**, en materia de saneamiento, en concordancia con las responsabilidades asignadas en la Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades, son responsables de la planificación, gestión y supervisión del saneamiento en sus jurisdicciones. Sus funciones incluyen administrar los servicios de agua potable y alcantarillado, garantizar el cumplimiento de normas sanitarias, promover la educación en higiene y gestionar recursos para infraestructura de saneamiento.

- **Otros sectores relacionados con el sector saneamiento:**

- a. **Ministerio de desarrollo agrario y riego**, a través de la Autoridad Nacional del agua (ANA), es el ente rector y la máxima autoridad técnico-normativa del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, específicamente en lo

que se refiere a la gestión de las fuentes de agua. La ANA y las AAA y las ALA, según corresponda, son responsables de las autorizaciones para el uso de agua, vertimientos y/o reúso.

- b. Ministerio del ambiente**, es el responsable de desarrollar, dirigir, supervisar y ejecutar la política nacional del ambiente, además promueve y coordina la adecuada gestión de residuos sólidos, el control de la calidad aire, y establece lineamientos y metodologías para la aplicación de los estándares de calidad ambiental y los límites máximos permisibles(LMP).
- c. Ministerio de economía y finanzas (MEF)**, ejerce rectoría en materia de política económica y financiera a nivel nacional y sectorial. Su función principal es tomar decisiones sobre el financiamiento público, a través de la asignación del presupuesto fiscal para proyectos y programas aplicable a todos los niveles de Gobierno (Plan Nacional de Saneamiento 2022-2026).
- d. Ministerio de salud (MINSA)**, Es el responsable de proteger la salud pública, prevenir las enfermedades y garantizar la atención integral de salud a la población a nivel nacional. Cuenta con la DIGESA para normar y vigilar el cumplimiento de los parámetros de calidad del agua de consumo humano.
- e. Ministerio de desarrollo e inclusión social**, es la entidad encargada de dirigir las políticas nacionales que promueven el desarrollo y la inclusión social. Además, ejecuta acciones de rehabilitación y reposición de los activos de los sistemas de agua potable en las zonas rurales.
- f. El Ministerio de educación**, integra la valoración de los servicios de saneamiento en los programas curriculares de educación básica regular. Además, es responsable de asegurar la disponibilidad y adecuación de los servicios básicos, entre estos los de saneamiento en los centros educativos.
- g. Ministerio de la producción**, es responsable de las industrias que impactan directa e indirectamente los sistemas de los servicios de saneamiento.

2.2.2 Presidencia del consejo de ministros (PCM)

Coordina y supervisa las políticas y programas de carácter multisectorial del Poder Ejecutivo. A través, de la Secretaría de Descentralización, promueve la institucionalización de los modelos de prestación de los servicios de saneamiento, respetando las normas sectoriales. Cuenta con el INEI, una entidad clave en la generación de información; así como el uso adecuado de metodologías para el cálculo de indicadores del sector.

2.2.3 Normas para proyectos de aguas residuales

Las siguientes normativas son las que se van a emplear para el correcto diseño del sistema de alcantarillado y la correspondiente planta de tratamiento de aguas residuales.

- **La Norma OS. 070.** Redes de aguas residuales (2006). Establece los alcances y disposiciones específicas para el diseño de proyectos hidráulicos en los sistemas de alcantarillado. Incluye aspectos como el levantamiento topográfico, la población, y el cálculo del caudal de contribución al alcantarillado, el caudal de diseño, así como el dimensionamiento hidráulico, la ubicación y recubrimiento de tuberías, la instalación de cámaras de inspección, conexiones prediales y la aplicación de ciertos coeficientes.

- **La Norma OS. 090.** Planta de tratamiento de aguas residuales (2006). Establece los parámetros normativos máximos y mínimos a cumplir para un adecuado diseño de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Reglamenta los diversos tipos de tratamientos: preliminar, primario, secundario y terciario, asegurando su eficiencia y cumplimiento de los estándares de calidad.

- **La Norma técnica de diseño:** Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural (2018). Facilita los diseños concluyentes de las opciones tecnológicas de saneamiento, los criterios para su elección y diseño, así como su debida implementación para los proyectos en el ámbito rural, garantizando la viabilidad y sostenibilidad de los proyectos.

- **El Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.** Establece los estándares de calidad ambiental (ECA) para el agua y disposiciones complementarias. Establece los estándares de calidad ambiental que reflejan el nivel de concentración de los elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua según su categoría asignada, de la misma manera garantiza que las aguas tratadas cumplan con los estándares de calidad establecidos y no representan riesgo alguno para la salud de las personas ni del medio ambiente.

2.2.4 Aguas residuales

Son aquellas aguas que han sido modificadas por las actividades humanas y que al no tener una correcta calidad requieren de un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado (OEFA, 2014). La reutilización de estas aguas se ha convertido en una práctica habitual en diversos países.

2.2.4.1 Tipos de aguas residuales. Según la OEFA, (2014), Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, las clasifica de acuerdo a su origen en las siguientes categorías:

- **Aguas residuales domésticas o aguas servidas:** Esta categoría de agua residual está dada por aquellas cuyo origen provienen del uso doméstico en viviendas, residenciales, y departamentos, por esta razón comúnmente se les conoce también con el nombre de “aguas servidas”.

Se generan a partir de las actividades domésticas diarias como son el lavado de ropa, el baño, la preparación de alimentos, limpieza, etc. Estas aguas contienen un alto contenido de materia orgánica, detergentes y grasas.

- **Aguas residuales industriales:** Son aquellas que proceden de cualquier actividad industrial donde el agua es utilizada en procesos de producción, transformación o manipulación, incluyéndose los líquidos residuales, aguas de proceso y otros afluentes generados en la industria.

- **Aguas residuales municipales:** Son el resultado de la mezcla de las aguas residuales domésticas con aguas de drenaje pluvial (lluvias) y/o aguas de origen industrial, para que sean recibidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.

2.2.4.2 Composición de las aguas residuales. El análisis de los componentes del agua residual es fundamental para poder diferenciar las aguas residuales domésticas de las industriales, lo que permite optimizar las infraestructuras destinadas tanto para la captación, transporte, tratamiento y evacuación. Además, su estudio es importante para la calidad medioambiental debido a la presencia de sustancias volátiles. Las aguas residuales están conformadas por los siguientes componentes:

- **Materia orgánica.** La materia orgánica está compuesta en un 90 % por carbohidratos, proteínas, grasas y aceites provenientes de excretas y orina de seres humanos, residuos de alimentos y detergentes. Estos contaminantes son biodegradables, lo que significa que pueden ser transformados en compuestos más simples gracias a la acción de microorganismos naturales presentes en el agua, cuyo desarrollo se ve favorecido por las condiciones de temperatura y disponibilidad de nutrientes en las aguas residuales (Lizana, 2018).

- **Materia inorgánica.** Se caracteriza por la ausencia de carbono (C) y tampoco es producida por los seres vivos, sino que proviene de diversas reacciones químicas. Esta se origina por el contacto del agua con las formaciones geológicas, así como con otras aguas residuales que en ella se depositan.

Los principales compuestos inorgánicos presentes en las aguas residuales se encuentran los metales pesados, azufre (S), nitrógeno (N), fósforo (P), hidróxidos, carbonatos, cloruros, etc. (Machado, 2021).

- **Gases.** Los principales gases presentes en las aguas residuales los podemos encontrar en la atmósfera y como producto de la descomposición de la materia orgánica. En el primer caso, se incluyen al nitrógeno (N₂), al oxígeno (O₂) y al dióxido de carbono (CO₂). En el segundo caso, podemos encontrar al sulfuro de hidrógeno (H₂S), el amoníaco (NH₃) y el metano.

Así mismo, existen otros gases que intervienen en la desinfección y control de olores como el cloro (Cl₂) y el ozono (O₃); y en los procesos de combustión intervienen el óxido de azufre (SO₃) y el óxido de nitrógeno (NO). (Machado, 2021).

- **Microorganismos.** Los principales microorganismos presentes en las aguas residuales se clasifican en tres grupos: eucariotas, eubacterias y arqueobacterias.

En el grupo de las eucariotas según su caracterización pueden ser multicelulares como las plantas (musgos, helechos, etc.) y los animales (vertebrados e invertebrados); y también pueden ser unicelulares como las algas, hongos y protozoos.

En el grupo de las eubacterias se tiene una caracterización química celular parecida a las eucariotas como es el caso de las bacterias.

Por otro lado, las arqueobacterias tiene una caracterización química celular distintiva, como es el caso de los metanógenos, halófilos y termacidófilos ((Machado, 2021).

Organismos patógenos. Los organismos patógenos presentes en las aguas residuales provienen de los desechos humanos que son portadores de una alguna enfermedad. Aquí encontramos a las bacterias, virus, protozoos y helmintos. Estos microorganismos pueden generar diversos problemas en el aparato intestinal como diarreas, vómitos, fiebre tifoidea, cólera, teniasis, etc.; las cuales son las principales causas de muerte en países de bajos recursos económicos debido a la falta de acceso al agua potable y saneamiento adecuado. (Machado, 2021).

2.2.4.3 Características y parámetros generales. El conocimiento acerca de las características y parámetros de las aguas residuales son importantes para poder determinar la calidad que posee el agua y definir qué tipo de tratamiento se le va a aplicar. Estas características y parámetros se clasifican en tres grupos:

A. Características físicas

a. **Sólidos totales.** Son aquellos residuos remanentes que se obtienen tras realizar un proceso de evaporación del agua en un intervalo de temperatura entre 103 °C – 105 °C (Arteaga, 2016), tal y como lo muestra la **Figura 5**.

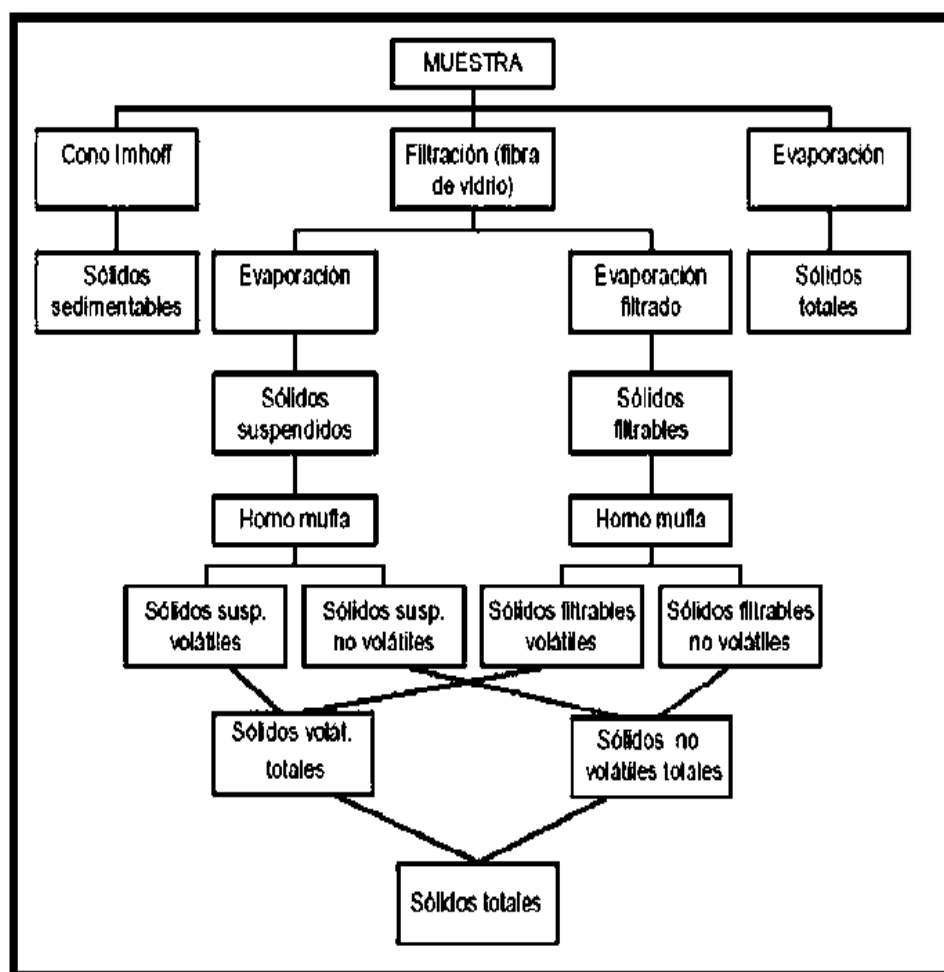
Según determinadas características de interés, analíticamente, la materia sólida en las aguas residuales se clasifica en tres grupos principales. Según su tamaño y condición en sólidos suspendidos y sólidos disueltos, en función a sus características químicas en sólidos volátiles y sólidos fijos, y según su capacidad de sedimentación en sólidos sedimentables (Saavedra, 2017).

Los sólidos sedimentables son aquellas partículas que se precipitan en el fondo de un recipiente de forma cónica, llamado Cono Imhoff, en un periodo de tiempo de una hora. Se expresa en las unidades de ml/l. Por otro lado, es un parámetro de medida de la cantidad de fango que se daría en la decantación primaria de la planta de tratamiento. (Arteaga, 2016)

Por otro lado, los sólidos no sedimentables abarcan los sólidos disueltos y coloidales, y un porcentaje de sólidos suspendidos con un tamaño de partículas menor a 10 micrómetros Cabe resaltar que los sólidos no sedimentables no se consideran dentro del análisis de sólidos sedimentables. (Arteaga, 2016).

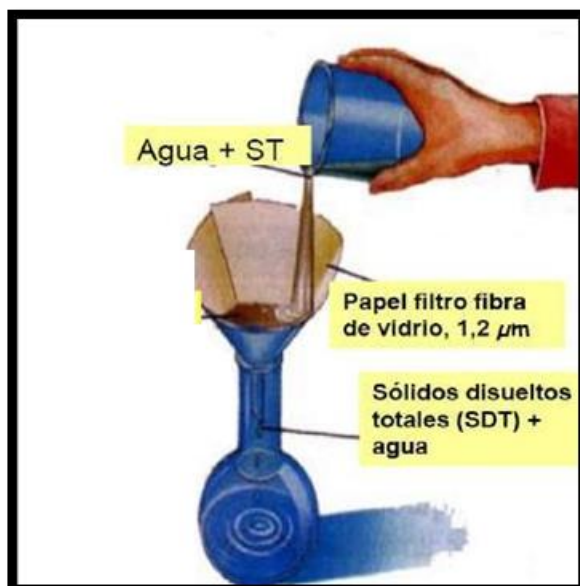
Como se puede apreciar en la **Figura 6**, los sólidos disueltos o también llamados sólidos filtrables es aquella materia que pasa a través de un filtro de 1.2 micrómetros durante un proceso de filtración de un volumen de muestra conocida. Este proceso puede realizarse mediante filtros de membrana de policarbonato o de fibra de vidrio. Aquí están incluidos los sólidos coloidales, **Figura 6**, (Arteaga,2016).

Figura 5
Clasificación de solidos totales.



Nota. Extraído de Arteaga (2016)

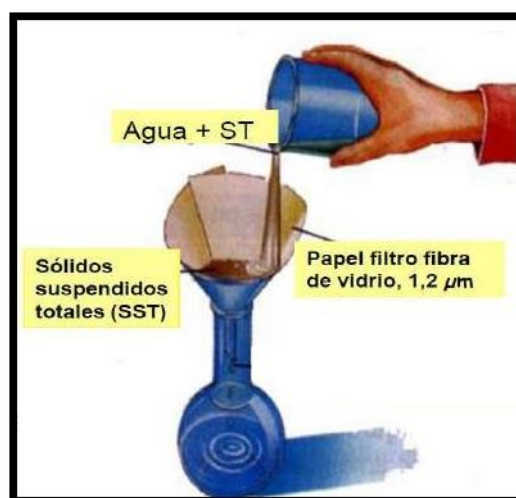
Figura 6
Sólidos disueltos.



Nota. Extraído de Arteaga (2016).

Por otro lado, como se observa en la **Figura 7**, los sólidos suspendidos también llamados sólidos no filtrables es aquella materia que queda retenida tras el proceso de filtración de un volumen de muestra conocido mediante el uso de un filtro de 1.2 micrómetros (Arteaga, 2016).

Figura 7
Sólidos suspendidos.



Nota. Extraído de Arteaga (2016).

Los sólidos totales volátiles son aquellos sólidos que tras ser sometidos a temperaturas entre 500 °C – 600 °C, se calcinan, es decir, se oxidan y se evaporan en forma de gas. Aquí encontramos a la materia orgánica como el carbonato magnésico que comienza a descomponerse a 350 °C (Arteaga, 2016).

Por otro lado, los sólidos fijos son aquellos sólidos que persisten después del proceso de calcinación y mayormente corresponde a la materia inorgánica (Arteaga, 2016).

- b. Densidad.** Se define como la relación de masa por unidad de volumen, y se expresa en kg/m³. Es una característica de suma importancia debido a que la formación de corrientes en fangos de sedimentación va a depender netamente de dicho parámetro. (Machado, 2021).
- c. Olor.** La presencia de malos olores en el agua residual es debido a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. Mientras que el agua residual reciente tiene un olor particular, algo desagradable, pero tolerable, el agua séptica tiene un olor más intenso y característico a huevos podridos, esto es gracias a la presencia de sulfuro de hidrógeno (H₂S) que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos por acción de microorganismos anaerobios. (Saavedra, 2017).
- d. Color.** El color de las aguas residuales varía en función de las sustancias disueltas y suspendidas que contengan (Arteaga, 2016).

Las aguas residuales recientes poseen un color grisáceo. Posteriormente, al aumentar el tiempo de transporte en las tuberías de alcantarillado, las aguas residuales se tornan de un color gris oscuro. Finalmente, cuando se genera la descomposición de la materia orgánica, el agua residual se torna de un color negro. En cualquiera de los anteriores casos mostrados (color gris, gris oscuro y negro) se produce debido a la formación de sulfuros metálicos por reacción del sulfuro liberado en condiciones anaerobias con los metales presentes en el agua residual.

Existen otros tonos de colores de las aguas residuales como verde producto el cual está asociado al proceso de la eutrofización o rosácea, debido al exceso de materia orgánica (Moret, 2014).

- e. Turbiedad.** Se define como la dificultad que presenta el agua para transmitir la luz debido a la presencia de materiales en suspensión, coloides como (arcillas, limos, tierra finamente dividida, etc.) y microorganismos (Arteaga, 2016).

La turbiedad de las aguas residuales es medida por medio de un turbidímetro e nefelómetro, y se expresa en NTU (Nephelometer Turbidity Unit).

f. Temperatura. Es una de las características físicas más cruciales, ya que influye directamente en la vida acuática, en las reacciones químicas, en la concentración del oxígeno disuelto y la densidad del agua (Saavedra, 2017).

La temperatura de las aguas residuales suele ser siempre más elevada que la del agua de suministro, si sucede lo contrario, es decir si el agua residual tiene una temperatura menor que la del agua de suministro, quiere decir que existe infiltración de aguas subterráneas o superficiales (Lizana, 2018).

La actividad bacteriológica suele desarrollarse en un rango de temperatura óptima de 25 a 35 °C., a temperaturas elevadas la actividad bacteriológica se acelera; en cambio, cuanto la temperatura es baja la actividad bacteriológica desciende considerablemente.

B. Características químicas:

a. pH. Conocido también como potencial de hidrógeno, es un parámetro que indica la calidad del agua, encargada de medir el grado de acidez o alcalinidad de dicho líquido mediante concentraciones del ion hidrógeno. Este parámetro es fundamental para garantizar una adecuada proliferación y desarrollo de organismos vivos.

El valor estándar del pH varía entre 5 y 9. Cuando el PH tiene valores mayores a 7, indica que tiene una alta concentración de iones hidrógenos y por lo tanto es una solución ácida; por el contrario, cuando el pH tiene valores menores a 7, indica que tiene una baja concentración de iones de hidrógenos clasificándola como una solución alcalina. Por otro lado, la turbiedad de las aguas residuales es medida mediante un turbidímetro e nefelómetro, y se expresa en NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez Turbidity Unit).

b. Alcalinidad y acidez. La alcalinidad se define como la capacidad del agua para neutralizar ácidos, su capacidad de aceptar protones y reaccionar con iones de hidrogeno. Está influenciada por el pH, la composición general del agua, la temperatura y la fuerza iónica (Arteaga, 2016).

Por lo general, el agua residual es alcalina y es de importancia para su tratamiento químico porque reacciona con sales de hierro y aluminio (coagulantes hidrolizables) durante el proceso de coagulación. Sin embargo, si la alcalinidad es alta, va afectar el sabor del agua (Arteaga, 2016).

La acidez del agua se describe como la capacidad de neutralizar bases, reaccionar con iones hidroxilo, ceder protones. La acidez más común en el agua es el carbono CO₂ (un gas incoloro y ligeramente soluble en agua) el mismo que puede estar disuelto debido a reacciones coagulantes químicos usados en los tratamientos, oxidación de materia orgánica o por disolución del dióxido de carbono atmosférico.

c. Dureza. La dureza del agua esta determinad debido a la presencia de compuestos minerales, cationes polivalentes como el calcio y el magnesio (Ca^{2+} , Mg^{2+}), expresados como mg/L CaCO_3 (Arteaga, 2016).

Según su dureza Las aguas residuales, son consideradas de tres tipos: Aguas blandas las cuales presentan una pequeña concentración de minerales (< 100 mg/L CaCO_3), las aguas medianamente blandas tienen una concentración entre 100 a 200 mg/L CaCO_3 , y las aguas duras tienen que contienen una concentración fuerte de estos minerales (> 300 mg/L CaCO_3) (Arteaga, 2016).

Las aguas requieren un mayor consumo de jabón y detergente porque la aparición de espuma es menor, ya que el calcio y el magnesio reaccionan con los compuestos que forman el jabón y dejan de ser efectivos (Facsá, 2017). Además, las aguas duras forman depósitos calcáreos en las tuberías, provocando completamente su obstrucción. (Arteaga, 2016).

d. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Es la cantidad de oxígeno disuelto que los microorganismos necesitan consumir para poder oxidar la materia orgánica biodegradable.

El ensayo de DBO generalmente es medido a los 5 días y a una temperatura constante de $20\text{ }^\circ\text{C}$, lográndose oxidar entre el 60 % – 70 % de materia orgánica. Resaltemos que el proceso de oxidación completo dura alrededor de 28 días. (Arteaga, 2016).

Tabla 4

Muestra la cantidad de DBO con su respectiva calidad de agua.

Calidad de agua	DBOS
Débil	< 200
Media	350
Fuerte	500
Muy fuerte	>750

Nota. Extraído Arteaga (2016).

e. Demanda química de oxígeno (DQO). Representa la cantidad de oxígeno disuelto consumido por un reactivo químico oxidante mediante el proceso de oxidación de la materia orgánica biodegradable y no biodegradable (Arteaga, Indicadores físicos de calidad del agua, 2016).

Los ensayos del DQO se realizan a altas temperaturas y con la presencia de un catalizador. Los resultados se pueden obtener al cabo de 3 horas (Saavedra, 2017).

La demanda química de oxígeno (DQO) de un agua residual suele ser mayor que su correspondiente DBO porque existe una mayor cantidad de compuestos que se van a oxidar químicamente en comparación de aquellos que se oxidan biológicamente (Moret, 2014).

Para poder determinar si un agua es biodegradable o no, se analiza la relación entre el DQO y el QBO. Cuando la relación DBO/DQO es menor a 0.5, el agua se considerará difícilmente biodegradable; pero cuando la relación DBO/DQO es mayor o igual a 0.5, el agua es biodegradable.

De acuerdo con la demanda química de oxígeno (DQO), las aguas se clasifican según su nivel de contaminación, aquellas aguas que poseen concentraciones entre 1 a 5 mg/l son aguas no contaminadas; las aguas que poseen concentraciones entre 250 mg/L a 600 mg/l son llamadas aguas residuales domésticas; y las aguas que poseen o sobrepasan concentraciones mayores a 600 mg/l son llamadas aguas residuales industriales. (Arteaga, 2016).

- f. **Oxígeno disuelto (OD).** El oxígeno disuelto desempeña un papel importante en el proceso de respiración de las distintas formas de vidas presentes en el agua residual. Sin embargo, el oxígeno no es completamente soluble en agua. Además, es un factor clave en el cálculo del (DBO) y determina las condiciones aerobias de las aguas residuales. La cantidad real de oxígeno disponible está condicionado por factores, como la solubilidad del agua, la presión parcial del gas en la atmósfera, la temperatura, y la pureza del agua (Lizana, 2018).

C. Características biológicas

- a. **Coliformes fecales.** Son microorganismos indicadores de la calidad bacteriana del agua. Se encuentran en los excrementos humanos en proporciones muy altas. Por lo que su presencia en el agua es considerada como un índice evidente de contaminación fecal y por lo tanto de contaminación con organismos patógenos.

Dentro de los coliformes fecales tenemos a los coliformes termotolerantes y a los coliformes totales. Los primeros tienen la capacidad de soportar altas temperatura (44 °C) y son capaces de multiplicarse en estas condiciones. Además, mide el grado de contaminación fecal. Por otro lado, los coliformes totales hacen referencia a aquellos que soportan temperaturas entre 35 °C – 37 °C, proporcionan información sobre el proceso de tratamiento y su calidad sanitaria del agua que ingresa y circula en el sistema de distribución (Arteaga, 2016).

2.2.5 Sistema de alcantarillado

Según Yactayo (2022), define a las redes de alcantarillado como un sistema de tuberías que son los encargados de recibir y evacuar las aguas generadas en determinadas zonas, ya sea por la población (aguas residuales) o las aguas de lluvia (aguas pluviales). El destino final de las redes de alcantarillado es la planta de tratamiento u otro punto donde se puedan descargar.

2.2.5.1 Tipos de sistema de alcantarillado. Según Quispe, (2016): Menciona que existen los siguientes tipos de alcantarillado:

- **Alcantarillado Sanitario.** Sistema diseñado para recolectar exclusivamente las aguas residuales provenientes de fuentes domésticas, comerciales e industriales.
- **Alcantarillado Pluvial.** Es el sistema encargado de captar y evacuar las aguas de lluvia para su disposición final. Este tipo de alcantarillado puede ser por infiltración, almacenamiento o depósitos o conducción a los cauces naturales.
- **Alcantarillado Combinado.** Transporta conjuntamente las aguas residuales, domésticas, comerciales e industriales, y las aguas de lluvia.
- **Alcantarillado Simplificado.** Diseñado con los mismos lineamientos de un alcantarillado convencional, pero teniendo en cuenta la posibilidad de reducir diámetros y disminuir distancias entre pozos al disponer de mejores equipos de mantenimiento.
- **Alcantarillado Condominial.** Son los alcantarillados que recogen las aguas residuales de un grupo pequeño o reducido de viviendas o manzana de viviendas, conduciéndolas a un sistema de alcantarillado convencional
- **Alcantarillado no convencional.** En estos sistemas, los sólidos presentes en los efluentes domésticos son retenidos mediante cámaras colectoras o tanques sépticos, el agua residual es transportada a través de tuberías de menor diámetro hacia un sistema de alcantarillado convencional o de tratamiento, operando generalmente bajo presión.

2.2.5.2 Clasificación del sistema de alcantarillado: Según, Chafloque, (2021) Manifiesta que, desde el punto hidráulico, los sistemas de alcantarillado se clasifican de la siguiente manera:

- **Alcantarillado por gravedad:** Este tipo de alcantarillado se especifica por ser del tipo de flujo a gravedad, dependiendo de la topografía del terreno, factor que se busca aprovechar para conformar la red de alcantarillado en el lugar que se ubique el proyecto.
- **Alcantarillado a presión:** Utilizado en la recaudación de aguas residuales en las zonas residenciales donde la construcción de la red por gravedad resulta difícil, por lo tanto, para su funcionamiento requiere del uso de estaciones de bombeo que faciliten la recolección de aguas residuales, principalmente de origen comercial y en pequeña fracción de origen industrial. Este tipo de redes son por lo general pequeñas.

2.2.5.3 Elementos que componen un sistema de alcantarillado. Un sistema de alcantarillado sanitario está conformado por tuberías normadas y obras accesorias como: conexiones domiciliarias, buzones, estructuras de caída, sifones y cruzamientos especiales, en los sistemas a presión se utilizan estaciones de bombeo de redes colectoras de desagüe.

a) Descarga domiciliaria. Es una tubería con un diámetro generalmente de 6'', la cual es la encargada de evacuar las aguas residuales de las casas hacia la red de desagüe. Su conexión debe ser hermética y su unión se realiza por medio de piezas especiales (cachimba) que encauzan el agua de la descarga en el sentido o dirección del flujo del agua en la red. (Rengifo,2017).

b) Tuberías. Se componen de dos o más tubos acopladas mediante un sistema de unión, el cual permite la conducción de las aguas negras. El material de la tubería de alcantarillado, debe cumplir con ciertas características como: hermeticidad, resistencia, mecánica, durabilidad, resistencia a la corrosión, capacidad de conducción, economía, facilidad de manejo e instalación, así como flexibilidad y facilidad de mantenimiento y reparación.

Las tuberías para alcantarillado sanitario se fabrican en distintos materiales, siendo los más utilizados: concreto simple (CS), concreto reforzado (CR), fibrocemento (FC), plástico poli (cloruro de vinilo) (PVC) y polietileno de alta densidad (PEAD) así como acero. (CONAGUA, 2009).

- **Clasificación de las Tuberías:** Chafloque, (2021), clasifica las tuberías como:
 - a. **Iniciales.** Red matriz de desagüe que recibe las descargas Provenientes de los ramales domiciliarios.
 - b. **Secundarios.** Transportan caudales de uno o más tramos iniciales. En su recorrido va acumulando áreas de drenaje, conduciendo los caudales provenientes de la red local, hasta su disposición de la red principal.
 - c. **Acometida.** Conjunto de elementos que vierten las aguas servidas de los domicilios a la red, y son transportadas hasta los colectores. Está compuesto por una arqueta de arranque, un albañal y un entronque
 - d. **Colectores.** Tuberías responsables del transporte de las aguas servidas hasta su destino final. Podemos clasificarlos en tres tipos de colectores:
 - **Colectores terciarios.** Son tuberías que se caracterizan por tener un diámetro interno de 150 mm - 250 mm. generalmente van colocadas debajo de las veredas, ya que a estos se conectan las acometidas domiciliarias.
 - **Colectores secundarios.** Son aquellas tuberías que están enterradas en la vía pública, cuya función es transportar las aguas servidas desde el colector terciario hacia el colector principal
 - **Colectores principales.** Son tuberías de gran diámetro que están ubicadas en las partes más bajas de las ciudades, su función es

transporta las aguas de provenientes de los colectores secundarios hacia su tratamiento o vertido en cuerpos de agua.

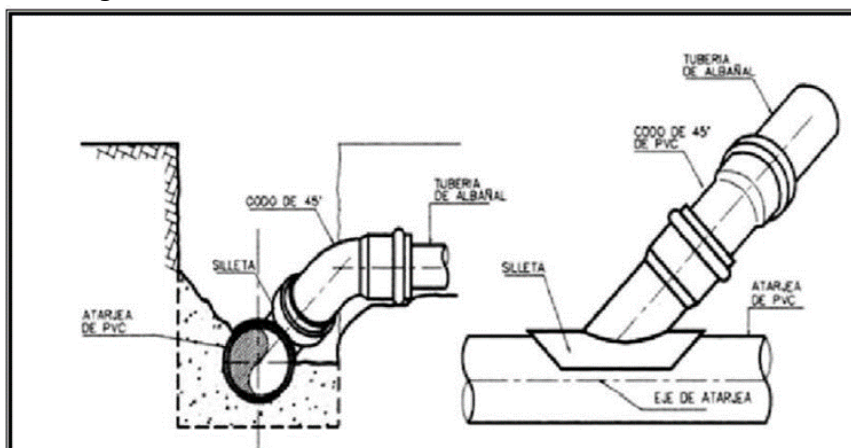
- e. **Alcantarillas.** Son conductos de transporte subterráneo ubicadas debajo de las vías urbanas que canalizan el caudal proveniente de acometidas e imbornales hasta un colector principal. En ocasiones son llamadas también colectores terciarios (Machado, 2021).
- f. **Aliviaderos de tormentas.** Son estructuras donde se almacena el exceso de agua proveniente de los colectores cuando su caudal es muy grande producto de las lluvias, y así evitar inundaciones (Rodríguez, 2018).
- g. **Emisario final.** Recolecta y transporta todos los caudales de aguas residuales o caudales de lluvias y la deriva a un punto final, que puede ser una Lagunas de oxidación o a un cuerpo de agua, como un río, un Lago o el mar.
- h. **Interceptor:** Es un colector que está ubicado paralelamente a un río o a un canal. Estas tuberías interceptan las aportaciones de aguas residuales provenientes de dos o más colectores, dirigiéndolas hacia un emisor o a una planta de tratamiento.
- i. **Cunetas:** Son zanjas construidas a los lados de los caminos, diseñados para recolectar el agua pluvial, así como de los terrenos cercanos a esta (Machado, 2021).

2.2.5.4 Obras accesorias. Son obras empleadas para el mantenimiento y correcta operación del sistema de alcantarillado son:

- a) **Descarga Domiciliaria.** La descarga domiciliaria también conocida como albañal, es una tubería que permite evacuar las aguas residuales de las edificaciones hacia las atarjeas de la red urbana o municipal. Según la Norma Técnica OS.070 sobre Aguas Residuales, la descarga domiciliaria deberá tener los siguientes componentes: El elemento de reunión constituido por una caja de registro que centralice el flujo de agua residuales. El elemento de conducción conformado por una tubería con una pendiente mínima de 15 por mil llamadas también acometidas. El elemento de empalme o empotramiento constituido por un accesorio de empalme que permita libre descarga sobre la clave del tubo colector. Esta conexión se deberá ubicar a una distancia entre 1,20 a 2,00 m de la línea de propiedad, izquierda o derecha. El diámetro mínimo que se requiere para la conexión debe ser de 100 mm. En este tipo de conexión, se utiliza una silleta de PVC a 45 grados con campana (para unir con anillo) y extremo de apoyo para unir a la atarjea o colector y un codo de 45 grados con espiga y campana para su acoplamiento al albañal con un anillo de hule.

Figura 8

Descarga Domiciliaria con Tubería de PVC.



Nota. Extraído del Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

b) Cámara de Inspección. Estos elementos de inspección podrán ser cajas de inspección, buzonestas y/o buzones, se ubicarán en el trazo de los ramales colectores, con el propósito de facilitar su inspección y mantenimiento del mismo. En algunos casos forman parte de las conexiones domiciliarias de desagüe. Para su implementación se deben tener las siguientes consideraciones:

- Al inicio de los tramos de arranque del ramal colector de aguas residuales, en el cambio de dirección del ramal colector, en un cambio de pendiente de los ramales colectores, así como en la intersección de desniveles de los colectores. Como también en zonas para su mantenimiento.
- En tramos con pendientes pronunciadas se planteará un buzón por domicilio el cual servirá como empalme de las conexiones domiciliarias.
- En zonas de pendiente ligera la conexión entre el lote y el ramal colector podrá ser mediante cachimba, tee sanitaria o yee en reemplazo de los buzones de inspección.
- Las buzonestas son utilizadas en las tuberías principales ubicadas en las vías peatonales cuando la profundidad sea menor a 1.00 m sobre el lomo del tubo. Se proyectarán buzonestas de 60 cm de diámetro y serán utilizadas exclusivamente para tuberías de hasta 200 mm de diámetro.
- Los buzones de inspección se utilizarán cuando la profundidad sea mayor de 1.0 m sobre la clave o lomo de la tubería, el diámetro interior de los buzones será de 1.20 m para tuberías de hasta 800 mm de diámetro y de 1.50 m para aquellas tuberías de hasta 1,200 mm. Para tuberías de mayor diámetro las cámaras de inspección serán de diseño estructural. Además, los techos de los buzones contarán con una tapa de acceso de 0.60 m de diámetro.

Para los conductores generales de las aguas residuales el diámetro debe ser no menor de 400 mm; en caso de que el tramo aguas abajo tenga una mayor pendiente y pueda conducir el mismo caudal en una tubería de menor diámetro, no se empleará tuberías de menor diámetro; en su lugar se empleará tuberías del mismo diámetro de los tramos aguas arriba. Los buzones de inspección donde las tuberías no se encuentran al nivel, se instalará un dispositivo de caída si la altura de caída y descarga con respecto a la base del buzón supere a 100 cm.

La separación entre buzones de inspección y mantenimiento están determinada por las capacidades de los equipos de limpieza. La distancia máxima de separación de estos buzones está en función al diámetro de la tubería. Para las tuberías principales la distancia de separación se detalla a continuación en la Tabla 5:

Tabla 5
Diámetro de cámaras de inspección.

Diámetro Nominal de tubería (mm)	Longitud Máxima de tubería (m)
100	60
150	60
200	80
200 a 300	100
Diámetros mayores	150

Nota. Extraído del reglamento nacional de edificaciones OS.070

Las cámaras de inspección podrán ser prefabricadas o construidas en obra. En el fondo se proyectarán canaletas en la dirección del flujo.

2.2.6 Parámetros para el diseño de alcantarillado

El diseño de un sistema de alcantarillado debe realizarse considerando que, durante su ejecución las tuberías funcionarán como conductos libres transportando los caudales máximos y mínimos. Además, se debe cumplir con los criterios de velocidad (velocidad mínima, máxima, crítica). Por último, se debe tener un control adecuado del sulfuro de hidrógeno debido a la corrosión que este genera en las tuberías.

a) Periodo de diseño:

El periodo de diseño como la cantidad de años durante los cuales el sistema de alcantarillado funcionara de manera eficiente (Ortiz,2020).

Según la Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para sistemas de Saneamiento en el ámbito Rural (2018), menciona que el período de diseño debe calcularse de acuerdo a las recomendaciones del ministerio de vivienda de construcción y saneamiento. El período será de 20 años durante este lapso de tiempo el sistema diseñado deberá funcionar a su máxima capacidad, además considerando la vida útil de los elementos se determinará los elementos necesarios para su óptimo desempeño:

- Vida útil de los equipos.
- Crecimiento poblacional.
- Capacidad económica para la ejecución de obras.
- Situación geográfica.

b) Población de diseño:

Es la cantidad de habitantes que se beneficiarán al finalizar la vida útil de las instalaciones de saneamiento (Ortiz,2020).

Para determinar la población de diseño o población final para el periodo de diseño asumido se deben realizar proyecciones, considerando la tasa de crecimiento por distritos o provincias, según los indicadores que establecen los organismos competentes (OS.070, 2006).

c) Consumo o dotación de agua (d):

Es la cantidad de agua que consume una población de acuerdo a sus usos y necesidades. Para el diseño del sistema de alcantarillado, se definirá el consumo de agua potable por habitante. El cual dependerá del clima, la densidad poblacional, con características económicas, culturales; así como, la información sobre el consumo medido en la zona, etc.

De acuerdo a la normatividad vigente, las dotaciones de agua destinadas a los sistemas de alcantarillado están en función del ámbito geográfico.

Tabla 6

Consumo o Dotación de agua por región.

Descripción	Cant	Und
	Costa	60 l/hab.d
Sin arrastre hidráulico	Sierra	50 l/hab.d
	Selva	70 l/hab.d
Dotación ZONAS RURALES	Costa	90 l/hab.d
Con arrastre hidráulico	Sierra	80 l/hab.d
	Selva	100 l/hab.d

Nota. Extraído de la Norma Técnica de diseño para sistemas de saneamiento en el ámbito rural del MDVS (2018).

Tabla 7

Consumo o Dotación de agua por instituciones educativas.

Descripción	Dotación (L/alumno.d)
Educación primaria e inferior	20
Educación secundaria y superior	25
Educación general	50

Nota. Extraído de la Norma Técnica de diseño para sistemas de saneamiento en el ámbito rural del MDVS (2018).

d) Caudales de diseño:

Se define como el flujo de agua que debe considerarse para diseñar el sistema de alcantarillado, este debe incorporar las urgencias de la población y el valor de la construcción del alcantarillado (Ortiz,2020).

De acuerdo a la norma OS.070 (2006), indica que el diseño de un sistema de alcantarillado se ejecutara con el resultado del caudal máximo horario. Según (OMS, 2005) para determinar el caudal de diseño de aguas residuales, es necesario considerar los siguientes factores:

- a. Coeficiente o factor de retorno (Cr).** Según la Norma OS.070 Redes de aguas residuales, (2006) define con este coeficiente que no todo el consumo de agua en las viviendas ingresa a las redes de alcantarillado, la cantidad de aguas servidas evacuadas por los habitantes es menor que la cantidad de agua potable suministrada, esto debido a diversos factores como las pérdidas en usos diferente que se les puede dar como el de riegos de áreas específicas, agua para consumo de animales en granjas, aseo de viviendas, entre otros. Esta cantidad de agua utilizada que se pierde y no ingresa a sistema de alcantarillado, se debe a muchas características de la población en estudio como son sus hábitos y valores.

Por esta razón este caudal será calculado con un coeficiente de retorno del 80% del caudal de agua potable que consume la población

- b. Contribuciones al sistema de alcantarillado.** Según Chunga (2015), las contribuciones de aguas servidas al sistema de alcantarillado son las siguientes:

- **Contribución por infiltración (QINF).** Este caudal corresponde al agua del subsuelo que filtra a través de las tuberías de alcantarillado, a través de las paredes de tuberías dañadas, uniones mal ejecutadas o defectuosas, conexiones y las estructuras de los pozos de visita, cajas de paso y terminales de limpieza, etc. Este caudal se calculará considerando los siguientes factores:
 - ✓ Altura del nivel freático sobre el fondo del colector.
 - ✓ Permeabilidad del suelo y cantidad de precipitación anual.
 - ✓ Dimensiones, estado y tipo de alcantarillas, y cuidado en la construcción de cámaras de inspección. Material de la tubería y tipo de unión.

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E), en el anexo 01 de la Norma OS.070 establece: A.8.5. T = tasa de contribución de infiltración, varía según de las condiciones locales y el valor adoptado debe ser justificado entre 0.05 a 1.0 L/(s*km)

- **Contribución por conexiones ilícitas o erradas (Qe).** Se consideran a los caudales de las malas instalaciones, como conexiones clandestinas que vierten a las conexiones aguas provenientes de las precipitaciones. Los residuos por conexiones deficientes representan el 5% al 10% del caudal máximo horario de aguas residuales.
- c. **Coefficiente de flujo máximo o coeficiente de punta (K):** Este varía en función al clima, hábitos de consumo, etc. Estos mismos factores influyen en la variación de los caudales de abastecimiento de agua. Este coeficiente se obtendrá con las siguientes ecuaciones:

$$K = \frac{Q_{\max}}{Q_{\text{med}}} = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} \quad (\text{Harmon})$$

$$K = \frac{Q_{\max}}{Q_{\text{med}}} = \frac{5}{P^{0.2}} \quad (\text{Babbit})$$

$$K = \frac{Q_{\max}}{Q_{\text{med}}} = \frac{7}{p^{0.1}} \quad (\text{Flores})$$

$$K = K_1 \times K_2$$

Dónde:

P = Habitantes en millares de una población.

p = habitantes.

K1 = Relación entre caudales máximos y medios diario, igual a 1,4.

K2 = Relación entre caudales máximos y medios horario, igual a 2,2.

d. Caudales para el diseño del sistema

- **Caudal medio diario o promedio Anual.** Se define como el promedio del consumo diario (24 horas) de la población en un periodo de tiempo de un año. Este caudal está expresado en función del coeficiente de retorno (C).

$$Q_{md} = \frac{C * D * P_f}{86400}$$

Dónde:

Q_{md} diario: Caudal medio.

C: Coeficiente de retorno (80%).

P: Población que puede ser de acuerdo al cálculo del caudal máximo o mínimo.

P_f: Población para el alcance del proyecto.

Dot: Consumo promedio de agua, en litros por persona por día.

- **Caudal máximo horario:** Representa el consumo máximo que se presenta en una hora en un periodo de tiempo de un año.

$$Q_{mh} = K_2 * Q_{md}$$

Dónde:

Q_{mh} : Caudal máximo horario.

K₂: Coeficiente de flujo máximo

Q_{md}: Caudal medio.

- **Caudal de Diseño (Q_d):** Para el dimensionamiento de las tuberías se debe tener en cuenta los máximos caudales de descarga que puede recibir el sistema de alcantarillado. Las cuales se representa en la siguiente ecuación:

$$Q_d = Q_{mh} + Q_i + Q_e$$

Dónde:

Q_{mh} = Caudal máximo horario.

Q_i = Caudal de infiltración.

Q_e = Caudal por conexiones erradas.

2.2.7 Criterios de velocidad

Dentro de este criterio tenemos a la velocidad máxima, a la velocidad mínima para minimizar la erosión en las tuberías y la velocidad crítica para intervenir en la creación de mezclas de aire y líquidos.

2.2.7.1 Velocidad mínima permisible. La velocidad de auto limpieza o velocidad mínima del fluido, es un parámetro clave que permite verificar si en las alcantarillas se generan una autolimpieza cuando el caudal de aguas residuales es mínimo y el potencial de deposición de sólidos en la red es máximo. Por otro lado, la velocidad mínima permite reducir las pendientes de las redes colectoras, economizando excavaciones y produciendo una reducción en los costos.

Se recomienda proyectar el alcantarillado con cierta pendiente que asegure una velocidad mínima de 0.60 m/s, con un escurrimiento a media sección (50 % del diámetro de la tubería) o plena sección (75 % del diámetro de la tubería).

2.2.7.2 Velocidad máxima. Esta velocidad es factor clave para generar una abrasión mínima (desgaste de la tubería por efecto de la fricción que genera las partículas del agua residual). Se ha establecido que para que una pendiente máxima sea admisible es recomendable tomar un valor de velocidad final de 5 m/s.

2.2.7.3 Velocidad crítica. Se expresa de la siguiente manera.

$$V_c = 6\sqrt{gR}$$

Dónde:

V_c= velocidad crítica (m/s)

R= radio hidráulico (m)

g= aceleración de la gravedad (m/s²)

Cuando esta velocidad es superada por la velocidad máxima, se origina un resalto hidráulico en las aguas residuales. Producto de este resalto se va a tener una mezcla de aire y líquido con un volumen superior al del líquido libre de aire. Por tal motivo, el tirante máximo admisible debe ser 0.5 del diámetro del colector para asegurar la ventilación dentro de la tubería (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006).

2.2.7.4 Lámina de agua. Diversos estudios recomiendan mantener un tirante de flujo mínimo del 20 % del diámetro de tubería (0.20 D) y un tirante máximo que no supere el 80% del diámetro (0.80 D).

2.2.7.5 Tensión tractiva. Conocida también como fuerza de arrastre (τ), es la fuerza tangencial por unidad de área. Su función es arrastrar las partículas de sólidos que se encuentran depositadas en el fondo del conducto.

Dicha fuerza depende de factores como: El peso de las aguas residuales, el tramo de la longitud del colector, su área en la sección transversal y su perímetro mojado. La tensión tractiva se define como:

$$t = \frac{W * \sin \alpha}{PL}$$

Dónde:

t = tensión tractiva (N/m², Pa)

W = peso del líquido (Newtons)

P = perímetro mojado (m)

L = longitud de un tramo de tubería (m)

El peso del líquido está dado por:

$$W = \rho gAL$$

Dónde:

ρ = densidad de aguas residuales (kg/m³)

g = fuerza de la gravedad (m/s²)

A = área de la sección de la tubería (m²)

Reemplazando el peso en la ecuación original y considerando que A/P equivale al radio hidráulico (R), entonces la ecuación quedaría de la siguiente manera:

$$t = \rho gR \sin \alpha$$

Para un ángulo α mínimo, se cumple que $\sin \alpha = \tan \alpha = S$. Donde S es el gradiente del colector expresado en m/m. la ecuación de tensión tractiva puede ser escrita de la siguiente forma:

$$t = \rho gRs$$

- Determinación empírica de la tensión tractiva mínima. Se va a calcular a través de la siguiente ecuación:

$$t_{min} = f(\gamma_a - \gamma_w) * d_{90\%-95\%}$$

Dónde:

t_{min} = tensión tractiva mínima (Kg/m², Pa)

f = constante (adimensional)

0.04 para arena limpia

.05 – 0.06 para arena en suspensión

0.08 para sedimentos de arena pegajosa

γ_a = peso específico del material de fondo, arena (Kg/m³)

γ_w = peso específico del agua (Kg/m³)

d90%-95% = Diámetro específico del 90 % al 95 % de las partículas que deben ser transportadas. Se obtendrá del análisis granulométrico del material de fondo (m).

En los tramos iniciales de los colectores (arranque), en los cuales los caudales promedio son bajos tanto al inicio como al fin del periodo de diseño, se recomienda calcular la pendiente con una tensión tractiva de 1 Pa, y una vez calculada su verificación debe realizarse con los caudales de aporte reales, asegurándose que no deberá ser menor a 0,6 Pa (Organización Mundial de la Salud, 2005).

$$t_{min} = 1Pa$$

2.2.8 Fórmulas para el diseño de redes

Para los cálculos hidráulicos, es fundamental contar con la vista frontal de la tubería (Figura 5) y así poder emplear correctamente la fórmula dada por Manning.

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Dónde:

V = velocidad (m/s)

R = radio hidráulico (m)

S = pendiente de tubería (m/m)

η = coeficiente de rugosidad (adimensional)

Para tuberías con sección llena:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \quad P = \pi * D \quad Q = V * A \quad Rh = D/4$$

- **Velocidad:**

$$V = \frac{0.397 * D^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{\eta}$$

- **Caudal:**

$$Q = \frac{0.312 * D^{\frac{8}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{\eta}$$

Para tuberías con sección parcialmente llena:

- Ángulo central (sexagesimal):

$$\theta^\circ = 2 \operatorname{arccos}\left(1 - \frac{2h}{D}\right)$$

- Radio hidráulico:

$$Rh = \frac{D}{4} * \left(1 - \frac{360 \sin \theta^\circ}{2\pi\theta^\circ}\right)$$

- Velocidad:

$$V = \frac{0.397 * D^{\frac{2}{3}}}{\eta} * \left(1 - \frac{360 \sin \theta^\circ}{2\pi\theta^\circ}\right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

- Caudal:

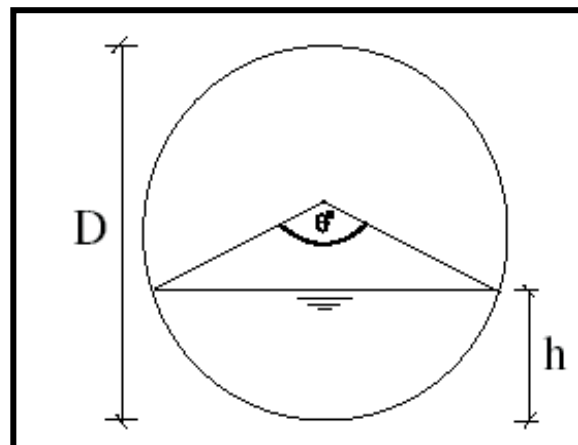
$$Q = \frac{D^{\frac{8}{3}}}{7257.15 * \eta * (2\pi\theta^\circ)^{\frac{2}{3}}} * (2\pi\theta^\circ - 360 \sin \theta^\circ)^{\frac{5}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

- Pendiente:

$$S = \frac{t}{\rho g \frac{D}{4} * \left(1 - \frac{360 \sin \theta^\circ}{2\pi\theta^\circ}\right)}$$

Figura 9

Vista frontal de la tubería.



Nota. Extraído de Google imágenes

2.2.9 Planta de tratamiento

Una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), es una infraestructura donde llegan aguas residuales crudas y mediante una combinación de varios procesos físicos, químicos y biológicos se consigue devolver un agua de mejor calidad, este proceso se lleva a cabo teniendo como base los parámetros normalizados de cada país (Lizana,2018).

El diseño eficiente y económico de una planta de tratamiento de aguas residuales requiere de un cuidadoso estudio que considere factores, tales como: el caudal (m³/s), el uso final del producto (agua tratada), el área disponible para la instalación, la viabilidad económica y características meteorológicas como clima y precipitación.

El proceso de tratamiento de aguas residuales se va a dividir en 4 partes: tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento secundario o biológico y tratamiento terciario.

Al seleccionar un sistema de tratamiento, se tiene que tener en cuenta diversos factores según lo establece el Ministerio del Ambiente (2009).

- Identificar las exigencias de calidad del agua a tratar para su disposición en un cuerpo receptor o su reutilización, asegurando que sean compatibles con la realidad local, actual y proyectada.
- Buscar las opciones óptimas para el reúso de las aguas tratadas, para obtener el mayor beneficio social (salud pública), ambiental (gestión ambiental de los recursos hídricos) y económico.
- Considerar en el presupuesto de inversión, operación y mantenimiento, los costos para la intervención social y los análisis de agua necesarios para la evaluación y monitoreo del sistema de tratamiento.
- Contar con la información básica para elaborar el estudio definitivo y el expediente técnico, asegurando que cumpla con las normativas técnicas y los parámetros de calidad del agua establecido
- Garantizar la disponibilidad del área, conseguir la aceptación de la población (la cual debe ser capacitada y sensibilizada), y por último, lograr el compromiso y organización de la sociedad civil junto con sus autoridades.
- Familiarizarse con la normatividad legal y técnica sobre plantas de tratamiento de aguas residuales. Se deberá considerar también la calidad del efluente, para los fines de aprovechamiento deseado.
- Garantizar una alta eficiencia en la remoción de patógenos y cumplir con los parámetros convencionales de los procesos más empleados.
- Contar con personal responsable encargado del mantenimiento y operación de la planta, el cual debe ser debidamente capacitado y sensibilizado.

2.2.9.1 Pretratamiento o tratamiento preliminar. Se refiere a una serie de instalaciones que permiten el acondicionamiento del agua residual, cuyo fin es retener sólidos gruesos, plásticos, material flotante, grasas y material rápidamente sedimentable (gravas y arenas). Su principal objetivo es facilitar las etapas posteriores del tratamiento. Es fundamental prestar especial atención tanto al diseño como al mantenimiento de esta etapa, pues de fallar algo aquí, se tendrán consecuencias negativas en el resto de las instalaciones dando lugar a obstrucciones en tuberías, válvulas y bombas, desgaste de equipos, formación de costras, etc., afectando así el funcionamiento general de la planta.

Este tratamiento se lleva a cabo mediante el uso de cribas o rejas, desarenadores, desengrasadores y desaceitadores, los cuales permiten la separación de materiales sólidos y sustancias flotantes, evitando que afecten las siguientes etapas del tratamiento.

- a) Cribas o rejas (desbaste).** Son el primer filtro en el tratamiento de aguas residuales, y tiene como objetivo impedir el ingreso de sólidos gruesos que flotan o que se encuentran suspendidos. De esta manera, se evitará obstrucciones en los demás elementos de la planta de tratamiento. Su objetivo principal es retener y separar los residuos voluminosos y flotantes. El proceso de desbaste se lleva a cabo en la entrada de los colectores, eliminando elementos de gran tamaño que son transportados por el agua residual.

Las rejas se clasifican en dos grupos según el tipo de material que retienen: gruesos y finos. Estas pueden tener un diseño recto o curvo y por su forma de limpieza pueden ser manuales o automáticas, según sea la acción del peine: frontal o dorsal. Las rejas de gruesas tienen una separación libre entre barras de 5 y 10 cm. A esta separación se le llama luz y se encargan de retener los sólidos de mayor tamaño. Las rejas para los finos tienen función complementaria, con luces libres de 2 y 5 cm, permitiendo la retención de partículas más pequeñas. Además, existen las bombas dilaceradoras que actúan triturando los materiales, suelen ir después del pozo de gruesos y sustituyen a las rejas de gruesos y finos. Reduce el tamaño de los sólidos y facilitando su manejo en las siguientes etapas del tratamiento.

- b) Desarenadores.** Son cámaras encargadas de la reducción de la velocidad del flujo del agua residual, en el pre-tratamiento se debe retirar las partículas más pesadas que el agua, que no hayan sido retenidas en el desbaste, y que poseen un tamaño mayor a 200 micras, principalmente arenas, aunque también otros residuos como semillas, cáscaras, etc.

Este proceso se realiza primordialmente para: 1) proteger las bombas y el resto de los equipos mecánicos de la abrasión y del desgaste provocado por partículas sólidas, 2) disminuir la formación de depósitos de sólidos pesados en unidades y conductos aguas abajo lo que podría afectar el adecuado funcionamiento de la planta, y 3) reducir la frecuencia de limpieza de los digestores por la acumulación en exceso de las arenas y otros sólidos pesados. El uso de desarenadores es obligatorio en las plantas que tienen sedimentadores y digestores. Para

sistemas de lagunas de estabilización el uso de estos desarenadores es opcional (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006).

Según el mecanismo de remoción, los desarenadores se clasifican en tres tipos: Pueden ser de flujo horizontal, flujo vertical y flujo helicoidal. En el primer punto, los desarenadores pueden ser diseñados de forma alargada y una sección rectangular. En el segundo punto, los desarenadores se diseñan con una sección cilíndrica y en la zona de lodos (el fondo) tiene forma cónica con una pendiente de $45^\circ - 60^\circ$ facilitando la eliminación de los lodos. En el tercer punto, dichos desarenadores solo se usan cuando la velocidad de sedimentación de los sólidos es alta y se diseñan con sección circular generando un movimiento en espiral que favorece la separación de partículas pesadas.

- c) Desengrasadores y desaceitadores.** Tienen como propósito eliminar materias cuya densidad es inferior a la del agua y, por ende, los podemos encontrar flotando en la superficie. Dentro de esta materia tenemos a las grasas, aceites y espumas. Su remoción se lleva a cabo mediante la inyección de aire en los estanques, formándose burbujas a las cuales se adhieren el aceite y la espuma; permitiendo de esta manera retirarlas o extraerlas de forma mecánica.

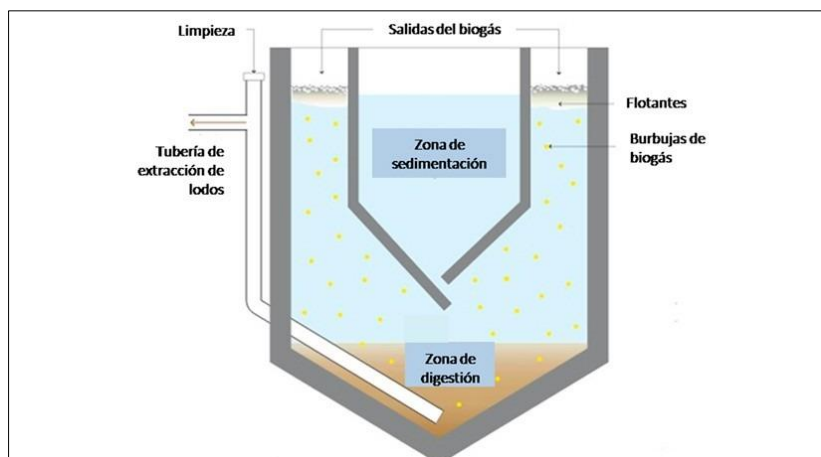
Es importante señalar que la diferencia entre el desaceitado y el desengrase es que el primero se trata de una separación líquido-líquido, y el segundo de una separación sólido-líquido. (Machado, 2021).

2.2.9.2 Tratamiento primario: Se conoce así al tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso que puede ser físico o físico-químico, su objetivo principal es la sedimentación de sólidos en suspensión, u otros procesos en los que la DBOs de las aguas residuales que entren, se reduzca, por lo menos, en un 20% antes del vertido y disminuir en un 50% el total de sólidos en suspensión en las aguas residuales de entrada. Aquí podemos encontrar a los tanques Imhoff, tanques de sedimentación, tanques de flotación, tanques sépticos, zanjas de infiltración, etc. (Machado, 2021).

- a) Tanques de sedimentación.** Los tanques de sedimentación tienen la función de remover las partículas en suspensión y la materia orgánica, por efectos de la gravedad. De acuerdo a la norma OS 0.90 (2016), el periodo de retención de las aguas residuales en estos tanques varía entre 1.5 h - 2.5 h, usando el caudal máximo diario de diseño como referencia, además la relación de largo/ancho debe estar entre 3-10 metros, la relación larga/profundidad debe estar entre 5-30.
- b) Tanque Imhoff o tanques de doble cámara.** Su funcionamiento es sencillo y no requiere de partes mecánicas. son tanques de sedimentación que están integrados con la digestión de lodos. Su estructura es rectangular y se divide en 3 partes o secciones: cámara de sedimentación (zona de sedimentación), cámara de digestión de lodos (zona de digestión) y área de ventilación y acumulación de natas (zona de espumas).

Estos tanques son mayormente usados para zonas rurales y cuya población es menor a 5000 habitantes. (Machado,2021).

Figura 10
Partes del tanque Imhoff.



Nota. Extraído de Google imágenes

- c) **Tanque de flotación.** Se usan para la eliminación de partículas finas en suspensión por medio de la inyección de aire directamente en las aguas residuales. Las partículas una vez que han ascendido a la superficie, son retiradas través de un proceso, llamado desnatado.

2.2.9.3 Tratamiento secundario. Está constituido por procesos biológicos con sedimentación secundaria u otros de proceso. Su objetivo es reducir entre un 70% y un 90% la demanda biológica de oxígeno(DBO) del agua residual inicial, así como en un en un 90% los sólidos totales. El tratamiento biológico se realiza con la ayuda de microorganismos (bacterias) que en condiciones aerobias actúan sobre la materia orgánica. Además, los sólidos en suspensión que por su tamaño o baja densidad no han sedimentado en los tratamientos anteriores, deben ser eliminados por medios biológicos, ya que el eliminarlos por medios físico-químicos resultaría complicado (Lizana,2018).

Para eliminar la materia en suspensión, se emplean diversos tratamientos como: Lodos activados, zanjas de oxidación, lagunas aireadas y lagunas de estabilización. Por otro lado, para la remoción de la materia adherida se utiliza los siguientes tratamientos: Filtros percoladores, filtros rotatorios y humedales.

Para que la acción depuradora de los microorganismos se desarrolle de manera eficiente deben existir condiciones óptimas como una temperatura entre 30 °C y 40 °C, un nivel de oxígeno disuelto requerido, salinidad menor a 300 ppm y PH entre 6.5 - 8.0.

Dentro de este tratamiento existen procesos aerobios y anaerobios. El primer proceso ocurre solamente en presencia de oxígeno disuelto. Mientras que el segundo proceso se da solamente en ausencia de OD.

a) **Lagunas de estabilización:** Las lagunas o estanques de estabilización son estructuras de tierra constituidas por excavaciones expuestas libremente al medio ambiente, delimitadas por taludes con el fin de acumular las aguas residuales durante un determinado tiempo de retención. Mayormente poseen una forma rectangular o cuadrada. Este proceso posee ciertas ventajas y desventajas para su implementación en el tratamiento de aguas residuales.

Sus principales ventajas son:

- ✓ Bajo costo de implementación.
- ✓ Su operación es simple.
- ✓ El terreno es reaprovechable.
- ✓ Cero consumos de energía.

Las desventajas que poseen son:

- ✓ Requerimiento de grandes extensiones de terreno para su construcción.
- ✓ Exceso de algas en el efluente final y malos olores solo en las lagunas anaeróbica (Arteaga, 2016).

Aquellas lagunas que reciben directamente el agua residual cruda son lagunas primarias. Las lagunas secundarias son aquellas que reciben el efluente de la laguna primaria; y el proceso puede continuar de manera sucesiva, dando lugar a lagunas terciarias, cuaternarias, etc., entre otras. Posterior a las lagunas secundarias, se encuentran las lagunas de acabado, maduración o pulimiento.

Las lagunas de estabilización se clasifican en: aerobias (operan en presencia de oxígeno y contribuyen a la degradación de materia orgánica), anaerobias (remoción de sólidos y materia orgánica), facultativas (remoción de materia orgánica y microorganismos patógenos) y de maduración (remoción de patógenos para mejorar la calidad del afluente).

Figura 11

Laguna de estabilización.



Nota. Extraído de Google imágenes.

- b) Lodos activados.** Es un proceso de tratamiento de aguas residuales que se fundamenta en la utilización de microorganismos (principalmente bacterias heterótrofas facultativas), estos organismos crecen en el agua residual y descomponen la materia orgánica disuelta en productos más simples como nuevas bacterias, dióxido de carbono y agua. Es un tratamiento secundario o biológico utilizado en una estación depuradora de aguas residuales (EDAR) y es uno de los más utilizado tanto en el ámbito municipal como en el industrial.
- c) Zanjás de oxidación.** Las zanjás de oxidación son un sistema de tratamiento biológico de aguas residuales, generalmente aplicado para el tratamiento de aguas residuales de municipios pequeños y medianos que deben cumplir con estrictos estándares de calidad. Este método es una aplicación de la variante de aireación extendida de un sistema de lodos activados con mezcla completa, el cual utiliza un tanque de aireación con una configuración ovalada que permite una circulación continua del agua residual, favoreciendo de esta manera la descomposición de la materia orgánica.
- d) Filtros biológicos o percoladores.** Los filtros percoladores son unidades de tratamiento que tienen una masa o lecho fijo compuesto por una cama de roca volcánica, piedra chancada, plástico especial o carbón. El agua residual al rociarse sobre el filtro, va a originar que los microorganismos de dicha agua se adhieran al lecho fijo desarrollándose un cultivo bacteriano llamado biopelícula, esta biopelícula facilita la degradación de la materia orgánica.

Las principales ventajas de los filtros percoladores son: requieren de un área de extensión moderada, no requiere de energía eléctrica, posee baja emanación de olores.

Las principales desventajas son: Tienen limitaciones con las aguas residuales de alta carga orgánica, son diseñado para poblaciones de baja y mediana densidad, y se utiliza solamente cuando se le da al agua tratada un uso para riego.

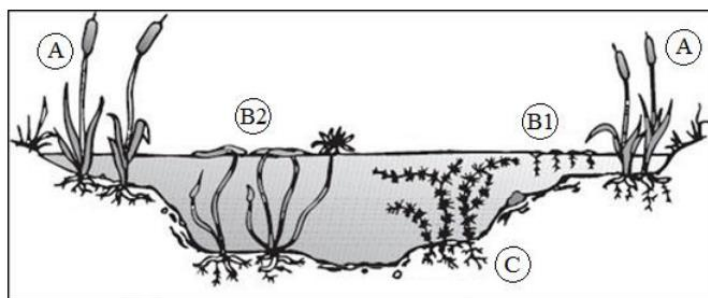
- e) Humedales.** Los humedales artificiales son filtros biológicos (biofiltros) formados por un lecho de grava o piedra volcánica, sembrados con plantas de pantano (macrófitas), a través de los cuales circulan las aguas residuales pretratadas mediante un flujo horizontal o vertical (Ministerio del Ambiente, 2009). Su estructura va a tener una profundidad menor a 1 m. Las macrófitas desempeñan un papel clave ya que proporcionan oxígeno a los microorganismos de las aguas residuales, absorben el nitrógeno y el fósforo, eliminan los contaminantes y filtran los sólidos.

La selección de las especies vegetales se debe realizar de acuerdo a la adaptabilidad de las mismas al clima local, su eficiencia de transportar oxígeno desde las hojas hasta la raíz, su tolerancia a concentraciones elevadas de contaminantes, su resistencia a plagas y enfermedades y su facilidad de manejo (Machado, 2021).

Las macrófitas se clasifican según su forma de vida en: macrófitas emergentes (A), las plantas flotantes (entre ellas las de flotación libre (B1) y las flotantes arraigadas (B2) y las plantas sumergidas (C) De acuerdo a los tipos de macrófitas, los humedales se clasifican en: humedales de flujo superficial (FWS), de flujo sub superficial (SSF), de macrófitas propiamente flotantes y de macrófitas emergentes en flotación (FMF). (Saavedra, (2017)

Figura 12

Tipos de macrófitas acuáticas.



Nota. Extraído de Saavedra (2017).

2.2.9.4 Tratamiento terciario. La necesidad de implementar un tratamiento terciario depende del uso final que se le pretenda dar a las aguas residuales tratadas, tiene como objetivo fundamental lograr la remoción de nutrientes como nitrógeno y fósforo. Este tratamiento solo se utiliza en situaciones de rigor, donde se requiere elevada calidad del efluente de salida ya que los costos son muy elevados. Los procesos que se incluyen en este tipo de tratamiento son:

- Nitrificación/des-nitrificación (para la eliminación del nitrógeno).
- Precipitación del fósforo.
- Osmosis inversa.
- Destilación para eliminación de sólidos disueltos.
- Diversos procesos de filtración.
- Destilación, etc.

El efluente resultante del tratamiento terciario también puede tener algunos usos especiales, como la recarga de acuíferos o aplicaciones de uso industrial, etc.

2.2.9.5 Desinfección. Es la etapa final empleada en el tratamiento de las aguas residuales y se realiza con la finalidad de reducir el contenido de bacterias y virus, permitiendo la reutilización del agua para fines de riego o ser vertidas sobre grandes masas de agua como lagos, ríos, océanos, etc. Los tres principales métodos de desinfección en aguas residuales utilizados en este tratamiento son:

- **Cloración:** Consiste en añadir cloro a las aguas residuales y así lograr la desinfección requerida.
- **Sistemas de desinfección por ozono:** Se realiza mediante una descarga eléctrica similar a los relámpagos y rayos durante las tormentas eléctricas, lo que permite que el ozono se mezcle con el agua residual para lograr la desinfección deseada.
- **Desinfección por luz ultravioleta (UV):** Durante este proceso, los patógenos no son destruidos, sino que pierden su capacidad de reproducción, evitando de esta manera su propagación.

2.2.9.6 Aprovechamiento del recurso hídrico. Es fundamental que cerca de la planta de tratamiento haya un cuerpo o masa de agua superficial como un río, lago o quebrada, el cual pertenezca a una clasificación realizada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), según sus características naturales y a los usos que se destinan.

Las aguas tratadas son vertidas en dicho cuerpo y por ello, estas deben de cumplir con ciertos estándares de calidad que garanticen la conservación y protección del cuerpo receptor.

Posterior a la verificación de estos estándares de calidad se procede a aprovechar el recurso hídrico conforme a las necesidades de la población.

2.2.10 Datos básicos de diseño

2.2.10.1 Topografía. Tiene como objetivo principal, obtener los planos reales y actualizados, que presenten la orografía del terreno, así como todos los componentes naturales y artificiales que se encuentren en la zona del proyecto, Lo que nos permite conocer la latitud, longitud y elevación (cota) de los puntos más relevantes e importantes en la realización del diseño de la red de alcantarillado.

2.2.10.2 Estudio de Suelos. Un estudio de suelo nos permite conocer las características físicas y geológicas del suelo, incluyendo la secuencia litológica, la composición y espesor de sus capas, la profundidad del nivel del agua subterránea y la capacidad de resistencia de un suelo o una roca. Además, nos permite conocer el tipo de cimentación más adecuado para el tipo de obra a construir, así como los establecimientos de la estructura en relación al peso que va a soportar.

2.2.10.3 Aplicación del software Sewercad. Para el desarrollo de la presente tesis se ha optado por el uso del software SeWerCAD , como una herramienta que facilite los cálculos y diseño del sistema de red de alcantarillado, se define como un programa que se utiliza para el diseño y análisis de flujo por gravedad y de presión, conectados a estaciones de bombeo. El programa puede ser utilizado en el modo AutoCAD o de manera autónoma utilizando una interfaz gráfica. (Alarcón, 2008).

Características:

- Realiza cálculos de los flujos en condiciones de sobrecargadas o variadas de flujo, incluyendo saltos hidráulicos, curvas o puntos alejado.
- Permite combinar libremente componentes de gravedad y presión, basando sus sistemas en paralelo o en serie, según su configuración en campo.
- Los sistemas de presión pueden controlarse según la hidráulica del sistema o cambiar la dirección del bombeado según sea necesario.



Capítulo 3

Diseño del sistema de alcantarillado sanitario

3.1 Demanda de alcantarillado

La cantidad de agua que ingresará en las redes de alcantarillado del caserío de La peña va a depender en primer lugar del consumo doméstico, de las conexiones erradas y la infiltración. Para el cálculo de estos consumos, es necesario tener en cuenta ciertos parámetros como la población actual y final, el periodo de diseño, la tasa de crecimiento, la dotación de agua y los factores de contribución. Con estos datos podemos determinar la demanda de alcantarillado o llamada también el caudal de diseño.

3.2 Criterios y parámetros de diseño para el cálculo poblacional

3.2.1 Periodo de diseño

El periodo de diseño se define como el tiempo en que una infraestructura debe brindar eficientemente el servicio para el cual se diseñó. Los periodos de diseño máximos que recomienda el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, específicamente la Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural, se presentan en la Tabla 8, donde se aprecia que para proyectos de planta de tratamiento tanto de agua potable como alcantarillado se elige un periodo de diseño de 20 años, garantizando de esta manera su funcionalidad en el tiempo.

Tabla 8

Periodos de diseño de infraestructura sanitaria.

Componentes	Vida útil
Fuente de Abastecimiento	20 años
Obras de captación	20 años
Pozos	20 años
Plantas de tratamiento de agua de consumo humano (PTAP)	20 años
Reservorio	20 años
Línea de Conducción, aducción, impulsión, distribución.	20 años
Estación de bombeo	20 años
Equipos de bombeo	10 años
Unidad básica de Saneamiento (arrastre hidráulico, compostera para zona inundable)	10 años
Unidad básica de Saneamiento (hoyo seco ventilado)	5 años

Nota. Extraído del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018).

3.2.2 Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento poblacional anual es el porcentaje del incremento positivo o negativo de la población a lo largo de los años. Este incremento positivo se debe al aumento de la tasa de natalidad, de las inmigraciones y expansión de la ciudad; mientras que el incremento negativo se debe al aumento de la tasa de mortalidad.

$$r = \frac{\left(\frac{Pf}{Po}\right) - 1}{t}$$

Dónde:

r = Tasa de crecimiento (%)

t = tiempo transcurrido (años)

Pf = Población final (hab)

Po = Población inicial (hab)

Para poder estimar la **tasa de crecimiento** del caserío La Peña, se ha utilizado como referencia la información de los datos estadísticos según el censo del INEI de los años 2007 y 2017. Esta tasa de crecimiento se puede apreciar en la **Tabla 9**.

Tabla 9
Datos Intercensales del caserío La Peña.

Año	Población
2007	643
2017	763

Nota. Elaboración propia

Aplicando el modelo aritmético se obtuvo una tasa de crecimiento para el caserío La Peña es de 1.87%.

3.2.3 Densidad poblacional

Para realizar los cálculos se consideró la densidad poblacional expresada en habitantes/vivienda, como se muestra en la tabla 10.

Tabla 10
Densidad Población actual del casorio La Peña según encuestas realizadas en zona del proyecto.

Item	Descripción	Cantidad (Hab/Viv)
La Peña	Densidad poblacional	3.91

Nota. Elaboración propia.

3.2.4 Población actual

Para calcular la población actual del ámbito de estudio, así como el número de viviendas, instituciones públicas y privadas, entre otros se utilizó la información obtenida en el padrón de usuarios y la encuesta realizada en el lugar donde se desarrollará el diseño de la red de alcantarillado.

Para calcular la población actual se ha aplicado el método de la densidad de población utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Población} = \text{Nº Viviendas} \times \text{Densidad poblacional (hab/Viv.)}$$

Tabla 11

Población actual del caserío La Peña según encuestas realizadas en zona del proyecto.

Población			
Año	Nº de viviendas habitadas	Densidad poblacional (Hab/Viv)	Total habitantes
2024	225	3.91	880

Nota. Elaboración propia

3.2.5 Población futura o de diseño

La población futura o de diseño es el número de habitantes que se espera tener al término del periodo de diseño de la estructura. Está determinada por el método aritmético que se utiliza en zonas rurales y para pequeñas poblaciones, para su estimación es necesario conocer el tamaño de la población en dos tiempos distintos, como se indica a continuación.

$$Pf = Po(1 + r * t/100)$$

Dónde:

r = Tasa de crecimiento (%)

t = Período de diseño (años)

Pf = Población final (hab)

Po = Población actual (hab).

Aplicando la fórmula se obtiene lo siguiente:

- Población actual: 880 hab.
- Tasa de Crecimiento: 1.87 %
- Periodo de diseño: 20 años.
- Población futura año 2045: 1209 hab.

3.3 Consumo o dotación de agua (d)

Es la cantidad de agua que cada integrante de la población consume durante un día. Se expresa en litros por habitantes día. La dotación no es una cantidad fija ya que depende de diversos factores que son característicos de una comunidad, sin embargo, es fundamental estos factores para calcular las diferentes partes de un proyecto. La dotación está integrada por distintos tipos de consumos: Consumo doméstico, social, industrial, Comercial, además de las pérdidas por fugas y desperdicios.

Esta dotación se establece en función de la opción tecnológica, utilizada para la disposición sanitaria de excretas, como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12

Dotación de agua (l/hab.día) según opción tecnológica y región.

Descripción	Cant	Und
<i>Dotación ZONAS RURALES</i>	<i>Costa</i>	<i>60 l/hab.d</i>
	<i>Sin arrastre hidráulico</i>	<i>Sierra 50 l/hab.d</i>
	<i>Selva</i>	<i>70 l/hab.d</i>
	<i>Costa</i>	<i>90 l/hab.d</i>
	<i>Con arrastre hidráulico</i>	<i>Sierra 80 l/hab.d</i>
	<i>Selva</i>	<i>100 l/hab.d</i>

Nota. Extraído de Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018)

3.3.1 Consumo o dotación de agua para uso doméstico (Cd)

Es así que como el caserío La Peña está ubicado en parte de la costa, se considerará una opción tecnológica con arrastre hidráulico, por ello la dotación de agua a elegir será de 90 l/hab·día.

Tabla 13

Cálculo del Consumo doméstico del caserío La Peña.

Formula	Descripción	Dato	Cant	Und	Resultado
$P_0 = \text{Dens.} \cdot \text{N}^\circ \text{ viv.}$	<i>Densidad poblacional</i>	<i>Dens:</i>	<i>3.91</i>	<i>Hab/viv</i>	<i>Población inicial</i>
	<i>Número de viviendas</i>	<i>Nº viv:</i>	<i>225</i>	<i>viv</i>	
	<i>Población al año "0"</i>	<i>P0:</i>	<i>880</i>	<i>hab</i>	
	<i>Dotación</i>	<i>Dot:</i>	<i>90</i>	<i>l/hab.d</i>	
$Cd = \frac{P_0 \cdot \text{Dot.}}{86400} \text{ l/s}$	<i>Caudal de consumo doméstico actual</i>	<i>Cd:</i>	<i>0.92</i>	<i>l/s</i>	<i>Caudal de consumo doméstico actual</i>

Nota. Elaboración propia

3.3.2 Consumo o dotación de agua para uso no doméstico (Qnd)

Hace referencia a la cantidad de agua utilizada en actividades que no corresponden al consumo doméstico, como en instituciones públicas, establecimientos comerciales, industrias, áreas recreativas, etc., Este consumo es de suma importancia para el diseño de los sistemas de abastecimiento de agua, ya que contribuye a la demanda total de una comunidad.

Se calcula de la siguiente manera:

$$Qnd = \frac{Dot * Pd}{86400}$$

Dónde:

Qnd: Consumo no doméstico (l/s)

Dot: Dotación (l/hab.d)

Pd: Población de diseño (hab)

Tabla 14

Consumo o Dotación de agua para centros educativos del caserío La Peña.

Cant.	Descripción	N° Alum. + Docentes	Dotación (l/pers.d)	Qnd. (l/s)
1	Inicial-Jardin Gotitas De Miel	45	20	0.01042
1	I.E Santa Rosa De Lima Primaria	146	20	0.03380
1	I.E Santa Rosa De Lima Secundaria	112	25	0.03241
2	CONSUMO TOTAL (Qnd):			0.07662

Nota. Extraído de Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018).

Tabla 15

Consumo o Dotación de agua para Locales de espectáculos.

Tipos de establecimientos	Dotación diaria
Cines, teatros y auditorios	3 l por asiento
Discotecas, cines, salas de baile y similares	30 l por m2 de área
Estadios, velódromos, autódromos, plazas de toros y similares	1 l por espectador
Circos, hipódromos, parques de atracción y similares	1 l por espectador más lo requerido por animales.

Nota. Extraído de Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018).

Tabla 16

Consumo o Dotación de agua para iglesia del Caserío La Peña.

Cant.	Descripción	Nº asiento.	Dotación (l/ast.d)	Qnd (l/s)
1	Iglesia	150	3	0.00521
1		CONSUMO TOTAL (Qnd):		0.00521

Nota. Elaboración propia.

Tabla 17

Consumo o Dotación de agua para campo deportivo del caserío La Peña.

Cant.	Descripción	Nº espect.	Dotacion (l/espect.d)	Qnd. (l/s)
1	Campo deportivo	300	1	0.00014
1		CONSUMO TOTAL (Qnd):		0.00014

Nota. Elaboración propia.

Tabla 18

Consumo o Dotación de agua para Locales de salud.

Local de salud	Dotación
Hospitales y clínicas de hospitalización	600 L/d por cama
Consultorios médicos	500 L por consultorio
Clínicas dentales consultorios médicos	100 L por unidad dental.

Nota. Extraído de Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018).

Tabla 19

Consumo o Dotación de agua para el Centro de salud del caserío La Peña.

Cant.	Descripción	Nº cama	Dotación (l/cam.d)	Qnd (l/s)
1	Centro de salud	2	600	0.01389
1		CONSUMO TOTAL (Qnd):		0.01389

Nota. Elaboración propia.

Tabla 20

Resumen de Consumo no domestico del caserío La Peña.

Descripción	Cant	Qnd	Qnd. Unitario	Und
Inst. Estatales	4	0.09065	0.022664	l/s
Inst. Social	1	0.00521	0.005208	l/s
Comercial	0	0.00000	0.000000	l/s
TOTAL	5	0.09586	0.027872	l/s

Nota. Elaboración propia.

3.4 Variaciones de consumo.

También denominado factor de mayorización o factor pico. Se usa para determinar las variaciones de consumo en las condiciones actuales, para ello se tomarán un porcentaje de los caudales máximos horarios, determinando así el coeficiente máximo anual de la demanda horaria, el cual se expresa de la siguiente manera.

$$\text{Máximo anual de la demanda horaria (K2)} = 2.5$$

3.5 Determinación del flujo volumétrico de diseño.

3.5.1 Consumo Promedio diario anual.

Se define como el resultado de la estimación del consumo per cápita para la población futura del periodo de diseño expresada en litros por segundo (L/s) y se determina utilizando la siguiente formula:

$$Qp = \frac{Pf * Dotación}{86400}$$

Dónde:

Qp: Consumo promedio diario anual (l/s),

Dot: Dotación (l/hab.d).

Pf: Población futura.

El consumo promedio diario anual, servirá para estimar el consumo máximo diario y horario.

Resolviendo:

$$Qp = \frac{(1209 * 90)}{86400}$$

$$Qp = 1.26 \text{ L/S}$$

3.5.2 Consumo máximo horario (Qmh).

Corresponde a la demanda máxima registrada durante una hora, en un periodo de un año completo, incrementada por un coeficiente de consumo máximo horario (k2) y en general, se determina mediante la siguiente formula:

$$Qmh = Qp * K2$$

Dónde:

Qmh: Consumo máximo horario (l/s)

K2: Factor de variación horaria =2.5

Qp: Consumo promedio diario anual

$$Q_{mh} = 1.26 * 2.5$$

$$Q_{mh} = 3.15 \text{ L/S}$$

3.6 Contribución de aguas residuales domésticas.

El caudal de contribución al alcantarillado se calculará con un coeficiente de retorno (C), el cual según norma OS. 070 (2006) es del 80 % del caudal de agua potable consumida (Qmh) en otras palabras, de toda el agua potable que entra por una conexión domiciliaria a un determinado lote, solo el 80% ingresaran a la red de alcantarillado sanitario para ser evacuado, lo demás se perderá como desperdicio en la intemperie y no ingresaran a las conexiones del sistema de desagüe.

Este cálculo se expresa mediante la siguiente formula:

$$Q_{alcant} = Q_{mh} * 80\%$$

$$Q_{alcant} = 3.15 * 80/100$$

$$Q_{alcant} = 2.52 \text{ L/S}$$

3.7 Contribución de aguas residuales no domésticas

Se realizarán los cálculos de los caudales que contribuyen al desagüe de usos estatales y sociales, los cuales se detallan a continuación:

3.7.1 Instituciones estatales

Se realizará el cálculo para las instituciones educativas, así como para el campo deportivo y para el puesto de salud, instituciones estatales que tiene el caserío y que producen un volumen considerable de aguas residuales como resultado de sus actividades diarias. Para calcular su aporte al sistema de alcantarillado, se utiliza la siguiente fórmula.

$$Q_{alcant} = Q_{mh} * 80\%$$

$$Q_{alcant} = 0.09065 * 80/100$$

$$Q_{alcant} = 0.073 \text{ L/S}$$

3.7.2 Instituciones sociales

Se realizará el cálculo para la institución social que tiene el caserío y es la iglesia. Para calcular su aporte al sistema de alcantarillado, se utiliza la siguiente fórmula.

$$Q_{alcant} = Q_{mh} * 80\%$$

$$Q_{alcant} = 0.00521 * 80/100$$

$$Q_{mh} = 0.004 \text{ L/S}$$

Los caudales provenientes del sistema de distribución de agua incluyen tanto los de origen doméstico, generados por el consumo en viviendas, como los no domésticos, originados en actividades estatales, sociales e industriales si hubiera en el lugar el proyecto.

Ambos consumos deben ser considerados en el diseño y planificación del sistema de alcantarillado para garantizar su correcta recolección y tratamiento. Por lo tanto, en la tabla 21 se muestra en resumen los caudales domésticos y no domésticos provenientes del sistema de distribución de agua del caserío La Peña.

Tabla 21

Resumen de caudales provenientes del sistema de distribución de agua del caserío La Peña.

Descripción	Qsc (l/s)
Caudal por sujeto de consumo doméstico	2.52
Caudal por sujeto de consumo no doméstico	0.07
TOTAL	2.59

Nota. Elaboración propia.

3.8 Caudal por infiltración (QINF)

El caudal de infiltración se calcula considerando la altura del nivel freático sobre el fondo del colector, la permeabilidad del suelo y cantidad de precipitación anual. Además, es importante considerar el tipo de tubería y el tipo de unión. Por tal motivo en el caserío La Peña el coeficiente de infiltración se opta como indica el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

Tabla 22

Coeficiente por infiltración.

Item	Descripción	Valor (l/s/km)
01	Coeficiente de infiltración	0.05

Nota. Elaboración propia.

Las redes de alcantarillado de la zona en estudio se diseñarán utilizando tuberías de PVC con un diámetro de 160mm, aunque la probabilidad por infiltración en la zona es baja o mínimas, por criterio de seguridad en el diseño se ha tomado en cuenta este caudal.

Tabla 23

Caudal por infiltración en el sistema de alcantarillado sanitario- caserío La Peña.

Item	Descripción	Valor
Fl	Coeficiente de infiltración	0.05(l/s/km)
L	Longitud del tramo	4.05 km

Nota. Elaboración propia.

Para el cálculo del caudal de infiltración se utilizará la siguiente formula:

$$Q_{inf} = Fl * L$$

$$Q_{inf} = 0.05 * 4.05$$

$$Q_{mh} = 0.20 \text{ L/S}$$

El caudal de diseño total representa la suma de todos los aportes de agua residual que ingresan al sistema de alcantarillado. Que Incluye los caudales domésticos, los no domésticos, por infiltración, etc., garantizando que la red pueda operar de manera eficiente.

Tabla 24

Caudal de diseño total para el sistema de alcantarillado del caserío de La Peña..

Descripción	Formula	Resultados
Caudal por sujeto de consumo doméstico + no domestico	$Q_{SCD+QSCND}$	2.59 L/s
Caudal por infiltración	Q_{INF}	0.20 L/s
Caudal de diseño	$Q_d = Q_{SCD+SCND} + Q_{INF}$	2.79 L/s

Nota. Elaboración propia.

3.9 Coeficiente de Rugosidad

Según, Villazón (2019,) dice que el coeficiente de rugosidad, representa las características internas de la superficie de la tubería, cuyo valor depende del tipo de material, calidad del acabado y el estado de conservación de la tubería. Para el modelamiento de las redes de alcantarillado del caserío La Peña se utilizarán tuberías de PVC. Por lo que se empleara la siguiente rugosidad:

Tabla 25

Coeficiente de rugosidad para la red de alcantarillado caserío La Peña.

Item	Descripción	Valor
01	TUBERIA DE PVC	0.013

Nota. Elaboración propia.

3.10 Proceso de modelamiento con el SEWERCAD.

3.10.1 Ingreso de datos al software.

a) Configuración del software.

- Ajuste de la escala de Texto y Símbolos.
- Configuración de Unidades.
- Etiquetado de Tuberías, buzones, PTAR, etc.

b) Catálogo de tuberías.

- Definición del tipo de tubería (Circular).
- Definición de los diámetros de las tuberías.
- Definición del material de tubería (Tubería PVC).

- Asignación de los parámetros de Manning ($n=0.013$) y Hazen William ($C=150$).

c) Prototipos.

- Configuración del catálogo de tubería definido anteriormente para trabajar en el programa. (tipo de tubería, clase de tubería y diámetro de tubería).

d) Selección de opciones de Calculo (Análisis o Diseño).

- Selección del tipo de cálculo (Diseño).
- Definición de la tensión tractiva mínima: (1Pa).

e) Cálculos. (Velocidad, altura de buzones, Pendiente y capacidad de flujo).

- Velocidad ($V_{min}=0.60\text{m/s}$ y $V_{máx}=5\text{m/s}$).
- Altura de Buzón ($H_{min}=1\text{m}$ y $H_{max}=5\text{m}$).
- Pendiente ($S_{min}=0.5\%$ y $S_{max}=10\%$).
- Capacidad de flujo en la Tubería: $y/D \leq 75\%$.

f) Importación de tuberías.

- Se dibujó en el Programa de AutoCAD y guardo en formato DXF.
- El archivo se importó al programa SEWERCAD.

g) Generación de cotas de Buzones.

- Las curvas de nivel se procesaron en el programa de Civil 3D y se guardaron en formato DXF.
- Se importa al programa SEWERCAD mediante la opción de TRex, para obtener las cotas de los buzones.

h) Importación Demandas.

- Se importa las demandas calculadas, que son los caudales de sujeto a consumo doméstico y no doméstico, además los caudales de infiltración. Para esto se utilizó la opción de LoadBuilder en el SEWERCAD.

i) Proceso.

- Una vez ingresado todos los datos que se mencionó anteriormente, al programa de SEWERCAD, se prosigue a validarlos datos con la opción Validate.
- Si el programa no me notifica ningún error de los datos ingresados, se procedió al cálculo utilizando la opción *Compute*.

3.11 Procesos de modelamiento hidráulico.

a) Cálculo hidráulico de buzones

Para el sistema de alcantarillado del caserío la Peña, se tomó en cuenta un total de 118 Buzones de inspección.

Además, se verificó que la ubicación y distribución de los buzones cumplieran con los criterios o requisitos técnicos establecidos, garantizando accesibilidad para las labores de mantenimiento y operación. Asimismo, se optimizó el diseño para una adecuada distribución de cada buzón, minimizando o reduciendo los riesgos de sedimentación y obstrucción de la red. Como se detalla a continuación en la tabla 26.

Tabla 26

Cálculo hidráulico de buzones del sistema de alcantarillado caserío la Peña.

CÁLCULO HIDRAULICO DE BUZONES DE LA LOCALIDAD LA PEÑA						
Proyecto:	"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN EL CASERÍO LA PEÑA, DISTRITO DE SAN JACINTO TUMBES"					
Localidad:	LA PEÑA	Distrito:	SAN JACINTO	Provincia-Región:	TUMBES-TUMBES	
CÁLCULO HIDRAULICO DE BUZONES						
BZ	COTA TERRENO (m)	COTA FONDO (m)	ALTURA (m)	Coordenada Este (m)	Coordenada Norte (m)	Diametro (m)
Bz-1	40.72	39.56	1.16	560,709.05	9,595,008.73	1.20
Bz-2	40.16	39	1.65	560,715.23	9,594,985.59	1.20
Bz-3	39.48	38.32	2.28	560,728.96	9,594,954.39	1.20
Bz-4	37.56	36.4	1.63	560,764.31	9,594,916.73	1.20
Bz-5	36.37	35.21	1.16	560,780.83	9,594,895.65	1.20
Bz-6	36.4	35.24	1.16	560,819.86	9,594,913.41	1.20
Bz-7	35.5	34.34	2.09	560,800.41	9,594,896.02	1.20
Bz-8	36.71	34.25	4.31	560,789.41	9,594,885.95	1.20
Bz-9	38.58	37.42	1.16	560,743.56	9,594,847.84	1.20
Bz-10	38.78	37.27	2.79	560,763.33	9,594,862.12	1.20
Bz-11	36.89	34.19	4.71	560,796.39	9,594,878.07	1.20
Bz-12	36.15	33.97	4.55	560,824.74	9,594,856.69	1.20
Bz-13	34.57	33.41	1.16	560,878.20	9,594,858.80	1.20
Bz-14	34.73	33.25	3.81	560,862.88	9,594,835.50	1.20
Bz-15	33.3	32.14	1.16	560,875.47	9,594,760.02	1.20
Bz-16	33.96	31.96	3.12	560,879.84	9,594,789.51	1.20

CÁLCULO HIDRAULICO DE BUZONES DE LA LOCALIDAD LA PEÑA						
Bz-17	33.83	31.82	3.89	560,896.09	9,594,806.44	1.20
Bz-18	32.71	31.49	3.45	560,936.66	9,594,770.41	1.20
Bz-19	32.48	31.29	3.63	560,959.81	9,594,746.75	1.20
Bz-20	33.26	32.1	1.16	560,681.55	9,594,769.70	1.20
Bz-21	32.39	31.23	4.32	560,734.09	9,594,749.10	1.20
Bz-22	31.74	30.58	6.12	560,781.31	9,594,726.96	1.20
Bz-23	30.8	29.64	6.93	560,831.35	9,594,708.98	1.20
Bz-24	30.43	29.27	1.16	560,847.16	9,594,672.43	1.20
Bz-25	30.44	29.05	7.65	560,865.52	9,594,703.06	1.20
Bz-26	29.97	28.73	8.71	560,918.64	9,594,714.13	1.20
Bz-27	30.77	28.5	10.15	560,955.86	9,594,718.30	1.20
Bz-28	32.01	28.33	10.15	560,981.84	9,594,730.68	1.20
Bz-29	31.16	28.07	9.77	561,019.70	9,594,710.09	1.20
Bz-30	30.6	27.84	9.61	561,049.61	9,594,686.72	1.20
Bz-31	29.89	27.61	9.29	561,078.60	9,594,660.49	1.20
Bz-32	29.58	27.31	9.47	561,058.76	9,594,615.89	1.20
Bz-33	29.33	27.09	9.57	561,054.02	9,594,579.55	1.20
Bz-34	29.3	26.9	9.84	561,039.72	9,594,551.17	1.20
Bz-35	30.52	29.36	1.16	560,989.94	9,594,704.22	1.20
Bz-36	30.51	29.25	2.47	561,005.95	9,594,694.91	1.20
Bz-37	29.82	28.66	1.16	560,979.63	9,594,683.75	1.20
Bz-38	29.71	28.54	3.23	560,996.69	9,594,673.92	1.20
Bz-39	29.05	27.89	3.69	560,987.26	9,594,652.56	1.20
Bz-40	28.27	27.11	4.71	560,981.23	9,594,599.31	1.20
Bz-41	27.76	26.6	1.16	560,951.52	9,594,555.35	1.20
Bz-42	27.26	26.1	5.32	560,973.20	9,594,548.22	1.20
Bz-43	29.06	25.74	9.9	561,024.73	9,594,520.36	1.20
Bz-44	28.83	25.43	10.12	561,004.49	9,594,472.29	1.20
Bz-45	28.47	25.2	10.07	560,988.94	9,594,436.41	1.20
Bz-46	27.41	24.96	9.33	560,974.51	9,594,400.06	1.20
Bz-47	26.57	24.71	8.8	560,960.60	9,594,360.68	1.20
Bz-48	25.38	24.22	1.16	560,925.61	9,594,352.78	1.20
Bz-49	26.53	24.01	8.82	560,960.24	9,594,352.84	1.20
Bz-50	25.32	24.16	1.16	560,961.82	9,594,294.59	1.20
Bz-51	26.66	23.81	9.05	560,973.24	9,594,352.07	1.20
Bz-52	28.86	27.7	1.16	561,123.53	9,594,671.22	1.20
Bz-53	28.89	27.45	2.97	561,108.82	9,594,633.13	1.20

CÁLCULO HIDRAULICO DE BUZONES DE LA LOCALIDAD LA PEÑA						
Bz-54	28.66	27.12	4.22	561,088.64	9,594,580.88	1.20
Bz-55	28.7	26.83	5.37	561,066.51	9,594,538.06	1.20
Bz-56	28.44	26.53	6.24	561,050.57	9,594,490.72	1.20
Bz-57	28.21	26.18	7.29	561,037.11	9,594,434.28	1.20
Bz-58	27.31	25.84	7.62	561,022.60	9,594,379.73	1.20
Bz-59	26.76	23.62	9.37	561,003.96	9,594,348.72	1.20
Bz-60	26.31	23.43	9.12	561,000.91	9,594,316.50	1.20
Bz-61	25.84	23.23	8.87	560,997.86	9,594,284.29	1.20
Bz-62	25.21	23	8.49	560,999.99	9,594,245.33	1.20
Bz-63	23.78	22.62	7.34	561,012.28	9,594,199.72	1.20
Bz-64	22.86	21.7	6.7	561,021.73	9,594,154.36	1.20
Bz-65	23.3	21.55	7.29	561,026.79	9,594,130.67	1.20
Bz-66	21.53	20.37	5.64	561,026.26	9,594,111.12	1.20
Bz-67	19.85	18.69	4.26	561,022.89	9,594,060.47	1.20
Bz-68	18.93	17.77	3.51	561,017.37	9,594,031.98	1.20
Bz-69	19.59	17.68	4.26	561,030.61	9,594,027.01	1.20
Bz-70	28.13	26.97	1.16	561,159.14	9,594,670.32	1.20
Bz-71	27.75	26.59	2.03	561,176.82	9,594,658.53	1.20
Bz-72	27.32	26.16	1.16	561,162.75	9,594,595.15	1.20
Bz-73	27.69	26.08	2.49	561,151.70	9,594,602.83	1.20
Bz-74	27.8	25.92	4.14	561,160.38	9,594,628.02	1.20
Bz-75	27.97	25.81	4.8	561,144.89	9,594,636.58	1.20
Bz-76	28.2	25.61	5.84	561,128.10	9,594,608.00	1.20
Bz-77	28.28	25.43	6.58	561,111.73	9,594,581.16	1.20
Bz-78	28.42	25.08	7.72	561,081.12	9,594,532.79	1.20
Bz-79	27.59	26.43	1.16	561,093.17	9,594,478.62	1.20
Bz-80	27.78	24.78	7.88	561,067.60	9,594,484.43	1.20
Bz-81	27.95	24.46	8.82	561,055.98	9,594,432.90	1.20
Bz-82	26.94	24.23	8.35	561,060.84	9,594,394.25	1.20
Bz-83	26.66	24	8.61	561,054.04	9,594,355.74	1.20
Bz-84	26.16	25	1.16	561,129.94	9,594,408.79	1.20
Bz-85	26.36	24.91	2.85	561,118.04	9,594,416.73	1.20
Bz-86	26.41	24.78	5.11	561,105.80	9,594,398.08	1.20
Bz-87	26.23	24.59	7.78	561,099.15	9,594,367.64	1.20
Bz-88	25.38	24.22	1.16	561,129.20	9,594,330.53	1.20
Bz-89	25.8	24	9.87	561,092.97	9,594,339.35	1.20
Bz-90	24.38	23.22	1.16	561,120.92	9,594,288.96	1.20

CÁLCULO HIDRAULICO DE BUZONES DE LA LOCALIDAD LA PEÑA						
Bz-91	25.22	22.96	10.15	561,082.26	9,594,306.49	1.20
Bz-92	25.96	22.75	10.15	561,048.05	9,594,316.52	1.20
Bz-93	25.48	22.58	10	561,039.55	9,594,288.71	1.20
Bz-94	26.58	25.42	1.16	561,021.53	9,594,320.18	1.20
Bz-95	25.93	24.77	2.35	561,017.02	9,594,288.85	1.20
Bz-96	25.52	24.36	2.86	561,018.20	9,594,264.94	1.20
Bz-97	25.41	22.4	10.15	561,033.09	9,594,259.86	1.20
Bz-98	25.01	22.22	10.06	561,024.31	9,594,230.90	1.20
Bz-99	24.08	22.01	9.48	561,040.47	9,594,200.27	1.20
Bz-100	23.02	21.86	1.16	561,081.17	9,594,180.17	1.20
Bz-101	23.15	21.72	8.91	561,060.59	9,594,169.92	1.20
Bz-102	22.45	21.29	8.56	561,055.68	9,594,133.34	1.20
Bz-103	21.59	20.43	8.03	561,049.01	9,594,098.18	1.20
Bz-104	20.07	18.91	6.95	561,039.90	9,594,046.50	1.20
Bz-105	20.15	18.73	7.28	561,034.79	9,594,017.48	1.20
Bz-106	19.49	17.61	6.69	561,027.10	9,594,015.03	1.20
Bz-107	18.4	17.24	5.66	561,022.90	9,594,005.32	1.20
Bz-108	17.93	16.77	5.36	561,013.15	9,593,978.47	1.20
Bz-109	18.18	16.42	5.96	560,995.64	9,593,923.68	1.20
Bz-110	18.28	16.09	6.39	560,993.77	9,593,869.38	1.20
Bz-111	17.33	15.76	5.78	561,000.84	9,593,813.68	1.20
Bz-112	16.89	15.48	5.61	561,011.89	9,593,768.80	1.20
Bz-113	17.03	15.27	5.96	561,025.39	9,593,736.93	1.20
Bz-114	16.87	15.03	6.03	561,058.81	9,593,715.73	1.20
Bz-115	14.5	13.34	3.9	561,080.96	9,593,684.02	1.20
Bz-116	13.91	12.75	3.4	561,084.73	9,593,669.15	1.20
Bz-117	13.56	12.4	3.11	561,081.59	9,593,659.59	1.20
Bz-118	13.32	12.16	2.95	561,085.72	9,593,646.26	1.20
PTAR-1	14	12.1	1.9	561,078.31	9,593,638.96	1.20

Nota. Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla 26, la altura y los diámetros de buzones, sí que cumplen con lo señalado en el RNE.OS.070

b) Cálculo hidráulico de redes de alcantarillado sanitario reales según programa sewerCAD

A continuación, en la Tabla 27, se muestran los resultados del modelamiento hidráulico de las redes de alcantarillado sanitario del caserío La Peña, según programa sewerCAD.

Tabla 27

Calculo hidráulico de redes de alcantarillado sanitario reales según programa sewerCAD.

CALCULO HIDRÁULICO DE REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO REALES SEGÚN PROGRAMA SEWERCAD											
Tubería Tb		Cotas (m) en la clave de la Tubería		Longitud (m)	Diametro de Tubería (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Pendiente (%)	Tension Tractiva (Pa)	Tirante (Y/D) (%)	Manning (n)
		Inicio	Final								
Tb-01	Tb-02	39.56	38.51	23.97	160 mm	0.05	0.42	4.39	1.007	2.3	0.013
Tb-02	Tb-03	38.51	37.19	34.11	160 mm	0.06	0.42	3.85	1.007	2.6	0.013
Tb-03	Tb-4	37.19	35.94	51.67	160 mm	0.12	0.46	2.43	1.001	4.2	0.013
Tb-04	Tb-05	35.94	35.21	26.79	160 mm	0.13	0.49	2.7	1.128	4.3	0.013
Tb-05	Tb-08	35.21	35.24	13.25	160 mm	0.13	1	21.24	5.642	2.6	0.013
Tb-06	Tb-07	35.24	33.41	26.15	160 mm	0.02	0.36	7	1.005	1.4	0.013
Tb-07	Tb -08	33.41	32.4	14.94	160 mm	0.02	0.35	6.78	1.002	1.5	0.013
Tb-08	Tb -11	32.4	37.42	10.53	160 mm	0.15	0.46	2.1	1.009	4.9	0.013
Tb-09	Tb -10	37.42	35.99	24.43	160 mm	0.03	0.4	5.84	1.001	1.7	0.013
Tb-10	Tb -11	35.99	32.18	36.9	160 mm	0.06	0.61	10.33	2.125	2.1	0.013
Tb-11	Tb -12	32.18	31.59	35.51	160 mm	0.23	0.48	1.65	1.003	6.2	0.013
Tb-12	Tb -14	31.59	33.41	43.64	160 mm	0.27	0.49	1.55	1.024	6.8	0.013
Tb-13	Tb -14	33.41	30.92	27.99	160 mm	0.03	0.47	8.92	1.379	1.5	0.013
Tb-14	Tb -17	30.92	32.14	44.14	160 mm	0.31	0.58	2.21	1.436	6.7	0.013
Tb-15	Tb -16	32.14	30.84	29.84	160 mm	0.05	0.42	4.35	1.002	2.3	0.013
Tb-16	Tb -17	30.84	29.84	23.48	160 mm	0.06	0.42	3.85	1.005	2.6	0.013
Tb-17	Tb -18	29.84	29.26	54.26	160 mm	0.38	0.51	1.25	1.016	8.4	0.013

CALCULO HIDRÁULICO DE REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO REALES SEGÚN PROGRAMA SEWERCAD
.69-33-+*

Tb-18	Tb -19	29.26	28.85	33.1	160 mm	0.39	0.51	1.25	1.029	8.5	0.013
Tb-19	Tb -28	28.85	32.1	28.15	160 mm	0.4	1.48	24.82	10.504	4.2	0.013
Tb-20	Tb -21	32.1	28.07	56.57	160 mm	0.02	0.36	7.13	1.06	1.5	0.013
Tb-21	Tb -22	28.07	25.62	52.22	160 mm	0.04	0.42	4.7	1.003	2.1	0.013
Tb-22	Tb -23	25.62	23.86	53.2	160 mm	0.07	0.42	3.3	1.007	3.1	0.013
Tb-23	Tb -25	23.86	29.27	34.69	160 mm	0.08	0.44	3.1	1.001	3.3	0.013
Tb-24	Tb -25	29.27	22.79	36.29	160 mm	0.01	0.47	17.85	1.462	0.8	0.013
Tb-25	Tb -26	22.79	21.27	54.29	160 mm	0.09	0.44	2.8	1.005	3.6	0.013
Tb-26	Tb -27	21.27	20.61	37.45	160 mm	0.1	0.01	1.75	0.696	4	0.013
Tb-27	Tb -28	20.61	21.86	28.81	160 mm	0.1	0.01	-4.34	-16.33	(N/A)	0.013
Tb-28	Tb -29	21.86	21.39	43.1	160 mm	0.5	0.53	1.1	1.037	9.9	0.013
Tb-29	Tb -30	21.39	20.99	37.96	160 mm	0.53	0.53	1.05	1.033	10.3	0.013
Tb-30	Tb -31	20.99	20.6	39.1	160 mm	0.55	0.53	1	1.011	10.6	0.013
Tb-31	Tb -32	20.6	20.11	48.81	160 mm	0.58	0.53	1	1.035	10.9	0.013
Tb-32	Tb -33	20.11	19.76	36.66	160 mm	0.62	0.53	0.95	1.023	11.3	0.013
Tb-33	Tb -34	19.76	19.46	31.77	160 mm	0.64	0.54	0.95	1.038	11.5	0.013
Tb-34	Tb -43	19.46	29.36	34.27	160 mm	0.66	0.53	0.9	1.009	11.8	0.013
Tb-35	Tb -36	29.36	28.04	18.57	160 mm	0.02	0.36	7.08	1.003	1.4	0.013
Tb-36	Tb -38	28.04	28.66	23	160 mm	0.02	0.35	6.79	1.002	1.5	0.013
Tb-37	Tb -38	28.66	26.48	19.81	160 mm	0.02	0.43	11	1.386	1.3	0.013
Tb-38	Tb -39	26.48	25.36	23.37	160 mm	0.04	0.42	4.8	1.003	2.1	0.013
Tb-39	Tb -40	25.36	23.56	53.63	160 mm	0.07	0.42	3.35	1.01	3	0.013
Tb-40	Tb -42	23.56	26.6	51.75	160 mm	0.08	0.44	3.15	1.011	3.2	0.013
Tb-41	Tb -42	26.6	21.94	23.29	160 mm	0.01	0.48	20.01	1.574	0.8	0.013
Tb-42	Tb -43	21.94	19.15	58.65	160 mm	0.09	0.54	4.75	1.482	3.2	0.013
Tb-43	Tb -44	19.15	18.71	52.15	160 mm	0.79	0.55	0.85	1.047	13.1	0.013
Tb-44	Tb -45	18.71	18.39	39.1	160 mm	0.82	0.55	0.8	1.015	13.5	0.013

CALCULO HIDRÁULICO DE REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO REALES SEGÚN PROGRAMA SEWERCAD
.69-33-+*

Tb -45	Tb -46	18.39	18.08	39.11	160 mm	0.88	0.56	0.8	1.044	13.9	0.013
Tb -46	Tb -47	18.08	17.77	41.77	160 mm	0.92	0.55	0.75	1.021	14.6	0.013
Tb -47	Tb -49	17.77	24.22	7.85	160 mm	0.94	0.56	0.75	1.029	14.7	0.013
Tb -48	Tb -49	24.22	17.71	35.24	160 mm	0.03	0.57	18.48	2.558	1.4	0.013
Tb -49	Tb -51	17.71	24.16	13.02	160 mm	0.97	0.56	0.75	1.041	14.9	0.013
Tb -50	Tb -51	24.16	17.61	58.97	160 mm	0.05	0.58	11.1	2.105	1.9	0.013
Tb -51	Tb -59	17.61	27.7	30.9	160 mm	1.02	0.56	0.7	1.009	15.5	0.013
Tb -52	Tb -53	27.7	25.92	40.87	160 mm	0.05	0.42	4.35	1.008	2.3	0.013
Tb -53	Tb -54	25.92	24.44	56.04	160 mm	0.1	0.44	2.65	1	3.8	0.013
Tb -54	Tb -55	24.44	23.33	48.21	160 mm	0.13	0.46	2.3	1.01	4.5	0.013
Tb -55	Tb -56	23.33	22.2	49.97	160 mm	0.14	0.46	2.25	1.002	4.5	0.013
Tb -56	Tb -57	22.2	20.93	58.03	160 mm	0.14	0.45	2.2	1.013	4.7	0.013
Tb -57	Tb -58	20.93	19.69	56.46	160 mm	0.14	0.45	2.2	1.013	4.7	0.013
Tb -58	Tb -59	19.69	17.4	36.25	160 mm	0.18	0.7	6.32	2.548	4.1	0.013
Tb -59	Tb -60	17.4	17.18	32.36	160 mm	1.23	0.57	0.65	1.035	17.3	0.013
Tb -60	Tb -61	17.18	16.97	32.36	160 mm	1.27	0.58	0.65	1.048	17.5	0.013
Tb -61	Tb -62	16.97	16.72	39.02	160 mm	1.3	0.58	0.65	1.062	17.8	0.013
Tb -62	Tb -63	16.72	16.44	47.23	160 mm	1.36	0.58	0.6	1.015	18.5	0.013
Tb -63	Tb -64	16.44	16.16	46.33	160 mm	1.42	0.58	0.6	1.035	18.9	0.013
Tb -64	Tb -65	16.16	16.01	24.23	160 mm	1.42	0.58	0.6	1.035	18.9	0.013
Tb -65	Tb -66	16.01	15.9	19.56	160 mm	1.42	0.58	0.6	1.035	18.9	0.013
Tb -66	Tb -67	15.9	15.59	50.76	160 mm	1.48	0.59	0.6	1.052	19.2	0.013
Tb -67	Tb -68	15.59	15.42	29.02	160 mm	1.49	0.59	0.6	1.059	19.4	0.013
Tb -68	Tb -69	15.42	15.33	14.15	160 mm	1.49	0.59	0.6	1.06	19.4	0.013
Tb -69	Tb -106	15.33	26.97	12.74	160 mm	1.49	2.04	19.88	16.195	8.3	0.013
Tb -70	Tb -71	26.97	25.72	21.29	160 mm	0.03	0.4	5.89	1.005	1.7	0.013
Tb -71	Tb -74	25.72	26.16	34.71	160 mm	0.07	0.51	5.92	1.499	2.6	0.013

CALCULO HIDRÁULICO DE REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO REALES SEGÚN PROGRAMA SEWERCAD
.69-33-+*

Tb -72	Tb -73	26.16	25.2	13.49	160 mm	0.02	0.36	7.13	1.001	1.4	0.013
Tb -73	Tb -74	25.2	23.67	26.69	160 mm	0.03	0.4	5.74	1.002	1.8	0.013
Tb -74	Tb -75	23.67	23.17	17.71	160 mm	0.1	0.44	2.8	1.006	3.6	0.013
Tb -75	Tb -76	23.17	22.36	33.15	160 mm	0.12	0.46	2.45	1.015	4.2	0.013
Tb -76	Tb -77	22.36	21.7	31.45	160 mm	0.15	0.45	2.1	1.007	4.9	0.013
Tb -77	Tb -78	21.7	20.7	57.24	160 mm	0.22	0.48	1.75	1.022	6	0.013
Tb -78	Tb -80	20.7	26.43	50.22	160 mm	0.25	0.48	1.6	1.011	6.5	0.013
Tb -80	Tb -79	26.43	19.89	27.03	160 mm	0	0.47	24.19	0.495	0.2	0.013
Tb -80	Tb -81	19.89	19.13	52.83	160 mm	0.29	0.49	1.45	1.01	7.2	0.013
Tb -81	Tb -82	19.13	18.58	38.96	160 mm	0.31	0.49	1.4	1.012	7.5	0.013
Tb -82	Tb -83	18.58	18.05	39.11	160 mm	0.35	0.51	1.35	1.029	7.9	0.013
Tb -83	Tb -92	18.05	25	39.74	160 mm	0.38	0.85	5.64	3.247	5.9	0.013
Tb -84	Tb -85	25	23.51	14.38	160 mm	0.01	0.33	10.34	1	1	0.013
Tb -85	Tb -86	23.51	21.3	22.42	160 mm	0.01	0.34	9.85	1.002	1	0.013
Tb -86	Tb -87	21.3	18.45	31.29	160 mm	0.01	0.34	9.11	1.001	1.1	0.013
Tb -87	Tb -89	18.45	24.22	29.07	160 mm	0.01	0.35	8.67	1.004	1.2	0.013
Tb -88	Tb -89	24.22	15.93	38.19	160 mm	0.01	0.5	21.7	1.737	0.8	0.013
Tb -89	Tb -91	15.93	23.22	34.57	160 mm	0.04	0.34	2.49	0.644	2.6	0.013
Tb -90	Tb -91	23.22	15.07	43.22	160 mm	0.01	0.49	18.86	1.549	0.8	0.013
Tb -91	Tb -92	15.07	15.81	35.66	160 mm	0.06	0	-2.08	-7.841	(N/A)	0.013
Tb -92	Tb -93	15.81	15.48	29.08	160 mm	0.45	0.52	1.15	1.024	9.3	0.013
Tb -93	Tb -97	15.48	25.42	29.57	160 mm	0.46	0.45	0.76	0.756	10.4	0.013
Tb -94	Tb -95	25.42	23.58	31.71	160 mm	0.03	0.4	5.8	1.002	1.7	0.013
Tb -95	Tb -96	23.58	22.66	23.96	160 mm	0.06	0.42	3.85	1.006	2.6	0.013
Tb -96	Tb -97	22.66	15.25	17.39	160 mm	0.06	1.05	42.6	6.754	1.5	0.013
Tb -97	Tb -98	15.25	14.95	30.26	160 mm	0.54	0.52	1	1.001	10.5	0.013
Tb -98	Tb -99	14.95	14.6	34.63	160 mm	0.56	0.53	1	1.017	10.7	0.013

CALCULO HIDRÁULICO DE REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO REALES SEGÚN PROGRAMA SEWERCAD .69-33-+*											
Tb-99	Tb -101	14.6	21.86	36.41	160 mm	0.58	0.53	1	1.033	10.8	0.013
Tb -100	Tb -101	21.86	14.24	24.23	160 mm	0.04	0.76	31.46	4.443	1.3	0.013
Tb -101	Tb -102	14.24	13.89	36.91	160 mm	0.65	0.54	0.95	1.042	11.6	0.013
Tb -102	Tb -103	13.89	13.57	35.79	160 mm	0.69	0.54	0.9	1.029	12.1	0.013
Tb -103	Tb -104	13.57	13.12	52.48	160 mm	0.76	0.55	0.85	1.026	12.8	0.013
Tb -104	Tb -105	13.12	12.87	29.47	160 mm	0.79	0.55	0.85	1.043	13	0.013
Tb -105	Tb -106	12.87	12.8	8.06	160 mm	0.79	0.55	0.86	1.043	13	0.013
Tb -106	Tb -107	12.8	12.74	10.58	160 mm	2.77	0.67	0.6	1.272	23.9	0.013
Tb -107	Tb -108	12.74	12.57	28.57	160 mm	2.78	0.67	0.6	1.273	23.9	0.013
Tb -108	Tb -109	12.57	12.22	57.52	160 mm	2.78	0.67	0.6	1.273	23.9	0.013
Tb -109	Tb -110	12.22	11.89	54.34	160 mm	2.78	0.67	0.6	1.274	23.9	0.013
Tb -110	Tb -111	11.89	11.56	56.15	160 mm	2.78	0.67	0.6	1.275	23.9	0.013
Tb -111	Tb -112	11.56	11.28	46.22	160 mm	2.79	0.67	0.6	1.275	23.9	0.013
Tb -112	Tb -113	11.28	11.07	34.61	160 mm	2.79	0.67	0.6	1.276	23.9	0.013
Tb -113	Tb -114	11.07	10.83	39.58	160 mm	2.79	0.67	0.6	1.276	23.9	0.013
Tb -114	Tb -115	10.83	10.6	38.68	160 mm	2.79	0.67	0.6	1.276	24	0.013
Tb -115	Tb -116	10.6	10.51	15.35	160 mm	2.79	0.67	0.6	1.277	24	0.013
Tb -116	Tb -117	10.51	10.45	10.07	160 mm	2.79	0.67	0.6	1.277	24	0.013
Tb -117	Tb -118	10.45	10.37	13.95	160 mm	2.79	0.67	0.6	1.277	24	0.013
Tb -118	PTAR-1	10.37	10.30	10.4	160 mm	2.79	0.67	0.6	1.277	24	0.013

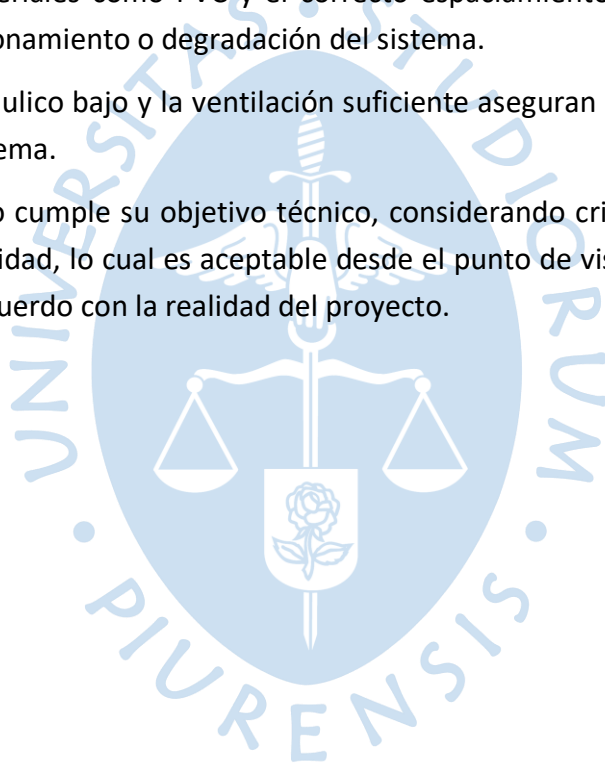
Nota. Elaboración propia.

c) Análisis de datos

A pesar de que el análisis técnico revela que algunos parámetros individuales no cumplen exactamente los valores mínimos establecidos por la norma, el diseño completo del sistema de alcantarillado sanitario es funcional, técnicamente válido y adaptado a la realidad del caserío La Peña:

- El diseño se adapta correctamente a la baja densidad poblacional, considerando longitudes de tramo cortas, caudales bajos y pendientes estratégicamente seleccionadas.
- Las pendientes utilizadas compensan caudales y velocidades, favoreciendo el cumplimiento de condiciones de autolimpieza en casi toda la red.
- El uso de materiales como PVC y el correcto espaciamiento de buzones minimizan riesgos de taponamiento o degradación del sistema.
- El tirante hidráulico bajo y la ventilación suficiente aseguran una operación estable y segura del sistema.

En resumen, el diseño cumple su objetivo técnico, considerando criterios de funcionalidad, operación y sostenibilidad, lo cual es aceptable desde el punto de vista del diseño rural o de pequeña escala, de acuerdo con la realidad del proyecto.



Capítulo 4

Planta de tratamiento de aguas residuales caserío la Peña

4.1 Planteamiento de la planta de tratamiento

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) diseñada para el ámbito rural, específicamente planteada para el proyecto del caserío de la Peña, del distrito de San Jacinto corresponde a un Tanque Imhoff. Se eligió esta opción de tratamiento para esta localidad debido a su simplicidad operativa, bajo costo de mantenimiento y capacidad de tratar eficientemente las aguas residuales domésticas, adaptándose a las condiciones rurales donde los recursos y el personal capacitado pueden ser limitados.

El Tanque Imhoff es un sistema de tratamiento primario que se utiliza para eliminar los sólidos suspendidos del agua residual, porque combina en una sola estructura dos procesos claves: la sedimentación del agua y la digestión de los lodos acumulados. Esta es una opción eficiente para comunidades pequeñas, que van de 500 hasta 5000 habitantes, si se tiene menos de 500 o más de 5000 habitantes no se puede usar este sistema, dado a que en el caserío de la Peña se ha estimado una población futura de 1209 habitantes, entonces si cumple por lo tanto el diseño del sistema es viable para esta localidad.

La elección de este diseño para la PTAR en el caserío la Peña, del distrito de San Jacinto. responde a la necesidad de implementar una solución económica, eficiente y fácil de operación. El uso del Tanque Imhoff, junto con procesos biológicos y de desinfección básicos, permite manejar de manera adecuada las aguas residuales de la comunidad sin requerir tecnología sofisticada o una gran inversión en mantenimiento. Además, el manejo simple de lodos a través de lechos de secado contribuye a la reducción de costos y facilita el tratamiento en áreas rurales.

Este planteamiento refleja un enfoque integral y modular, lo que permite que se puedan realizar mejoras, modificaciones o ampliaciones en caso de que la demanda de tratamiento aumente en el futuro.

Con la instalación de esta planta de tratamiento (tanque Imhoff) se contribuye a la protección ambiental, la salud pública y el desarrollo sostenible convirtiéndose en una opción versátil y adaptable a las necesidades específicas de la comunidad.

4.2 Tratamiento Preliminar

De acuerdo con la normativa vigente, es obligatorio implementar obras de tratamiento preliminar en los sistemas de saneamiento, esto con la finalidad de remover los residuos presentes en las aguas residuales y evitar que afecten los procesos posteriores de tratamiento. Entre las principales estructuras tenemos: Cámara de rejas, desarenadores, Medidor de caudal tipo Parshall.

PROYECTO:
"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN EL CASERÍO LA PEÑA, DISTRITO DE SAN JACINTO TUMBES"

ENTIDAD: LOCALIDAD:LA PEÑA DISTRITO:SAN JACINTO TESIS PROVINCIA:TUMBES REGIÓN:TUMBES
 UBICACIÓN: LOCALIDAD:LA PEÑA DISTRITO:SAN JACINTO TESIS PROVINCIA:TUMBES REGIÓN:TUMBES
 MODALIDAD DE EJECUCIÓN: 0
 FECHA DE ELABORACIÓN: AÑO-2024
 DISEÑADO POR: R.A.P.C

CÁLCULO DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE "LOCALIDAD:LA PEÑA"

1 - DATOS DEL DISEÑO				
DESCRIPCIÓN	DATO	CANT	UND	FUENTE
Tasa de crecimiento	r:	1.87	%	INEI-2017
Densidad poblacional	D:	3.91	hab/viv	INEI-2017
Nº de viviendas	viv :	225	viv	Padrón
Nº de Inst. Estatales	viv :	4	viv	Padrón
Nº de Inst. Sociales	viv :	1	viv	Padrón
Nº de Inst. Comerciales	viv :	0	viv	Padrón
Nº de UBS	Nº:	0	viv	Plano

2 - PARAMETROS DE DISEÑO				
DESCRIPCIÓN	DATO	CANT	UND	FUENTE
Dotación	Dot:	90	l/hab.d	RM - 192 - 2018 - VIVIENDA
Coefficiente de Qmd	K1:	1.30	*	RM - 192 - 2018 - VIVIENDA
Coefficiente de Qmh	K2:	2.50	*	RM - 192 - 2018 - VIVIENDA
% contribución desagüe	C:	0.80	%	RNE OS. 070
Tasa infiltración	Ti:	0.05	l/s.Km	RNE OS. 070

3 - CRITERIO TÉCNICO			
DESCRIPCIÓN	DATO	CANT	FUENTE
% De cobertura de alcantarillado	Cobert.	0.00%	Padrón de usuarios

AÑO	POBLACION "METODO ARITMETICO"	COBERTURA (%)		POBLACION SERVIDA (hab)	CONX. DOMESTICA	CONEX. SOCIAL			DOMESTICO Qdom. (l/s)	QPscd C 0.80	QMhscd K 2.5	NO DOMESTICO (Qscnd)			QMHscd (l/s)	QSC (l/s)	Qinf. (l/s)		QDiseño (l/s)
		CONEX	OTROS MEDIOS			CONEX. ESTATAL Re: 0.00%	CONEX. SOCIAL Rs: 0.00%	CONEX. COMERCIAL Re: 0.00%				Qest. (l/s)	Qsoc. (l/s)	Qcom. (l/s)			L(km): 4.05	Ti: 0.05 l/s.km	
		Base (*)	880			0.00%	100.00%	0				225	4	1			0	0.92	
2025	0	880	0.00%	100.00%	0	225	4	1	0	0.92	0.73	1.83	0.073	0.004	0.000	0.077	1.91	0.20	2.11
2026	1	896	100.00%	0.00%	896	229	4	1	0	0.93	0.75	1.87	0.073	0.004	0.000	0.077	1.94	0.20	2.15
2027	2	913	100.00%	0.00%	913	233	4	1	0	0.95	0.76	1.90	0.073	0.004	0.000	0.077	1.98	0.20	2.18
2028	3	929	100.00%	0.00%	929	238	4	1	0	0.97	0.77	1.94	0.073	0.004	0.000	0.077	2.01	0.20	2.22
2029	4	946	100.00%	0.00%	946	242	4	1	0	0.99	0.79	1.97	0.073	0.004	0.000	0.077	2.05	0.20	2.25
2030	5	962	100.00%	0.00%	962	246	4	1	0	1.00	0.80	2.00	0.073	0.004	0.000	0.077	2.08	0.20	2.28
2031	6	979	100.00%	0.00%	979	250	4	1	0	1.02	0.82	2.04	0.073	0.004	0.000	0.077	2.12	0.20	2.32
2032	7	995	100.00%	0.00%	995	254	4	1	0	1.04	0.83	2.07	0.073	0.004	0.000	0.077	2.15	0.20	2.35
2033	8	1012	100.00%	0.00%	1012	259	4	1	0	1.05	0.84	2.11	0.073	0.004	0.000	0.077	2.18	0.20	2.39
2034	9	1028	100.00%	0.00%	1028	263	4	1	0	1.07	0.86	2.14	0.073	0.004	0.000	0.077	2.22	0.20	2.42
2035	10	1045	100.00%	0.00%	1045	267	4	1	0	1.09	0.87	2.18	0.073	0.004	0.000	0.077	2.25	0.20	2.46
2036	11	1061	100.00%	0.00%	1061	271	4	1	0	1.11	0.88	2.21	0.073	0.004	0.000	0.077	2.29	0.20	2.49
2037	12	1077	100.00%	0.00%	1077	275	4	1	0	1.12	0.90	2.24	0.073	0.004	0.000	0.077	2.32	0.20	2.52
2038	13	1094	100.00%	0.00%	1094	280	4	1	0	1.14	0.91	2.28	0.073	0.004	0.000	0.077	2.36	0.20	2.56
2039	14	1110	100.00%	0.00%	1110	284	4	1	0	1.16	0.93	2.31	0.073	0.004	0.000	0.077	2.39	0.20	2.59
2040	15	1127	100.00%	0.00%	1127	288	4	1	0	1.17	0.94	2.35	0.073	0.004	0.000	0.077	2.42	0.20	2.63
2041	16	1143	100.00%	0.00%	1143	292	4	1	0	1.19	0.95	2.38	0.073	0.004	0.000	0.077	2.46	0.20	2.66
2042	17	1160	100.00%	0.00%	1160	297	4	1	0	1.21	0.97	2.42	0.073	0.004	0.000	0.077	2.49	0.20	2.70
2043	18	1176	100.00%	0.00%	1176	301	4	1	0	1.23	0.98	2.45	0.073	0.004	0.000	0.077	2.53	0.20	2.73
2044	19	1193	100.00%	0.00%	1193	305	4	1	0	1.24	0.99	2.48	0.073	0.004	0.000	0.077	2.56	0.20	2.76
2045	20	1209	100.00%	0.00%	1209	309	4	1	0	1.26	1.01	2.52	0.073	0.004	0.000	0.077	2.60	0.20	2.80

(*) Año de referencia de Estudios

4.3.4. Para la determinación de caudales de las descargas se efectuarán como mínimo cinco campañas adicionales de medición horaria durante las 24 horas del día y en días que se consideren representativos. Con esos datos se procederá a determinar los caudales promedio y máximo horario representativos de cada descarga. Los caudales se relacionarán con la población contribuyente actual de cada descarga para determinar los correspondientes aportes per cápita de agua residual. En caso de existir descargas industriales dentro del sistema de alcantarillado, se calcularán los caudales domésticos e industriales por separado. De ser posible se efectuarán mediciones para determinar la cantidad de agua de infiltración al sistema de alcantarillado y el aporte de conexiones ilícitas de drenaje pluvial. En sistemas de alcantarillado de tipo combinado, deberá estudiarse el aporte pluvial.

4.3.5. En caso de sistemas nuevos se determinará el caudal medio de diseño tomando como base la población servida, las dotaciones de agua para consumo humano y los factores de contribución contenidos en la norma de redes de alcantarillado, considerándose además los caudales de infiltración y aportes industriales.

PARA PROYECTOS NUEVOS DE "PTAR"

Qmax diseño :	QMHscd + QMHscnd + Qinf	2.80	l/s
Qp diseño :	QPscd + QMHscnd + Qinf	1.29	l/s
Qmin diseño :	Qminscd + QMHscnd + Qinf	0.78	l/s

PARA EL DISEÑO DE PTAR SEGÚN RNE OS.090

ALC. RED

4.2.1 Parámetros de diseño

Tabla 28

Parámetros de diseño de la Planta de tratamiento caserío La Peña.

Descripción	Cantidad	Unidad
Población actual	880	hab
Tasa de crecimiento	1.87	%
Periodo de diseño	20	años
Población futura	1209	hab
Dotación	90	lt/hab/día
Caudal de diseño	2.79	l/s

Nota: Elaboración propia.

4.2.2 Diseño de la cámara de rejillas

Se encarga de retener los sólidos grandes como plásticos, papeles y objetos que puedan dañar el equipo aguas abajo o interferir en el proceso de tratamiento. Esta etapa es fundamental para proteger el resto de la infraestructura de la PTAR, para el diseño hidráulico de una reja para canal abierto con caudal $Q = 2.79$ L/s, $B = 0.30$ m, $D = 0.20$ m, y velocidad entre rejillas adoptada $V = 0.60$ m/s.

4.2.2.1 Dimensionamiento de la Cámara de Rejas.

1. Área útil entre rejillas (A_u)

$$A_u = \frac{Q}{V} = \frac{2.79/1000}{0.60} = 0.00465m^2$$

Se usa el caudal convertido a m^3/s . Esta es el área libre útil que deja pasar el flujo entre las barras.

1. Eficiencia (E)

$$E = \frac{e}{e + a} = \frac{0.025}{0.01 + 0.025} = 0.7143$$

De acuerdo con criterios y guías sanitarias, para rejillas gruesas (espesor 1 cm)

Espesor de barras (a) y Espaciamiento (e)

- MINSA (2014): recomienda espesores de **1 cm** para canales de aguas residuales con caudales menores a 10 L/s.
- En canales pequeños con bajos caudales, se recomienda **2.5 cm** para evitar obstrucciones y facilitar el mantenimiento.

2. Área total aguas arriba (A)

$$A = \frac{Au}{E} = \frac{0.00465}{0.7143} = 0.0065m^2$$

3. Tirante aguas arriba (Y)

$$Y = \frac{A}{B} = \frac{0.0065}{0.30} = 0.0217m$$

4. Radio hidráulico aguas arriba (Rh)

$$P = B + 2Y = 0.30 + 2(0.0217) = 0.3434$$

$$Rh = \frac{A}{P} = \frac{0.0065}{0.3434} = 0.0189m$$

5. Velocidad de aproximación (Vo)

$$Vo = \frac{Q}{A} = \frac{0.00279}{0.0065} = 0.4292 \text{ m/s}$$

6. Número de barras (n)

$$n = \left[\frac{B}{e + a} - 1 \right] = \left[\frac{0.30}{0.025 + 0.01} - 1 \right] = 8 \text{ barras}$$

7. Pendiente del canal (s)

$$S = 1\% = 0.01 \text{ (Adoptada para canal sanitario)}$$

8. Pérdida de carga en rejillas (Hfr)

$$Hfr = \left[\frac{v^2 - vo^2}{2g} \right] = \left[\frac{0.60^2 - 0.4292^2}{2 * 9.81} \right] = 0.009m$$

El valor es positivo, lo que indica que la velocidad de aproximación es mayor que la velocidad entre rejillas, situación ideal.

9. Tirante mínimo (Ymin) = Y

$$Ymin = 0.0217m$$

10. Sección mínima (Amin) = A

$$Amin = 0.0065m^2$$

11. Dimensiones del Bypass

Largo L=0.6 m

Ancho H=0.2 m

$$Ab = L * H = 0.60 * 0.20 = 0.12m^2$$

$$Rhb = \frac{Ab}{L + 2H} = \frac{0.12}{0.6 + 0.4} = 0.12m$$

12. Longitud de transición (Lt)

$$Lt = \frac{B - D}{2 * \tan (12^{\circ}30')} = \frac{0.30 - 0.20}{2 * \tan (12.5^{\circ})} = 0.2255m$$

13. Pendiente del emisor (Se)

$$Se = 0.01 \text{ (criterio aprobado)}$$

14. Pérdida de carga en transición (Hft)

$$Hft = 0.42 * \frac{v_o^2}{2g} = 0.42 * \frac{0.4292^2}{2 * 9.81} = 0.0038m$$

15. Desnivel total (Z)

$$z = Hfr + Hft = 0.009 + 0.0038 = 0.0128 m$$

16. Vertedero de salida

$$Lv = B = 0.30m \quad Hv = Y = 0.0217m$$

4.2.2.2 Resumen de los cálculos para el diseño de la cámara de rejas

Tabla 29

Diseño de la cámara de rejas

Descripción	Cantidad	Unidad
Velocidad entre rejas (V)	0.6	m/s
Área útil (Au)	0.00465	m ²
Espaciamiento (e)	0.025	m
Espesor de barras (a)	0.01	m
Eficiencia (E)	0.7143	
Área total aguas arriba (A)	0.0065	m ²
Base aguas arriba (B)	0.3	m
Tirante aguas arriba (Y)	0.0217	m
Radio hidráulico (Rh)	0.0189	m
Velocidad de aproximación (Vo)	0.4292	m/s
Numero de barras (n)	8	und
Pendiente (s)	0.01	m/m
Pérdida de carga (Hfr)	0.009	m

Tirante mínimo (Y_{min})	0.0217	m
Sección mínima (A_{min})	0.0065	m ²
Largo del bypass (L)	0.6	m
Ancho del bypass (H)	0.2	m
Radio hidráulico del bypass (R_{hb})	0.12	m
Área del bypass (A_b)	0.12	m ²
Longitud de transición (L_t)	0.2255	m
Pendiente del emisor (Se)	0.01	m/m
Perdida de carga de transición (H_{ft})	0.0038	m
Desnivel entre emisor y canal (Z)	0.0128	m
Largo del vertedero de salida (L_v)	0.3	m
Ancho del vertedero de salida (H_v)	0.0217	m

Nota. Elaboración propia.

Descripción: se procedió a diseñar la cámara de rejas, tomando como datos iniciales los datos de la Tabla 32 Parámetros de diseño. La velocidad contemplada para el diseño es de 0.60 m/s, la cual se encuentra entre 0.6 m/s y 0.75 m/s, que son los límites permisibles. Luego procedemos a calcular el área útil de paso, y para esto dividimos el caudal de diseño entre la velocidad asumida.

Para diseñar las cámaras de rejas se utilizaron Las fórmulas y explicación técnica según la normativa peruana (basado en criterios del RNE, guías del MINSA y normas AWWA).

4.2.3 Diseño del desarenador

El desarenador elimina la arena y otros sólidos pesados que pueden causar abrasión en los equipos y obstrucciones. Este proceso reduce la sedimentación en las etapas posteriores y asegura un funcionamiento eficiente del sistema.

Los parámetros del desarenador, aplicando criterios técnicos y lo dispuesto en la Norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - Perú). Tomaremos como base el caudal de diseño que ya se tiene:

- Caudal (Q): 2.79 L/s = 0.00279 m³/s
- Velocidad horizontal recomendada: máx. 0.3 m/s
- Partículas objetivo: ≥ 0.2 mm

Tabla 30
Parámetros del desarenador

Símbolo	Descripción	Valor típicamente usado
g	Aceleración de gravedad (m/s ²)	9.81
ps	Densidad del sólido (arena, kg/m ³)	2,650
ρ	Densidad del agua (kg/m ³)	1,000
d	Diámetro de partícula (m)	0.0002 m (según OS.090)
μ	Viscosidad dinámica del agua (Pa·s)	0.001002 a 20 °C

Nota. Elaboración propia.

1. Velocidad de sedimentación (Vs)

Fórmula de la Ley de Stokes:

$$V_s = \frac{(g * (ps - \rho) * d^2)}{18 * \mu} = \frac{9.81 * (2650 - 1000) * 0.0002^2}{18 * 0.001002} = 0.0359 \text{ m/s}$$

- La velocidad de sedimentación para partículas de 0.2 mm es de 0.0359 m/s.
- Este valor será usado como la velocidad vertical límite en el diseño del desarenador.
- Se busca que el flujo horizontal sea lo suficientemente lento para que las partículas caigan al fondo antes de salir del sistema.

Norma Técnica OS.090: Recolección y evacuación de aguas residuales – RNE (Perú) Establece que el desarenador debe estar diseñado para remover partículas de 0.2 mm o mayores.

2. Velocidad horizontal del flujo (Vh)

Se recomienda que la velocidad horizontal no supere los 0.3 m/s para no re-suspender partículas.

Usamos entonces:

$$V_h = 0.30 \text{ m/s}$$

3. Área de sección transversal (A)

$$A = \frac{Q}{V_h} = \frac{0.00279 \text{ m}^3/\text{s}}{0.30 \text{ m/s}} = 0.0093 \text{ m}^2$$

4. Dimensiones del canal (ancho y tirante)

Tomamos una relación **ancha/profundidad = 2:1** (forma rectangular)

$$b = 2y$$

$$A = b * y = 2y * y = 2y^2 = y = \sqrt{\frac{A}{2}} = \sqrt{\frac{0.0093}{2}} = 0.068 \text{ m}$$

$$b = 2(0.068) = 0.14\text{m}$$

Redondear a valores constructivos: (b = 0.15 m, y = 0.075 m)

$$b = 0.15\text{m} \quad y = 0.075\text{m}$$

5. Ancho del desarenador (B)

Relación **B = 2Y**

$$B = 2 * 0.075 = 0.15\text{m}$$

$$B = 0.20\text{m}$$

Puedes redondear a 0.20 m si deseas facilitar la construcción (es recomendable para limpieza manual).

6. Longitud del desarenador (L)

$$L = Vh * \frac{Y}{Vd} = 0.30 * \frac{0.075\text{m}}{0.0359} = 0.62\text{m}$$

Pero para un diseño práctico y funcional, se recomienda que L sea mínimo 1.5 m. Se redondea a:

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

7. Altura de la grada de control (S)

Se asume típicamente entre 0.01 – 0.02 m para garantizar salto hidráulico y evitar remanso.

$$S = 0.015\text{m}$$

(valor asumido de diseño)

8. Tirante aguas arriba de la canaleta (H)

Es el tirante antes de que el flujo entre a la canaleta vertedora (canaleta rectangular).

Este tirante puede ser asumido o calculado como:

$$H = Y - S$$

Donde:

- Y = tirante del desarenador
- S = altura de la grada de control

$$H = 0.075 - 0.015 = 0.060m$$

9. Ancho de la garganta (W)

La garganta es la parte más angosta antes de pasar al canal de descarga. Se calcula para que no genere obstrucciones ni aumente la velocidad más allá de lo permitido.

El uso de un ancho de garganta de 9 pulgadas (0.2286 m) en el desarenador es hidráulicamente correcto, constructivamente viable y está respaldado por la normativa OS.090, garantizando la eficiencia del proceso sin comprometer la operatividad ni la remoción adecuada de partículas sedimentables.

4.2.3.1 Resumen de los cálculos del diseño del desarenador.

Tabla 31
Diseño del desarenador

Descripción	Cantidad	Unidad
Ancho de garganta (W)	9	plg
Tirante aguas arriba de canaleta (H)	0.06	m
Altura de grada de control (S)	0.015	m
Tirante de agua desarenador (Y)	0.075	m
Longitud de desarenador (L)	2.0	m
Ancho de desarenador(B)	0.20	m

Nota. Elaboración propia.

Descripción: Siguiendo los criterios de diseño, se emplea la fórmula del caudal para determinar las dimensiones del canal y calcular el ancho de garganta del desarenador.

Posteriormente, se establece la pendiente máxima, la cual se obtiene dividiendo el producto de los caudales máximos y mínimos con sus respectivas alturas entre la diferencia de los caudales límite. Es importante considerar que, en el diseño hidráulico, a un caudal máximo siempre le corresponderá una altura mínima, garantizando así un flujo eficiente dentro del desarenador.

4.2.4 Medidor de caudal

Permite registrar el caudal de aguas residuales que ingresa a la planta, lo que ayuda a monitorear la carga de entrada. Esta información es clave para ajustar el proceso de tratamiento de acuerdo con la demanda.

Finalidad del Medidor de Caudal

- Controlar la variación horaria del caudal.
- Ajustar procesos en la planta de tratamiento.
- Detectar caudales pico y caudales mínimos.
- Realizar balances hídricos.

El tipo más común es un canal Parshall o vertedero. En este caso, lo simplificaremos como una tolva o canal trapezoidal (como en plantas pequeñas o rurales).

4.2.4.1 Datos de entrada

- Caudal Q: 2.79 L/s = 0.00279 m³/s
- Ancho del canal / desarenador (B): 0.15 – 0.20 m (usamos 0.20 m por estabilidad)
- Tirante del flujo (Y): 0.075 m
- Velocidad media: entre 0.3 m/s y 0.6 m/s en canal de medición

4.2.4.2 Longitud del medidor (L)

- Se asume igual a la longitud del desarenador si no hay una sección exclusiva de medición.
- Confirmado: 2.00 m (dato proporcionado).

4.2.4.3 Ancho del medidor (B)

- Se asume igual al ancho del canal o desarenador si se trata de una medición integrada.
- Confirmado: 0.20 m (dato proporcionado).

4.2.4.4 Área de la tolva (A)

$$A = B * Y = 0.20 * 0.075 = 0.015m^2$$

4.2.4.5 Volumen de la tolva (Vol.)

$$Vol = A \times L = 0.015m^2 \times 2.00m = 0.03m^3$$

4.2.4.6 Resumen de los cálculos del diseño del medidor de caudal

Tabla 32

Diseño del medidor de caudal

Descripción	Cantidad	Unidad
Longitud (L)	2	m
Ancho del medidor (B)	0.2	m
Área de la tolva (A)	0.015	m ²
volumen de la tolva (Vol.)	0.03	m ³

Nota. Elaboración propia.

Descripción: El dispositivo de medición de flujo en forma de un canal abierto tiene una longitud total de 2.00m con un volumen de 0.03 m³

4.3 Tratamiento Primario

Es el proceso mediante el cual se eliminan los sólidos orgánicos e inorgánicos en suspensión mediante métodos fisicoquímicos, como la sedimentación, con el objetivo de reducir la carga orgánica antes del tratamiento biológico, el afluente del proceso del tratamiento primario tiene una gran cuantía de materia orgánica y una DBO muy elevado.

Entre los sistemas de tratamiento primario más utilizados se encuentra el: Tanque Imhoff, tanque de sedimentación y el tanque de flotación.

4.3.1 Tanque IMHOFF (Parámetros de diseño)

Este es un tanque combinado que realiza la sedimentación de los sólidos suspendidos y la digestión anaerobia de los lodos sedimentados. Los sólidos se asientan en el fondo del tanque y son descompuestos de manera controlada en ausencia de oxígeno, reduciendo la cantidad de lodo y estabilizándolo para su posterior manejo. Consta de tres partes: Cámara de sedimentación, Cámara de digestión de lodos y área de ventilación y acumulación de natas.

Para el determinar el tamaño adecuado del tanque IMHOFF, se usaron los criterios establecidos en la de la Norma OS 090 "Planta de Tratamiento de Aguas Residuales" del Reglamento Nacional de Construcción. Además, se usó la OPS 2005 "Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques IMHOFF y lagunas de estabilización"

Tabla 33

Parámetros de diseño del Tanque IMHOFF como Planta de tratamiento para el caserío La Peña.

Item	Parámetros de diseño	Valores	Unidades	Valores de guía
1	Población actual	880	háb	
2	Tasa de crecimiento	1.87	(%)	
3	Período de diseño	20	años	
4	Población future	1209,00	háb	
5	Dotación de agua	90	L/(háb*día)	
6	Factor retorno	0,80		
7	Altitud promedio	39	msnm	
8	Temperatura mes mas frío	25	°C	
9	Carga superficial	1	m ³ /(m ² *hora)	1m ³ /(m ² *hora).
10	Período de retención	2	hora	(1,5 a 2,5)
11	Borde libre	0.3	m	>0,30
12	Relación L/B (teórico)	4.0	m	> a 3
13	Espaciamiento libre pared digestor al sedimentador	1.5	m	>1.0 mínimo
14	Angulo de fondo sedimentador	60°		(50° - 60°)
15	Distancia fondo sedimentador altura máxima de lodos(zona neutra)	0.5	m	05
16	Factor de capacidad relative	0.5		>25 °C mes mas frio
17	Espesor muros sedimentador	0.20	m	
18	Inclinación tolva en digestor	30°		(15° - 30°)
19	Altura de los lodos en digestor	2.50	m	Min 2.20
20	Requerimiento lecho de secado	0,10	m ² /hab.	

Nota. Elaboración propia

4.3.2 Dimensionamiento del Tanque IMHOFF

4.3.2.1 Diseño del sedimentador

Cálculo del caudal de diseño (m³/día)

$$Qp = \frac{\text{Población} * \text{dotación}}{1000} * \% \text{ de contribución}$$

$$Qp = \frac{1209 * 90}{1000} * 0.8$$

$$Qp = 87.04 \text{ m}^3/\text{día} = 3.63\text{m}^3/\text{hora}$$

Instituciones estatales

$$Qalcant = 0.073 \text{ L/S}$$

$$=0.2628\text{m}^3/\text{hora}$$

Instituciones sociales

$$Qmh = 0.004 \text{ L/S}$$

$$=0.0144\text{m}^3/\text{hora}$$

$$Qp = 3.63\text{m}^3/\text{hora} + 0.2628\text{m}^3/\text{hora} + 0.0144\text{m}^3/\text{hora} = 3.9072\text{m}^3/\text{hora}$$

$$=93.77\text{m}^3/\text{día}$$

4.3.2.2 Área del sedimentador, (As, en m²).

$$As = \frac{Qp}{Cs}$$

Dónde:

Qp = Caudal de diseño

As = Área del sedimentador m²

Cs = Carga superficial, igual a 1 m³/(m²/h) → OS 090

$$As = \frac{3.9072 \text{ m}^3/\text{hora}}{1 \text{ m}^3/(\text{m}^2/\text{h})}$$

$$As = 3.9072\text{m}^2$$

4.3.2.3 Volumen del sedimentador (Vs, en m³)

$$Vs = Qp * R$$

Dónde:

Qp = Caudal de diseño m³/h

R = Tiempo de retención hidráulica (h)

Según la norma 0.90 el tiempo o periodo de retención hidráulico es de 1,5 a 2,5 horas. Para el presente estudio asumiré 2 horas como periodo de retención hidráulica.

$$Vs = 3.9072 \text{ m}^3/\text{h} * 2\text{h}$$

$$Vs = 7.81 \text{ m}^3$$

4.3.2.4 Dimensiones del sedimentador

De acuerdo a la norma 0.90 la relación larga (L) y ancho (B) es de 3 a 10 m, lo ideal es 4 metros, de esta manera, se obtiene las dimensiones del sedimentador.

$$\frac{L}{B} = 4$$

Dónde:

L = Largo del sedimentador (m)

B = Ancho del sedimentador (m)

Se despeja L (largo del sedimentador)

$$\frac{L}{B} = 4 \rightarrow L = 4 * B$$

De la fórmula del área del sedimentador se reemplaza (L).

$$As = L * B$$

$$As = (4 * B) * B$$

$$As = 4B^2$$

Posteriormente se despeja el ancho del sedimentador.

$$B = \sqrt{\frac{As}{4}}$$

$$B = \sqrt{\frac{3.9072\text{m}^2}{4}}$$

$$B = 0.97 = \text{redondeando} = 1\text{m}$$

Con los datos obtenidos se determina el largo del sedimentador.

$$L = 4 * B$$

$$L = 4 * 1$$

$$L = 4\text{m}$$

4.3.2.5 Altura del fondo del sedimentador, (m).

El fondo del tanque será de sección transversal en forma de "V" y la pendiente de los lados respecto a la horizontal tendrá según la norma OS 090 de 50° a 60°. Para el presente caso asumiré un ángulo de 60° y en borde libre según la misma norma debe ser mayor igual a 0.30 m, por lo que, en este caso se asumirá 0.30 m de BL.

$$h1 = \frac{B}{2} * \tan(60^\circ)$$

$$h1 = \frac{1}{2} * \tan(60^\circ)$$

$$h1 = 0.87m$$

4.3.2.6 Volumen de la zona de sedimentación de fondo inclinado en un tanque sedimentador tipo Imhoff o sedimentador longitudinal, (m3).

$$V1 = \frac{B * h1 * L}{2}$$

$$V1 = \frac{1m * 0.87m * 4m}{2}$$

$$V1 = 1.74m^3$$

4.3.2.7 Profundidad de la zona de sedimentación (H)

$$h2 = \frac{Vs - V1}{B * L}$$

$$h2 = \frac{7.81m^3 - 1.74m^3}{1m * 4m}$$

$$h2 = 1.52m$$

4.3.2.8 Altura total del sedimentador (Htd).

$$Hts = BL + h1 + h2$$

$$Hts = 0.30m + 0.87m + 1.52m$$

$$Hts = 2.69m$$

4.3.3 Diseño del digestor (Zona de digestión)

4.3.3.1 Volumen digerido para la digestión de lodos (Vd)

Para el comportamiento de almacenamiento y digestión de lodos (cámara inferior) se tendrá en cuenta la siguiente tabla.

Tabla 34
Volumen de comportamiento de lodos

Temperatura (°C)	Factor de capacidad relativa (Fcr)
5	2.0
10	1.4
15	1.0
20	0.7
≥25	0.5

Nota. Extraído de Norma OS 090.

Se asumirá para el presente proyecto:

Temperatura (mes más frío) ≥25 °C por lo tanto interpolando en la tabla 32 se obtiene que el factor de capacidad relativa (Fcr) es 0.5.

$$Vd = \frac{70 * P * Fcr}{1000}$$

Dónde:

Vd = Volumen requerido para la digestión de lodos (m³)

P= Población futura (háb)

Fcr= Factor de capacidad relativa

$$Vd = \frac{70 * 1209 * 0.5}{1000}$$

$$Vd = 42.32 \text{ m}^3$$

4.3.4 Dimensiones del tanque IMHOFF.

4.3.4.1 Ancho del taque imhoff, (B_{im})

B_{im} = Espacio libre del digestor al sedimentador + espesor de los muros del sedimentador+ ancho de la zona del sedimentador.

$$B_{im} = 1 + 0.2 + 1.0 + 0.2 + 1$$

$$B_{im} = 3.40 \text{ m}$$

4.3.4.2 Área superficial del tanque, Ast

$$Ast = B_{im} * L$$

$$Ast = 3.40 \text{ m} * 4 \text{ m}$$

$$Ast = 13.60 \text{ m}^2$$

4.3.4.3 Superficie total, zona o área de ventilación, Stv

$Stv =$ (Espaciamiento libre pared del digestor al sedimentador) x L.

$$Stv = (2.00) * 4 m$$

$$Stv = 8.00m^2$$

- De debe verificar si este resultado, representa más del 30% del total del área del tanque (según norma OS 090).

$$\frac{Stv}{Ast} * 100$$

Reemplazando tenemos:

$$\frac{8.00 m^2}{13.60 m^2} * 100 = 58.8\%$$

- Si cumple, representa más del 30% del área total del tanque.

4.3.4.4 Altura del fondo del digestor, m

$$\tan(30^\circ) = \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{h1}{lb/2}$$

$$h1 = \frac{\sqrt{3} * lb/2}{3}$$

$$h1 = \frac{1.73 * 3.40/2}{3}$$

$$h1 = 0.98m$$

4.3.4.5 Volumen de la cámara de digestión, m³

$$Vd = V1 + V2$$

$$V1 = h1 * L * LB/3$$

$$V1 = 0.98m * 4m * 3.40m/3$$

$$V1 = 4.44m^3$$

$$h2 = \frac{Vd - V1}{L * LB}$$

$$h2 = \frac{42.32 - 4.44}{4 * 3.40}$$

$$h2 = 2.79m$$

$$V2 = h2 * L * LB$$

$$V2 = 2.79 * 4 * 3.40$$

$$V2 = 37.94m^3$$

4.3.4.6 Altura total del digestor (Htd)

$$Htd = h1 + h2$$

$$Htd = 0.98 + 2.79$$

$$Htd = 3.77. m$$

4.3.5 Resumen de los cálculos para el diseño del tanque IMHOFF

Tabla 35

Cálculo de la zona de sedimentación

ítem	Descripción	Cantidad	Unidad
1	Números de sedimentadores	1	
2	Caudal de diseño	93.77	m3/día
3	Área requerida para el sedimentador	3.9072	m2
4	Ancho del sedimentador (B)	1.0	m
5	Largo de la Zona de sedimentación (L)	4.0	m
6	Área total del sedimentador	4.0	m2
7	Profundidad zona del sedimentador (H)	1.52	m
8	Altura del fondo del sedimentador	0.87	m
9	Altura total del sedimentador	2.69	m

Nota. Elaboración propia

Tabla 36

Cálculo de la zona de digestión.

ítem	Descripción	Cantidad	Unidad
1	Ancho del tanque imhoff (Bim)	3.40	m
2	Volumen de lodos en digestión	42.32	m3
3	Superficie total de la zona de ventilación	8.00	m2
4	Altura del fondo del digestor	0.98	m
5	Altura total del digestor	3.77	m
6	Altura total del tanque imhoff	6.86	m
7	Área de lecho de secado	20.0	m2

Nota. Elaboración propia

4.4 Tratamiento secundario

Filtro Biológico: Esta unidad se utiliza para el tratamiento biológico de las aguas residuales. El agua pasa a través de un medio filtrante (generalmente piedras o material plástico) donde se desarrollan microorganismos que degradan la materia orgánica disuelta.

Este proceso de biofiltración reduce significativamente la carga orgánica y mejora la calidad del agua tratada

4.4.1 Carga Orgánica Total (DBO diaria)

$$DBO_{total} = (Población \times Carga\ unitaria\ de\ DBO)$$

$$DBO_{total} = 1209\text{hab} \times 45 \frac{\text{gDBO}}{\text{hab}/\text{sdotpdia}} = \frac{54.41\text{gDBO}}{\text{día}} = 54.41 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma OS.090 "Tratamiento de aguas residuales domésticas", en áreas rurales, se pueden usar valores más bajos, como:

Valores típicos recomendados:

- 35–45 gDBO/hab-día para zonas rurales
- 50 gDBO/hab-día para zonas urbanas típicas
- Hasta 60 gDBO/hab-día en zonas urbanas con carga orgánica alta

Se utilizará un DBO per cápita de 45 (gDBO/hab-día) , porque Tumbes es una región cálida y el caserío La Peña pertenece al ámbito rural , lo que sugiere menor generación de carga orgánica que zonas urbanas densas.

4.4.2 Caudal de diseño (Qp)

$$Qp = \frac{Población * dotación}{1000} * \% \text{ de contribución}$$

$$Qp = \frac{1209 * 90}{1000} * 0.8$$

$$Qp = 87.04 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$= 3.63 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Instituciones estatales

$$Q_{alcant} = 0.073 \text{ L/S}$$

$$= 0.2628 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Instituciones sociales

$$Q_{mh} = 0.004 \text{ L/S}$$

$$= 0.0144 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$Qp = 3.63 \text{ m}^3/\text{hora} + 0.2628 \text{ m}^3/\text{hora} + 0.0144 \text{ m}^3/\text{hora} = 3.9072 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$= 93.77 \text{ m}^3/\text{día}$$

4.4.3 Concentración de DBO afluente

$$DBO_{afl} = \frac{54.41 \text{ kg DBO/día}}{93.77 \text{ m}^3/\text{día}} = 580.25 \text{ mg/L}$$

4.4.4 Eficiencia del filtro biológico

$$E = 85\%$$

OS.090 – Art. 4.6.5

4.4.5 Carga Volumétrica Aplicada (Lv)

$$V = \frac{DBO_{total}}{Lv} = \frac{54.41}{0.10} = 544.41 \text{ m}^3$$

Un $L_v = 0.10 \text{ kg DBO/m}^3 \cdot \text{día}$, valor apropiado para filtros percoladores de alta tasa (norma OS.090 y criterios de diseño del CVC).

4.4.6 Área del Filtro (A)

$$A = \frac{V}{H} = \frac{544.41 \text{ m}^3}{2.2 \text{ m}} = 247.46 \text{ m}^2$$

Profundidad del medio filtrante H (adoptada según diseño) 2.2m OS.090 – Profundidad recomendada: 2.0 a 2.5 m

4.4.7 Largo del filtro

$$L = \sqrt{A} = \sqrt{247.46} = 15.73 \text{ m}$$

4.4.8 Ancho del filtro

$$A = \text{Ancho} * \text{Largo} = \frac{\text{Area}}{\text{Largo}} = \frac{247.46 \text{ m}^2}{15.73 \text{ m}} = 15.73 \text{ m}$$

4.4.9 Diámetro de perforación

$$D = 12 \text{ mm} = 0.012 \text{ m}$$

OS.090 – Art. 4.7.3

4.4.10 Área de perforación unitaria

$$a = \frac{\pi \times D^2}{4} = 0.000113 \text{ m}^2$$

4.4.11 Espaciamiento entre tuberías

$$etr \text{ (adoptado)} = 1.2 \text{ m}$$

OS.090 – mín. 1.0 m entre tuberías

4.4.12 Diámetro de tuberías de distribución

$$\text{PVC } \varnothing 2'' = 0.05\text{m}$$

OS.090 – Tub. distribución secundaria

4.4.13 Número de tuberías

$$ntr = \frac{\text{Ancho}}{\text{etr}} = \frac{15.73\text{m}}{1.2\text{m}} = 13.11 = 13 \text{ unidades}$$

4.4.14 Número de perforaciones por tubería

$$nptr = \frac{\text{Longitud}}{\text{espaciamiento}} = \frac{15.73\text{m}}{2} = 7.86 = 8 \text{ unidades}$$

OS.090 – máx. 2 m entre orificios

4.4.15 Número total de perforaciones

$$ntp = ntr \times nptr = 13 \times 8 = 104 \text{ perforaciones}$$

4.4.16 Área total de escurrimiento

$$Aer = ntp \times a = 104 \times 0.000113 = 0.01175\text{m}^2$$

4.4.17 Velocidad por perforación

$$V = \frac{QP}{Aer} = \frac{93.77 \text{ m}^3/\text{día} \div 86400 \text{ día/s}}{0.01175\text{m}^2} = 0.094\text{m/s}$$

4.4.18 Pérdida de carga total

$$hf = \frac{V^2}{2g} = \frac{0.094^2}{2 \times 9.81} = 0.000450\text{m} \text{ (flujo lento)}$$

4.4.19 Resumen de los cálculos del diseño del filtro biológico

Tabla 37
Diseño del filtro biológico

Descripción	Cantidad	Unidad
Eficiencia del filtro (E)	85	%
Volumen del filtro (V)	544.41	m ³
Profundidad del medio filtrante (H)	2.2	m
Área de filtro (A)	247.46	m ²
Largo (L)	15.73	m
Ancho (A)	15.73	m

Diámetro de perforación (D)	0.012	m
Área de perforación (a)	0.000113	m ²
Espaciamiento entre tuberías	1.2	m
Diámetro de tuberías	0.05	m
Numero de tuberías	13	und
Numero de filas de perforaciones	1	und
Espaciamiento entre perforaciones	0.30	m
Numero de perforaciones por tubo	8	und
Número total de perforaciones	104	und
Área total de escurrimiento	0.01175	m ²
Velocidad por perforación	0.086	m/s
Perdida de carga total	0.000377	m
Longitud de vertedero	15.73	m
Altura de agua de vertedero	0.10	m
Área de perforación unitaria	0.000113	m ²
Número de tuberías residual (ntr)	13	und
Espacio entre tuberías residual (etr)	1.2	m
Número de perforaciones por tubo (nptr)	8	und
Perforaciones totals (ntp)	104	und
Área de escurrimiento (Aer)	0.01175	m ²
Velocidad por perforación residual(Vr)	0.086	m/s
Pendiente (S)	0.015	m/m
Altura libre(HI)	0.4	m

Nota. Elaboración propia

Descripción: Se adopta un diámetro de perforación de 0.012 m y se establece un espaciamiento entre tuberías de 1.2 m, cada una con un diámetro de 0.05 m. El número de tuberías se obtiene dividiendo el ancho del filtro entre el espaciamiento definido. Finalmente, considerando la cantidad de filas de perforaciones y la distancia entre ellas, se calcula el área total de escurrimiento tras determinar el número total de perforaciones.

4.5 Tratamiento terciario

Cámara de Contacto de Cloro: Esta etapa tiene como objetivo la desinfección del efluente mediante la adición de cloro. El cloro mata patógenos y otros microorganismos presentes en el agua, asegurando que el efluente final cumpla con las normas de calidad para su disposición o uso en aplicaciones específicas, como riego agrícola o vertimiento al cuerpo de agua.

- Largo de la caseta (C) = 3.00 m
- Ancho de la caseta (Msd) = 1.40 m
- Peso del cloro = 0.522 kg/día

4.5.1 Resumen de los cálculos de la caseta de cloración.

Tabla 38
Diseño de la caseta de cloración.

Descripción	Cantidad	Unidad
Largo de la caseta (C)	3.01	m
Ancho de la caseta (Msd)	1.40	m
Peso de cloro (Vld)	0.52	kg/día

Nota. Elaboración propia

Descripción: Se tomará en cuenta el volumen de agua a tratar y la cantidad de hipoclorito a usar por cada litro.

4.6 Manejo de lodos

Lecho de Secado: Los lodos extraídos del Tanque IMHOFF son llevados a un lecho de secado, donde se deshidratan mediante la acción del sol y la evaporación. Este proceso facilita la disposición final de los lodos o su posible uso como fertilizante si cumplen con los criterios de calidad.

4.6.1 Diseño del lecho de secado de lodos

4.6.1.1. Cálculo de la carga de sólidos que ingresan al sedimentador (gr de ss/háb x día)

$$C = \frac{Pf * cp \text{ (gr de ss/háb x día)}}{1000}$$

Dónde:

C = carga de sólidos

Pf= Población futura (háb)

Cp= contribución per cápita

Datos:

Pf= 1,209 háb

Cp= **90 (gr de ss/háb x día)** de acuerdo a la OS 090, se asume cuando la localidad no cuenta con alcantarillado.

$$C = \frac{1209 * 90 \text{ (gr de ss/háb x día)}}{1000}$$

$$C = 108.8 \text{ gr de ss/háb x día}$$

4.6.1.2. Cálculo de la masa de sólidos que conforman el lodo digerido (Msd, en kg ss/día)

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$$

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * 108.8) + (0.5 * 0.3 * 108.8)$$

$$Msd = 35.36 \text{ kg ss/día}$$

4.6.1.3. Cálculo del volumen diario de lodos digeridos (Vld, en litros/día)

$$Vld = \frac{Msd}{Plodo * (\% \text{ de sólidos} / 100)}$$

Dónde:

Plodos = Densidad de lodos es igual a 1.05 kg/l según la OS 090

% Sólidos= % de sólidos contenidos en el lodo varía de 12 a 12.5% según la OS 090

$$Vld = \frac{35.36 \text{ kg ss/día}}{1.05 \text{ kg/l} * (12.5\% / 100)}$$

$$Vld = 269.5 \text{ l/ día}$$

4.6.1.4. Cálculo del volumen de extracción de lodos digeridos (Vel, en m³)

Según la Norma técnica de edificación OS 090 dice que:

- El diámetro mínimo de la tubería para la remoción de lodos será de 200mm y deberá estar ubicada a 15 cm por encima del fondo del tanque.
- Para la remoción se requerirá de una carga hidráulica mínima de 1.80 m.

$$Vel = \frac{Vld \times Td}{1000}$$

Dónde:

Td = Tiempo de digestión de lodos en días, se asume según tabla 42 una $T^{\circ} \geq 25$ entonces el tiempo de digestión de lodos es de 30 días.

Tabla 39
Digestión de lodos

Temperatura (°C)	Tiempo de digestión en días (Td)
5	110
10	76
15	55
20	40
≥25	30

Nota. Extraído de Norma OS 090

Reemplazamos:

$$Vel = \frac{269.5 \times 30}{1000}$$

$$Vel = 8.0 \text{ m}^3$$

4.6.1.5. Cálculo del área del lecho de secado (Als, en m^3)

$$Als = \frac{Vel}{Ha}$$

Dónde:

Vel = Volumen de lodos

Ha= Profundidad de aplicación entre 0.2 a 0.4 m, según la OS 090. Para el presente proyecto se asumirá **0.2 m**.

Reemplazando:

$$Als = \frac{8.0 \text{ m}^3}{0.2 \text{ m}}$$

$$Als = 40.0 \text{ m}^2$$

4.6.1.6. Cálculo del número de purgas al año.

Donde:

Td = Tiempo de digestión en días

$$N^{\circ} \text{ de purgas} = \frac{365}{T_d}$$

$$N^{\circ} \text{ de purgas} = \frac{365}{30}$$

$$N^{\circ} \text{ de purgas} = 12$$

4.6.1.7. Dimensionamiento del lecho de secado

Ancho (A). Según norma OS 090, el ancho de secado de lodos es general mente de 3 a 6 metros, pero para instalaciones grandes puede pasar los 10 m, para el presente proyecto asumiré **3m**.

- **Largo (L).**

$$L = \frac{Als}{A}$$

$$L = \frac{40m^2}{3m}$$

$$L = 13.33 m$$

4.6.1.8. Resumen de los cálculos del lecho de secado

Tabla 40

Lecho de secado de lodos

Descripción	Cantidad	Unidad
Carga de solidos (C)	108.8	Gr SS/háb/día
Masa de sólidos que conforman el lodo digerido (Msd)	43.96	Kgss/dia
Volumen diario de lodos digeridos (Vld)	269.5	L/dia
Volumen de extracción de lodos digeridos (Vel)	8.0	M3
Área del lecho de secado (Als)	40	M2
Purgas al año (N)	12	Und
Ancho del lecho de secado (A)	3	M
Largo del lecho de secado (L)	13.33	M

Nota. Elaboración propia

Capítulo 5

Reducción de la Contaminación Ambiental mediante la implementación de un Sistema de Alcantarillado Eficiente en el caserío de la Peña

Uno de los últimos objetivos del presente trabajo de investigación fue dar a conocer como disminuye la contaminación del medio ambiente con la implementación de un adecuado sistema de alcantarillado. Se podría decir que, uno de los aspectos más críticos en la protección del medio ambiente, particularmente en zonas urbanas y periurbanas, es el manejo adecuado de las aguas residuales. La implementación de un sistema de alcantarillado sanitario eficiente constituye pues una estrategia clave para disminuir la contaminación ambiental. Cuando no existen redes de recolección y tratamiento de aguas residuales, estas suelen ser vertidas directamente a cuerpos de agua como ríos, canales, quebradas o infiltrarse en el suelo, lo que genera en forma progresiva a serios problemas o consecuencias para la salud humana, la biodiversidad y el equilibrio ecológico.

La existencia de un sistema de alcantarillado bien diseñado y correctamente operado reduce significativamente los impactos antes mencionados, el alcantarillado permite recolectar, transportar y disponer las aguas residuales generadas en los hogares, comercios e industrias de forma segura. Con el sistema de alcantarillado se logra evitar que muchos contaminantes como materia orgánica, residuos químicos, metales pesados, microorganismos patógenos y nutrientes excesivos como el nitrógeno lleguen al medio ambiente sin un previo tratamiento. Al impedir estos vertimientos incontrolados, se reduce la eutrofización de lagos y ríos, la proliferación de enfermedades gastrointestinales y la degradación de suelos agrícolas o áreas verdes.

Además, un adecuado sistema de alcantarillado permite que las aguas servidas, sean conducidas hacia plantas de tratamiento donde, a través de diversos procesos físicos, químicos y biológicos, se logran eliminar o neutralizan los contaminantes. Estas aguas tratadas pueden incluso ser reutilizadas para riego agrícola o recargas de acuíferos, contribuyendo de esta manera a una gestión sostenible del recurso hídrico. En este sentido, decir que el impacto positivo no solo es ambiental, sino también económico y social, pues se logra mejorar la calidad de vida de la población y reducir los gastos en salud pública.

Así mismo, se puede establecer que la ausencia de alcantarillado o su funcionamiento deficiente suele generar focos de contaminación en zonas pobladas, especialmente en asentamientos humanos sin planificación urbana. En estos lugares, las aguas negras suelen estancarse en canales abiertos, buzones improvisados o directamente en el suelo, generando malos olores, proliferación de vectores como moscas y mosquitos, y contaminando fuentes de agua subterránea. Esto perpetúa un círculo de pobreza y riesgo ambiental que solo puede romperse mediante inversiones sostenibles en infraestructura sanitaria.

Finalmente, la implementación de un sistema de alcantarillado adecuado constituye una medida clave para la reducción de la contaminación ambiental y el fortalecimiento del desarrollo sostenible. Este tipo de diseño de infraestructura no solo permite la recolección y disposición adecuada y segura de las aguas residuales, sino que también contribuye al manejo integral de los recursos hídricos, asegurando que los contaminantes que se generan no lleguen a cuerpos de agua naturales ni se filtren al subsuelo. Al disminuir la carga contaminante que se libera al medio ambiente, se protege de esta manera la salud de los ecosistemas acuáticos y terrestres, se previene la pérdida de biodiversidad y se promueve la recuperación de fuentes hídricas degradadas.

Desde el punto de vista social y sanitario, un sistema de alcantarillado funcional previene la proliferación de diversas enfermedades, como diarreas, cólera, hepatitis y parasitosis intestinales, enfermedades que tiene un impacto directo en la calidad de vida de la población, especialmente en comunidades vulnerables. Además, una infraestructura como el sistema de alcantarillado sanitario mejora el entorno urbano, elimina focos infecciosos, reduce los malos olores y favorece una convivencia más saludable y digna entre el entorno urbano y el entorno natural.

Por otro lado, en términos económicos, la inversión en un alcantarillado es altamente rentable tanto a mediano como a largo plazo, ya que se reducen los costos en salud pública, se mejora la productividad laboral y se promueve un desarrollo más planificado y sostenible. Por estas razones, es fundamental que los gobiernos locales, regionales y nacionales prioricen en el diseño, ejecución y mantenimiento de sistemas de alcantarillado como parte de sus políticas ambientales y de desarrollo sostenible

También, sería recomendable que estas políticas estén acompañadas por charlas de educación ambiental, involucrando a la comunidad, con el fin de garantizar el uso responsable y sostenible del sistema. Solo a través de la acción coordinada entre el Estado, la sociedad civil y el sector privado, será posible lograr el desarrollo y avanzar hacia ciudades más limpias, saludables y sostenibles, donde el crecimiento poblacional no se dé a costa del deterioro del medio ambiente.

Conclusiones

1. A partir de la encuesta realizada y el padrón de usuarios, se confirmó que en el caserío de La Peña tiene 225 Viviendas, con una densidad poblacional de 3.91, dando como resultado una población actual de 880 habitantes.

2. El diseño del sistema de alcantarillado estará conformado por una red de tuberías colectoras de material P.V.C. con un diámetro de 160 mm, la longitud total de dicha red colectora es de 4050.21 metros lineales, los buzones varían su profundidad entre 1.16 hasta 3.69 metros, las pendientes mínimas son de 0.60 %, y las velocidades se encuentran entre los rangos establecidos por la normativa, entre de 0.6m/s hasta 5m/s. siendo estas 0.60 m/s como la mínima y 1.60 m/s como la máxima. Con respecto a la tensión tractiva esta va desde 1.064 pascales hasta 12.131 pascales.

3. La población futura es de 1,209 habitantes, considerando una dotación de agua para la costa de 90 l/hab/día, A partir de ello, se determinó el caudal de contribución el cual es 1.26 lt/s , el caudal de diseño (Qd) es igual a 2.79 l/s .

4. En cuanto a la topografía, el terreno es ondulado, cuyas cotas van desde los 2508 msnm hasta el 40 msnm. Se ubicaron dos puntos de referencia (BMs) ubicados estratégicamente.

5.-El diseño del tanque Imhoff, tendrá un sedimentador. El caudal medio diario considerado es de 93.77 m³/día. El área del sedimentador será de 3.9072 metros cuadrados, con una profundidad de 1.52 metros y una altura del fondo del sedimentador de 0.87 metros, lo que da como resultado una altura total del sedimentador de 2.69metros, el ancho del tanque Imhoff será de 3.40 metros, la superficie total será de 13.6 m². Finalmente, la altura total del tanque Imhoff será de 6.67 metros.

Recomendaciones

1. Para garantizar la adecuada administración, operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario con descarga final en un tanque IMHOFF, es fundamental capacitar a la población, lo que permitirá dar continuidad y viabilidad al proyecto. Asimismo, se debe realizar de manera periódica la limpieza de los tramos de la red, en especial durante la temporada de verano, con el fin de prevenir obstrucciones en las tuberías y garantizar un funcionamiento eficiente del sistema.

2. Se recomienda que los diseños hidráulicos, siempre se deben realizar siguiendo la norma técnica OS.070, mientras que, para el diseño de plantas de tratamiento, se recomienda emplear la norma técnica OS.090, utilizando además un software especializado en el diseño.

3. Realizar inspecciones periódicas en los acoplamientos de las tuberías para identificar posibles desgastes, fisuras o pérdida de elasticidad, evitando de esta manera las filtraciones de agua o permitir la entrada de contaminantes en el sistema. Un adecuado mantenimiento preventivo de estas uniones o acoplamientos no solo optimiza el rendimiento del sistema de alcantarillado, sino que también contribuye a evitar reparaciones costosas a largo plazo.

4. Garantizar que los fangos producidos en el tanque IMHOFF sean gestionados de forma correcta, ya sea a través de su disposición, tratamiento o reutilización, cumpliendo con las normativas locales correspondientes.

5. Realizar campañas de sensibilización dirigidas especialmente a la población, sobre el uso adecuado del sistema, con el objetivo de asegurar un mejor funcionamiento y una mayor durabilidad del proyecto, estas campañas deben incluir información sobre cómo el mal manejo de desechos puede afectar tanto el sistema de alcantarillado como el entorno urbano, lo que ocasionaría obstrucciones, malos olores y problemas de salud pública ocasionando múltiples enfermedades. Además, se debe enfatizar en que se debe evitar el vertido de residuos sólidos, productos químicos o grasas que puedan dañar las tuberías, lo que afectaría la eficiencia del sistema de drenaje. Incidir que el uso adecuado del alcantarillado garantiza su buen funcionamiento y prolonga la vida útil del mismo. La ejecución de todas estas actividades debe realizarse en plena coordinación y responsabilidad de las autoridades competentes, quienes serán los encargados de supervisar y asegurar que los ciudadanos se involucren activamente en el buen cuidado del sistema.

Referencias

- Arteaga, F. (2016). *Indicadores e índices ambientales*. Piura: Universidad de Piura.
- Calle Calle, F. A., & Vázquez Calle, P. M. (2022). *Evaluación y rediseño del sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales de Uchucay, y diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de Uduzhi, localidades del cantón Saraguro, provincia de Loja (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay)*.
- Cárdenas, J. (2013). *Diseño Geométrico de Carreteras*. Ecoe Ediciones.
- Carlin, K. (2020). *Diseño del sistema de red de alcantarillado en el caserío los cerezos ubicados en el distrito de la cruz, provincia de tumbes, departamento de tumbes, Tesis de ingeniería civil, Universidad Católica los Ángeles de Chimbote*.
- Chafloque, C. (2020). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario del centro poblado Salitral, distrito de Caceras del Perú, provincia del santa, región Ancash, Tesis de ingeniería civil, Universidad Católica los Ángeles de Chimbote*.
- Chunga More (2015). "Diseño del sistema de alcantarillado de la caleta de Yacila, distrito de Paita, Provincia de Paita". [Tesis]. Uladech Disponible en: [http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/123456789/15496/servicio de alcantarillado_ampliacion_montano_merino_maier_darwin.pdf?](http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/123456789/15496/servicio_de_alcantarillado_ampliacion_montano_merino_maier_darwin.pdf?)
- Conagua(2009). *Componentes de un sistema del alcantarillado sanitario*. <https://www.conagua.gob>.
- Garrido, L. F., & Haro, H. M. (2020). *Evaluación y diseño de los sistemas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales de la Vivienda Fiscal del Fuerte Militar" Marco Aurelio Subia (Doctoral dissertation, Tesis de Ingeniería Civil, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE)*.
- Guzman, Instituto Nacional De Estadística E Informatica. (2020). Perú: *Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico*.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) (2017). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Perú: Compendio estadístico, Lima, Perú.
- Lizana, P. (2018). *Tratamiento de aguas residuales para el caserío Villa Palambra. Tesis de ingeniería civil, Universidad de Piura*.
- Lázaro, J. J. (2016). *Modelamiento Hidráulico Del Sistema De Alcantarillado Primario Del Distrito De Puente Piedra, Carabayllo Y San Martín De Porres*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos
- Machado, C. (2021). *Rediseño del sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales del CP Uñón, Castilla –Arequipa Tesis de ingeniería civil, Universidad de Piura*.

- Mancilla Quispe, B. E & Quispe Mamani, R (2021). *Rediseño general de la red de alcantarillado sanitario para mejorar deficiencias técnicas, hidráulicas y de servicio -Cuturapi, región Puno, 2021. Tesis de ingeniería civil, Universidad Cesar Vallejo.*
- Méndez, S. A. *Diseño del Alcantarillado Sanitario y Pluvial y Tratamiento de Aguas Servidas de la Urbanización San Emilio. Universidad San Francisco de Quito Colegio de Ciencias e Ingeniería "El Politécnico".*
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma técnica de diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.*
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias. Lima: Diario El Peruano.*
- Moret, I. (2014). *Optimización de lagunas de estabilización mediante el uso de macrófitas. Piura: Universidad de Piura*
- Muñoz Churampi, Y. H. (2019). *Mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en la ciudad de San Francisco y los centros poblados de Ahuaruchayoc, Carmen Pampa, Las Palmas y Aurora, Distrito de Ayna-La Mar-Ayacucho.*
- Municipalidad distrital de San Jacinto, (2022). Creación del sistema básico de alcantarillado, PTAR y mejoramiento del sistema de agua potable en el caserío de vaquería del distrito de San Jacinto-Provincia de Tumbes- Departamento de Tumbes. SNIP 2513871. Tumbes municipalidad distrital de San Jacinto.*
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales. Recuperado de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827*
- Organización Mundial de la Salud. (2005). *Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado. Lima: Organización Panamericana de la Salud.*
- Organización Mundial de la Salud. (21 de marzo de 2022). *Saneamiento. Obtenido de organización Mundial de la salud: <https://www.who.int>*
- Ortiz, E.(2020). *Diseño del sistema de alcantarillado para mejorar los servicios de saneamiento en nuevo mocupe, distrito lagunas, provincia chichlayo, departamento Lambayeque. Tesis en ingeniería sanitaria y residuos solidos, Universidad Señor de Saipán.*
- Quispe, EM. (2016) *Selección de un modelo de sistema de saneamiento para recolección de tratamiento de aguas residuales domésticas en la localidad de Pampacancha- Lircay-Angaraes - departamento de Huancavelica, Universidad Continental.*
- Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). (2006). *Norma OS. 070. Redes de aguas residuales. Lima: Diario El Peruano.*

- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2006). *Norma OS. 090. Planta de tratamiento de aguas residuales*. Lima: Diario El Peruano.
- Renjifo, D. (2017). *Propuesta de diseño de un sistema de alcantarillado y/o unidades básicas de saneamiento en la localidad de Carhuacochoa, distrito de chia. Pataz. La libertad. Tesis de ingeniería civil, Universidad Privada del Norte.*
- Rodríguez, C. (2018). *¿Cuáles son los componentes de una red de alcantarillado?* Hidrotec. Recuperado 29 de agosto de 2023 de <https://www.hidrotec.com/blog/componentes-de-una-red-de-alcantarillado/>
- Rossi, M. (2010). *Oportunidades de mejoras ambientales por el tratamiento de aguas residuales en el Perú*. Perú: Fondo Nacional del Ambiente.
- Saavedra, B. (2017). *Aplicación de macrófitas en flotación como ayuda en el tratamiento de aguas residuales en la Laguna UDEP*. Piura: Universidad de Piura.
- Villazón, D. (2019). *Diseño del sistema de alcantarillado en el centro poblado Casaraná, del distrito de la Arena, provincia de pira, departamento de Piura, Tesis de ingeniería civil, Universidad Católica los Ángeles de Chimbote.*
- Yactayo, J.W. (2022). *Diseño de la red de Alcantarillado para la evacuación de aguas servidas utilizando el software SewerCAD aplicado en el AA.HH. La Rinconada de Pamplona Alta, Lima. Tesis de ingeniería civil, universidad peruana de ciencias aplicadas*

Anexos



Anexo 01: Calculo hidráulico de las redes de alcantarillado sanitario de la localidad la peña

Calculo hidráulico de las redes de alcantarillado sanitario de la localidad la peña											
Tubería Tb		Cotas (m) en la Tubería		Longitud (m)	Diámetro de Tubería (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Pendiente (%)	Tension Tractiva (Pa)	Tirante (Y/D) (%)	Manning (n)
		Inicio	Final								
Tb-01	Tb-02	39.56	38.51	23.97	160 mm	0.05	0.42	4.39	1.007	2.3	0.013
Tb-02	Tb-03	38.51	37.19	34.11	160 mm	0.06	0.42	3.85	1.007	2.6	0.013
Tb-03	Tb-4	37.19	35.94	51.67	160 mm	0.12	0.46	2.43	1.001	4.2	0.013
Tb-04	Tb-05	35.94	35.21	26.79	160 mm	0.13	0.49	2.7	1.128	4.3	0.013
Tb-05	Tb-08	35.21	35.24	13.25	160 mm	0.13	1	21.24	5.642	2.6	0.013
Tb-06	Tb-07	35.24	33.41	26.15	160 mm	0.02	0.36	7	1.005	1.4	0.013
Tb-07	Tb-08	33.41	32.4	14.94	160 mm	0.02	0.35	6.78	1.002	1.5	0.013
Tb-08	Tb -11	32.4	37.42	10.53	160 mm	0.15	0.46	2.1	1.009	4.9	0.013
Tb-09	Tb -10	37.42	35.99	24.43	160 mm	0.03	0.4	5.84	1.001	1.7	0.013
Tb-10	Tb -11	35.99	32.18	36.9	160 mm	0.06	0.61	10.33	2.125	2.1	0.013
Tb-11	Tb -12	32.18	31.59	35.51	160 mm	0.23	0.48	1.65	1.003	6.2	0.013
Tb-12	Tb -14	31.59	33.41	43.64	160 mm	0.27	0.49	1.55	1.024	6.8	0.013
Tb-13	Tb -14	33.41	30.92	27.99	160 mm	0.03	0.47	8.92	1.379	1.5	0.013
Tb-14	Tb -17	30.92	32.14	44.14	160 mm	0.31	0.58	2.21	1.436	6.7	0.013
Tb-15	Tb -16	32.14	30.84	29.84	160 mm	0.05	0.42	4.35	1.002	2.3	0.013
Tb-16	Tb -17	30.84	29.84	23.48	160 mm	0.06	0.42	3.85	1.005	2.6	0.013
Tb-17	Tb -18	29.84	29.26	54.26	160 mm	0.38	0.51	1.25	1.016	8.4	0.013
Tb-18	Tb -19	29.26	28.85	33.1	160 mm	0.39	0.51	1.25	1.029	8.5	0.013
Tb-19	Tb -28	28.85	32.1	28.15	160 mm	0.4	1.48	24.82	10.504	4.2	0.013
Tb-20	Tb -21	32.1	28.07	56.57	160 mm	0.02	0.36	7.13	1.06	1.5	0.013
Tb-21	Tb -22	28.07	25.62	52.22	160 mm	0.04	0.42	4.7	1.003	2.1	0.013
Tb-22	Tb -23	25.62	23.86	53.2	160 mm	0.07	0.42	3.3	1.007	3.1	0.013
Tb-23	Tb -25	23.86	29.27	34.69	160 mm	0.08	0.44	3.1	1.001	3.3	0.013
Tb-24	Tb -25	29.27	22.79	36.29	160 mm	0.01	0.47	17.85	1.462	0.8	0.013
Tb-25	Tb -26	22.79	21.27	54.29	160 mm	0.09	0.44	2.8	1.005	3.6	0.013
Tb-26	Tb -27	21.27	20.61	37.45	160 mm	0.1	0.01	1.75	0.696	4	0.013
Tb-27	Tb -28	20.61	21.86	28.81	160 mm	0.1	0.01	-4.34	-16.33	(N/A)	0.013
Tb-28	Tb -29	21.86	21.39	43.1	160 mm	0.5	0.53	1.1	1.037	9.9	0.013
Tb-29	Tb -30	21.39	20.99	37.96	160 mm	0.53	0.53	1.05	1.033	10.3	0.013
Tb-30	Tb -31	20.99	20.6	39.1	160 mm	0.55	0.53	1	1.011	10.6	0.013
Tb-31	Tb -32	20.6	20.11	48.81	160 mm	0.58	0.53	1	1.035	10.9	0.013
Tb-32	Tb -33	20.11	19.76	36.66	160 mm	0.62	0.53	0.95	1.023	11.3	0.013
Tb-33	Tb -34	19.76	19.46	31.77	160 mm	0.64	0.54	0.95	1.038	11.5	0.013
Tb-34	Tb -43	19.46	29.36	34.27	160 mm	0.66	0.53	0.9	1.009	11.8	0.013
Tb-35	Tb -36	29.36	28.04	18.57	160 mm	0.02	0.36	7.08	1.003	1.4	0.013

Calculo hidráulico de las redes de alcantarillado sanitario de la localidad la peña

Tb -36	Tb -38	28.04	28.66	23	160 mm	0.02	0.35	6.79	1.002	1.5	0.013
Tb -37	Tb -38	28.66	26.48	19.81	160 mm	0.02	0.43	11	1.386	1.3	0.013
Tb -38	Tb -39	26.48	25.36	23.37	160 mm	0.04	0.42	4.8	1.003	2.1	0.013
Tb -39	Tb -40	25.36	23.56	53.63	160 mm	0.07	0.42	3.35	1.01	3	0.013
Tb -40	Tb -42	23.56	26.6	51.75	160 mm	0.08	0.44	3.15	1.011	3.2	0.013
Tb -41	Tb -42	26.6	21.94	23.29	160 mm	0.01	0.48	20.01	1.574	0.8	0.013
Tb -42	Tb -43	21.94	19.15	58.65	160 mm	0.09	0.54	4.75	1.482	3.2	0.013
Tb -43	Tb -44	19.15	18.71	52.15	160 mm	0.79	0.55	0.85	1.047	13.1	0.013
Tb -44	Tb -45	18.71	18.39	39.1	160 mm	0.82	0.55	0.8	1.015	13.5	0.013
Tb -45	Tb -46	18.39	18.08	39.11	160 mm	0.88	0.56	0.8	1.044	13.9	0.013
Tb -46	Tb -47	18.08	17.77	41.77	160 mm	0.92	0.55	0.75	1.021	14.6	0.013
Tb -47	Tb -49	17.77	24.22	7.85	160 mm	0.94	0.56	0.75	1.029	14.7	0.013
Tb -48	Tb -49	24.22	17.71	35.24	160 mm	0.03	0.57	18.48	2.558	1.4	0.013
Tb -49	Tb -51	17.71	24.16	13.02	160 mm	0.97	0.56	0.75	1.041	14.9	0.013
Tb -50	Tb -51	24.16	17.61	58.97	160 mm	0.05	0.58	11.1	2.105	1.9	0.013
Tb -51	Tb -59	17.61	27.7	30.9	160 mm	1.02	0.56	0.7	1.009	15.5	0.013
Tb -52	Tb -53	27.7	25.92	40.87	160 mm	0.05	0.42	4.35	1.008	2.3	0.013
Tb -53	Tb -54	25.92	24.44	56.04	160 mm	0.1	0.44	2.65	1	3.8	0.013
Tb -54	Tb -55	24.44	23.33	48.21	160 mm	0.13	0.46	2.3	1.01	4.5	0.013
Tb -55	Tb -56	23.33	22.2	49.97	160 mm	0.14	0.46	2.25	1.002	4.5	0.013
Tb -56	Tb -57	22.2	20.93	58.03	160 mm	0.14	0.45	2.2	1.013	4.7	0.013
Tb -57	Tb -58	20.93	19.69	56.46	160 mm	0.14	0.45	2.2	1.013	4.7	0.013
Tb -58	Tb -59	19.69	17.4	36.25	160 mm	0.18	0.7	6.32	2.548	4.1	0.013
Tb -59	Tb -60	17.4	17.18	32.36	160 mm	1.23	0.57	0.65	1.035	17.3	0.013
Tb -60	Tb -61	17.18	16.97	32.36	160 mm	1.27	0.58	0.65	1.048	17.5	0.013
Tb -61	Tb -62	16.97	16.72	39.02	160 mm	1.3	0.58	0.65	1.062	17.8	0.013
Tb -62	Tb -63	16.72	16.44	47.23	160 mm	1.36	0.58	0.6	1.015	18.5	0.013
Tb -63	Tb -64	16.44	16.16	46.33	160 mm	1.42	0.58	0.6	1.035	18.9	0.013
Tb -64	Tb -65	16.16	16.01	24.23	160 mm	1.42	0.58	0.6	1.035	18.9	0.013
Tb -65	Tb -66	16.01	15.9	19.56	160 mm	1.42	0.58	0.6	1.035	18.9	0.013
Tb -66	Tb -67	15.9	15.59	50.76	160 mm	1.48	0.59	0.6	1.052	19.2	0.013
Tb -67	Tb -68	15.59	15.42	29.02	160 mm	1.49	0.59	0.6	1.059	19.4	0.013
Tb -68	Tb -69	15.42	15.33	14.15	160 mm	1.49	0.59	0.6	1.06	19.4	0.013
Tb -69	Tb -106	15.33	26.97	12.74	160 mm	1.49	2.04	19.88	16.195	8.3	0.013
Tb -70	Tb -71	26.97	25.72	21.29	160 mm	0.03	0.4	5.89	1.005	1.7	0.013
Tb -71	Tb -74	25.72	26.16	34.71	160 mm	0.07	0.51	5.92	1.499	2.6	0.013
Tb -72	Tb -73	26.16	25.2	13.49	160 mm	0.02	0.36	7.13	1.001	1.4	0.013
Tb -73	Tb -74	25.2	23.67	26.69	160 mm	0.03	0.4	5.74	1.002	1.8	0.013
Tb -74	Tb -75	23.67	23.17	17.71	160 mm	0.1	0.44	2.8	1.006	3.6	0.013
Tb -75	Tb -76	23.17	22.36	33.15	160 mm	0.12	0.46	2.45	1.015	4.2	0.013
Tb -76	Tb -77	22.36	21.7	31.45	160 mm	0.15	0.45	2.1	1.007	4.9	0.013
Tb -77	Tb -78	21.7	20.7	57.24	160 mm	0.22	0.48	1.75	1.022	6	0.013
Tb -78	Tb -80	20.7	26.43	50.22	160 mm	0.25	0.48	1.6	1.011	6.5	0.013

Calculo hidráulico de las redes de alcantarillado sanitario de la localidad la peña

Tb -80	Tb -79	26.43	19.89	27.03	160 mm	0	0.47	24.19	0.495	0.2	0.013
Tb -80	Tb -81	19.89	19.13	52.83	160 mm	0.29	0.49	1.45	1.01	7.2	0.013
Tb -81	Tb -82	19.13	18.58	38.96	160 mm	0.31	0.49	1.4	1.012	7.5	0.013
Tb -82	Tb -83	18.58	18.05	39.11	160 mm	0.35	0.51	1.35	1.029	7.9	0.013
Tb -83	Tb -92	18.05	25	39.74	160 mm	0.38	0.85	5.64	3.247	5.9	0.013
Tb -84	Tb -85	25	23.51	14.38	160 mm	0.01	0.33	10.34	1	1	0.013
Tb -85	Tb -86	23.51	21.3	22.42	160 mm	0.01	0.34	9.85	1.002	1	0.013
Tb -86	Tb -87	21.3	18.45	31.29	160 mm	0.01	0.34	9.11	1.001	1.1	0.013
Tb -87	Tb -89	18.45	24.22	29.07	160 mm	0.01	0.35	8.67	1.004	1.2	0.013
Tb -88	Tb -89	24.22	15.93	38.19	160 mm	0.01	0.5	21.7	1.737	0.8	0.013
Tb -89	Tb -91	15.93	23.22	34.57	160 mm	0.04	0.34	2.49	0.644	2.6	0.013
Tb -90	Tb -91	23.22	15.07	43.22	160 mm	0.01	0.49	18.86	1.549	0.8	0.013
Tb -91	Tb -92	15.07	15.81	35.66	160 mm	0.06	0	-2.08	-7.841	(N/A)	0.013
Tb -92	Tb -93	15.81	15.48	29.08	160 mm	0.45	0.52	1.15	1.024	9.3	0.013
Tb -93	Tb -97	15.48	25.42	29.57	160 mm	0.46	0.45	0.76	0.756	10.4	0.013
Tb -94	Tb -95	25.42	23.58	31.71	160 mm	0.03	0.4	5.8	1.002	1.7	0.013
Tb -95	Tb -96	23.58	22.66	23.96	160 mm	0.06	0.42	3.85	1.006	2.6	0.013
Tb -96	Tb -97	22.66	15.25	17.39	160 mm	0.06	1.05	42.6	6.754	1.5	0.013
Tb -97	Tb -98	15.25	14.95	30.26	160 mm	0.54	0.52	1	1.001	10.5	0.013
Tb -98	Tb -99	14.95	14.6	34.63	160 mm	0.56	0.53	1	1.017	10.7	0.013
Tb -99	Tb -101	14.6	21.86	36.41	160 mm	0.58	0.53	1	1.033	10.8	0.013
Tb -100	Tb -101	21.86	14.24	24.23	160 mm	0.04	0.76	31.46	4.443	1.3	0.013
Tb -101	Tb -102	14.24	13.89	36.91	160 mm	0.65	0.54	0.95	1.042	11.6	0.013
Tb -102	Tb -103	13.89	13.57	35.79	160 mm	0.69	0.54	0.9	1.029	12.1	0.013
Tb -103	Tb -104	13.57	13.12	52.48	160 mm	0.76	0.55	0.85	1.026	12.8	0.013
Tb -104	Tb -105	13.12	12.87	29.47	160 mm	0.79	0.55	0.85	1.043	13	0.013
Tb -105	Tb -106	12.87	12.8	8.06	160 mm	0.79	0.55	0.86	1.043	13	0.013
Tb -106	Tb -107	12.8	12.74	10.58	160 mm	2.77	0.67	0.6	1.272	23.9	0.013
Tb -107	Tb -108	12.74	12.57	28.57	160 mm	2.78	0.67	0.6	1.273	23.9	0.013
Tb -108	Tb -109	12.57	12.22	57.52	160 mm	2.78	0.67	0.6	1.273	23.9	0.013
Tb -109	Tb -110	12.22	11.89	54.34	160 mm	2.78	0.67	0.6	1.274	23.9	0.013
Tb -110	Tb -111	11.89	11.56	56.15	160 mm	2.78	0.67	0.6	1.275	23.9	0.013
Tb -111	Tb -112	11.56	11.28	46.22	160 mm	2.79	0.67	0.6	1.275	23.9	0.013
Tb -112	Tb -113	11.28	11.07	34.61	160 mm	2.79	0.67	0.6	1.276	23.9	0.013
Tb -113	Tb -114	11.07	10.83	39.58	160 mm	2.79	0.67	0.6	1.276	23.9	0.013
Tb -114	Tb -115	10.83	10.6	38.68	160 mm	2.79	0.67	0.6	1.276	24	0.013
Tb -115	Tb -116	10.6	10.51	15.35	160 mm	2.79	0.67	0.6	1.277	24	0.013
Tb -116	Tb -117	10.51	10.45	10.07	160 mm	2.79	0.67	0.6	1.277	24	0.013
Tb -117	Tb -118	10.45	10.37	13.95	160 mm	2.79	0.67	0.6	1.277	24	0.013
Tb -118	PTAR-1	10.37	10.30	10.4	160 mm	2.79	0.67	0.6	1.277	24	0.013

Anexo 02: Cálculo hidráulico de buzones de la localidad la peña

CÁLCULO HIDRÁULICO DE BUZONES DE LA LOCALIDAD LA PEÑA						
Proyecto:	"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN EL CASERÍO LA PEÑA, DISTRITO DE SAN JACINTO TUMBES"					
Localidad:	LA PEÑA	Distrito:	SAN JACINTO	Provincia-Región:	TUMBES-TUMBES	
CÁLCULO HIDRAULICO DE BUZONES						
BZ	COTA TERRENO (m)	COTA FONDO (m)	ALTURA (m)	Coordenada Este (m)	Coordenada Norte (m)	Diametro (mm)
Bz-1	40.72	39.56	1.16	560,709.05	9,595,008.73	1,200.00
Bz-2	40.16	39.00	1.16	560,715.23	9,594,985.59	1,200.00
Bz-3	39.48	38.32	1.16	560,728.96	9,594,954.39	1,200.00
Bz-4	37.56	36.40	1.16	560,764.31	9,594,916.73	1,200.00
Bz-5	36.37	35.21	1.16	560,780.83	9,594,895.65	1,200.00
Bz-6	36.40	35.24	1.16	560,819.86	9,594,913.41	1,200.00
Bz-7	35.50	34.34	1.16	560,800.41	9,594,896.02	1,200.00
Bz-8	36.71	34.25	2.46	560,789.41	9,594,885.95	1,200.00
Bz-9	38.58	37.42	1.16	560,743.56	9,594,847.84	1,200.00
Bz-10	38.78	37.27	1.51	560,763.33	9,594,862.12	1,200.00
Bz-11	36.89	34.19	2.70	560,796.39	9,594,878.07	1,200.00
Bz-12	36.15	33.97	2.17	560,824.74	9,594,856.69	1,200.00
Bz-13	34.57	33.41	1.16	560,878.20	9,594,858.80	1,200.00
Bz-14	34.73	33.25	1.48	560,862.88	9,594,835.50	1,200.00
Bz-15	33.30	32.14	1.16	560,875.47	9,594,760.02	1,200.00
Bz-16	33.96	31.96	2.00	560,879.84	9,594,789.51	1,200.00
Bz-17	33.83	31.82	2.01	560,896.09	9,594,806.44	1,200.00
Bz-18	32.71	31.49	1.22	560,936.66	9,594,770.41	1,200.00
Bz-19	32.48	31.29	1.19	560,959.81	9,594,746.75	1,200.00
Bz-20	33.26	32.10	1.16	560,681.55	9,594,769.70	1,200.00
Bz-21	32.39	31.23	1.16	560,734.09	9,594,749.10	1,200.00
Bz-22	31.74	30.58	1.16	560,781.31	9,594,726.96	1,200.00
Bz-23	30.80	29.64	1.16	560,831.35	9,594,708.98	1,200.00
Bz-24	30.43	29.27	1.16	560,847.16	9,594,672.43	1,200.00
Bz-25	30.44	29.05	1.39	560,865.52	9,594,703.06	1,200.00
Bz-26	29.97	28.73	1.25	560,918.64	9,594,714.13	1,200.00
Bz-27	30.77	28.50	2.26	560,955.86	9,594,718.30	1,200.00
Bz-28	32.01	28.33	3.69	560,981.84	9,594,730.68	1,200.00
Bz-29	31.16	28.07	3.09	561,019.70	9,594,710.09	1,200.00
Bz-30	30.60	27.84	2.76	561,049.61	9,594,686.72	1,200.00
Bz-31	29.89	27.61	2.28	561,078.60	9,594,660.49	1,200.00
Bz-32	29.58	27.31	2.27	561,058.76	9,594,615.89	1,200.00

CÁLCULO HIDRÁULICO DE BUZONES DE LA LOCALIDAD LA PEÑA						
Bz-33	29.33	27.09	2.23	561,054.02	9,594,579.55	1,200.00
Bz-34	29.30	26.90	2.39	561,039.72	9,594,551.17	1,200.00
Bz-35	30.52	29.36	1.16	560,989.94	9,594,704.22	1,200.00
Bz-36	30.51	29.25	1.27	561,005.95	9,594,694.91	1,200.00
Bz-37	29.82	28.66	1.16	560,979.63	9,594,683.75	1,200.00
Bz-38	29.71	28.54	1.17	560,996.69	9,594,673.92	1,200.00
Bz-39	29.05	27.89	1.16	560,987.26	9,594,652.56	1,200.00
Bz-40	28.27	27.11	1.16	560,981.23	9,594,599.31	1,200.00
Bz-41	27.76	26.60	1.16	560,951.52	9,594,555.35	1,200.00
Bz-42	27.26	26.10	1.16	560,973.20	9,594,548.22	1,200.00
Bz-43	29.06	25.74	3.31	561,024.73	9,594,520.36	1,200.00
Bz-44	28.83	25.43	3.40	561,004.49	9,594,472.29	1,200.00
Bz-45	28.47	25.20	3.27	560,988.94	9,594,436.41	1,200.00
Bz-46	27.41	24.96	2.45	560,974.51	9,594,400.06	1,200.00
Bz-47	26.57	24.71	1.86	560,960.60	9,594,360.68	1,200.00
Bz-48	25.38	24.22	1.16	560,925.61	9,594,352.78	1,200.00
Bz-49	26.53	24.01	2.52	560,960.24	9,594,352.84	1,200.00
Bz-50	25.32	24.16	1.16	560,961.82	9,594,294.59	1,200.00
Bz-51	26.66	23.81	2.85	560,973.24	9,594,352.07	1,200.00
Bz-52	28.86	27.70	1.16	561,123.53	9,594,671.22	1,200.00
Bz-53	28.89	27.45	1.44	561,108.82	9,594,633.13	1,200.00
Bz-54	28.66	27.12	1.54	561,088.64	9,594,580.88	1,200.00
Bz-55	28.70	26.83	1.87	561,066.51	9,594,538.06	1,200.00
Bz-56	28.44	26.53	1.92	561,050.57	9,594,490.72	1,200.00
Bz-57	28.21	26.18	2.04	561,037.11	9,594,434.28	1,200.00
Bz-58	27.31	25.84	1.47	561,022.60	9,594,379.73	1,200.00
Bz-59	26.76	23.62	3.14	561,003.96	9,594,348.72	1,200.00
Bz-60	26.31	23.43	2.88	561,000.91	9,594,316.50	1,200.00
Bz-61	25.84	23.23	2.61	560,997.86	9,594,284.29	1,200.00
Bz-62	25.21	23.00	2.21	560,999.99	9,594,245.33	1,200.00
Bz-63	23.78	22.62	1.16	561,012.28	9,594,199.72	1,200.00
Bz-64	22.86	21.70	1.16	561,021.73	9,594,154.36	1,200.00
Bz-65	23.30	21.55	1.75	561,026.79	9,594,130.67	1,200.00
Bz-66	21.53	20.37	1.16	561,026.26	9,594,111.12	1,200.00
Bz-67	19.85	18.69	1.16	561,022.89	9,594,060.47	1,200.00
Bz-68	18.93	17.77	1.16	561,017.37	9,594,031.98	1,200.00
Bz-69	19.59	17.68	1.91	561,030.61	9,594,027.01	1,200.00
Bz-70	28.13	26.97	1.16	561,159.14	9,594,670.32	1,200.00
Bz-71	27.75	26.59	1.16	561,176.82	9,594,658.53	1,200.00
Bz-72	27.32	26.16	1.16	561,162.75	9,594,595.15	1,200.00
Bz-73	27.69	26.08	1.61	561,151.70	9,594,602.83	1,200.00
Bz-74	27.80	25.92	1.88	561,160.38	9,594,628.02	1,200.00
Bz-75	27.97	25.81	2.16	561,144.89	9,594,636.58	1,200.00
Bz-76	28.20	25.61	2.59	561,128.10	9,594,608.00	1,200.00

CÁLCULO HIDRÁULICO DE BUZONES DE LA LOCALIDAD LA PEÑA						
Bz-77	28.28	25.43	2.86	561,111.73	9,594,581.16	1,200.00
Bz-78	28.42	25.08	3.34	561,081.12	9,594,532.79	1,200.00
Bz-79	27.59	26.43	1.16	561,093.17	9,594,478.62	1,200.00
Bz-80	27.78	24.78	2.99	561,067.60	9,594,484.43	1,200.00
Bz-81	27.95	24.46	3.48	561,055.98	9,594,432.90	1,200.00
Bz-82	26.94	24.23	2.70	561,060.84	9,594,394.25	1,200.00
Bz-83	26.66	24.00	2.67	561,054.04	9,594,355.74	1,200.00
Bz-84	26.16	25.00	1.16	561,129.94	9,594,408.79	1,200.00
Bz-85	26.36	24.91	1.45	561,118.04	9,594,416.73	1,200.00
Bz-86	26.41	24.78	1.64	561,105.80	9,594,398.08	1,200.00
Bz-87	26.23	24.59	1.64	561,099.15	9,594,367.64	1,200.00
Bz-88	25.38	24.22	1.16	561,129.20	9,594,330.53	1,200.00
Bz-89	25.80	24.00	1.80	561,092.97	9,594,339.35	1,200.00
Bz-90	24.38	23.22	1.16	561,120.92	9,594,288.96	1,200.00
Bz-91	25.22	22.96	2.26	561,082.26	9,594,306.49	1,200.00
Bz-92	25.96	22.75	3.21	561,048.05	9,594,316.52	1,200.00
Bz-93	25.48	22.58	2.90	561,039.55	9,594,288.71	1,200.00
Bz-94	26.58	25.42	1.16	561,021.53	9,594,320.18	1,200.00
Bz-95	25.93	24.77	1.16	561,017.02	9,594,288.85	1,200.00
Bz-96	25.52	24.36	1.16	561,018.20	9,594,264.94	1,200.00
Bz-97	25.41	22.40	3.01	561,033.09	9,594,259.86	1,200.00
Bz-98	25.01	22.22	2.79	561,024.31	9,594,230.90	1,200.00
Bz-99	24.08	22.01	2.08	561,040.47	9,594,200.27	1,200.00
Bz-100	23.02	21.86	1.16	561,081.17	9,594,180.17	1,200.00
Bz-101	23.15	21.72	1.42	561,060.59	9,594,169.92	1,200.00
Bz-102	22.45	21.29	1.16	561,055.68	9,594,133.34	1,200.00
Bz-103	21.59	20.43	1.16	561,049.01	9,594,098.18	1,200.00
Bz-104	20.07	18.91	1.16	561,039.90	9,594,046.50	1,200.00
Bz-105	20.15	18.73	1.42	561,034.79	9,594,017.48	1,200.00
Bz-106	19.49	17.61	1.89	561,027.10	9,594,015.03	1,200.00
Bz-107	18.40	17.24	1.16	561,022.90	9,594,005.32	1,200.00
Bz-108	17.93	16.77	1.16	561,013.15	9,593,978.47	1,200.00
Bz-109	18.18	16.42	1.76	560,995.64	9,593,923.68	1,200.00
Bz-110	18.28	16.09	2.19	560,993.77	9,593,869.38	1,200.00
Bz-111	17.33	15.76	1.58	561,000.84	9,593,813.68	1,200.00
Bz-112	16.89	15.48	1.41	561,011.89	9,593,768.80	1,200.00
Bz-113	17.03	15.27	1.76	561,025.39	9,593,736.93	1,200.00
Bz-114	16.87	15.03	1.83	561,058.81	9,593,715.73	1,200.00
Bz-115	14.50	13.34	1.16	561,080.96	9,593,684.02	1,200.00
Bz-116	13.91	12.75	1.16	561,084.73	9,593,669.15	1,200.00
Bz-117	13.56	12.40	1.16	561,081.59	9,593,659.59	1,200.00
Bz-118	13.32	12.16	1.16	561,085.72	9,593,646.26	1,200.00
PTAR-1	14.00	12.10	1.90	561,078.31	9,593,638.96	1,200.00

Anexo 03: Encuestas en la localidad La Peña para determinar la densidad poblacional

PROYECTO:
Tabla A "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y PLANTA DE
4. TRATAMIENTO EN EL CASERÍO LA PEÑA, DISTRITO DE SAN
JACINTO TUMBES"

ENTIDAD:

TESIS

UBICACIÓN: LOCALIDAD:LA PEÑA

DISTRITO:SAN
JACINTOPROVINCIA:
TUMBES

REGIÓN:TUMBES

MODALIDAD DE EJECUCIÓN:

FECHA DE ELABORACIÓN:

AÑO-
2024

DISEÑADO POR:

R.A.P.C

CALCULO DE LA DENSIDAD POBLACIONAL "LOCALIDAD:LA PEÑA"

N° Vivienda	Nombres y Apellidos (Titular de familia y/o cónyuge)	DNI	N° Miembros			Conexión de Agua		Red de alcantarillado	
			H	M	Total	SI	NO	SI	NO
1	JOSÉ PÉREZ GONZÁLEZ	34567890	2	3	5	X			X
2	MARÍA GÓMEZ LÓPEZ	45678901	1	3	4	X			X
3	LUIS FERNÁNDEZ TORRES	56789012	1	2	3	X			X
4	ANA TORRES RAMÍREZ	67890123	1	3	4	X			X
5	CARLOS RAMÍREZ CASTRO	78901234	2	2	4	X			X
6	CARMEN SÁNCHEZ DELGADO	89012345	3	1	4	X			X
7	JUAN CASTILLO MORALES	90123456	1	1	2	X			X
8	LAURA MORALES HERNÁNDEZ	71585962	1	2	3	X			X
9	JORGE ROJAS PAREDES	11223344	1	3	4	X			X
10	CLAUDIA DELGADO VARGAS	22334455	2	1	3	X			X
11	PEDRO VARGAS SALINAS	33445566		3	3	X			X
12	ROSA LEÓN AGUILAR	44556677	2	3	5	X			X
13	FERNANDO NAVARRO MÉNDEZ	55667788	2	1	3	X			X
14	PATRICIA HERRERA GUZMÁN	66778899	2	2	4	X			X
15	DIEGO CAMPOS CORTÉS	77889900	3	2	5	X			X
16	GABRIELA AGUIRRE SOLANO	88990011	2	1	3	X			X
17	EDUARDO JIMÉNEZ VEGA	99001122	3	2	5	X			X
18	LUCÍA PAREDES SANDOVAL	71545856	2	3	5	X			X
19	MIGUEL SALINAS MUÑOZ	11002233	1	2	3	X			X
20	SOFÍA CARRASCO RÍOS	22003344	2	2	4	X			X
21	ANDRÉS GUZMÁN MÉNDEZ	33004455	1	3	4	X			X
22	CAROLINA PEÑA RÍOS	44005566	3	2	5	X			X
23	RICARDO CORTÉS JIMÉNEZ	55006677	2	3	5	X			X
24	ADRIANA SOLANO GUTIÉRREZ	66007788	2	2	4	X			X
25	ALEJANDRO VEGA RAMOS	77008899	2	1	3	X			X
26	VALENTINA TORRES LÓPEZ	88009900	1	3	4	X			X
27	MANUEL ROMERO DÍAZ	99001001	2	1	3	X			X

CALCULO DE LA DENSIDAD POBLACIONAL "LOCALIDAD:LA PEÑA"									
28	DANIELA SANDOVAL ESPINOZA	71525458	2	3	5	X			X
29	FRANCISCO MUÑOZ PAREDES	23455432	2	2	4	X			X
30	BEATRIZ RÍOS FERNÁNDEZ	34566543	2	1	3	X			X
31	RAÚL MÉNDEZ CASTILLO	45677654	2	3	5	X			X
32	SUSANA AGUILAR CORDERO	56788765	2	1	3	X			X
33	ENRIQUE RIVERA CONTRERAS	67899876	1	3	4	X			X
34	TERESA CASTRO VARELA	78910987	2	2	4	X			X
35	FELIPE DURÁN ZAMORA	89021098	2	1	3	X			X
36	MÓNICA ÁVILA BARRERA	90132109	2	3	5	X			X
37	SERGIO ORTIZ MEDINA	1243210	2	1	3	X			X
38	MARCELA CONTRERAS TAPIA	11334455	2	2	4	X			X
39	JULIO FIGUEROA VALDÉS	22445566	1	2	3	X			X
40	ISABEL ANDRADE VALENZUELA	33556677	2	1	3	X			X
41	HUGO CORDERO SALAZAR	44667788	3	2	5	X			X
42	NATALIA PONCE MALDONADO	55778899	2	3	5	X			X
43	HÉCTOR GUTIÉRREZ GUTIÉRREZ	66889900	3	2	5	X			X
44	MARIANA CASTRO MÁRQUEZ	55778899	2	2	4	X			X
45	ANTONIO LOZANO FERNÁNDEZ	66889900	1	2	3	X			X
46	SILVIA DELGADO VARGAS	77990011	1	2	3	X			X
47	ROBERTO VARELA SÁNCHEZ	88001122	1	2	3	X			X
48	LORENA VALDÉS JIMÉNEZ	99112233	3	2	5	X			X
49	ÁNGEL ZAMORA CASTAÑEDA	71545258	2	1	3	X			X
50	ALICIA BARRERA GUZMÁN	12349876	2	2	4	X			X
51	CRISTIAN MEDINA SOLANO	23450987	1	2	3	X			X
52	ELENA SOTO MALDONADO	34561098	2	3	5	X			X
53	WILFREDO GRILLO VINCES	71545751	1	2	3	X			X
54	MILAGRO ESPINOZA PEÑA	71545153	1	3	4	X			X
55	NICOLASA URBINA CLAVIJO	00251438	1	1	2	X			X
56	ANALITA YOVERA	41191033	3	2	5	X			X
57	JOAQUÍN MÁRQUEZ HERNÁNDEZ	89016543	2	2	4	X			X
60	LORENA VARGAS PAREDES	11349876	2	2	4	X			X
61	LUISA ANA CARO SANTOS	31637088	3	2	5	X			X
62	ELIZABETH YESICA SANTOS HARO	73222488	3	1	4	X			X
63	LINDA GRAVELINA VALVERDE HARO	71558351	2	1	3	X			X
64	MAVEL MORALES DELGADO	43452021	3	2	5	X			X
65	MARIELA CARRILLO FARIAS	44115554	3	1	4	X			X

CALCULO DE LA DENSIDAD POBLACIONAL "LOCALIDAD:LA PEÑA"									
66	ROGELIO CARRILLO TANDAZO	00242829	4	2	6	X			X
67	ROSA HARO GONZALES	31638152	2	3	5	X			X
68	ISABEL SANTOS CARO	42034777	1	2	3	X			X
69	MERCEDES HUAMALIANO MINAYA	31637279	1	2	3	X			X
70	LORENZO CUEVA ROSALES	31637092	2	3	5	X			X
71	ABEL CALIXTO MINAYA HARO	31639468	3	2	5	X			X
72	BENANCIA GIRALDO DOMINGUEZ	31637232	2	2	4	X			X
73	MANUEL SANTIAGO LLIUYA ROSALES	31679243	2	1	3	X			X
74	REYNALDO ROSALES ESPINOZA	31669456	3	2	5	X			X
75	AQUILES PROCOPIO QUIROZ RUPAY	31637388	2	1	3	X			X
76	JHON ALBERTO QUIROZ CUEVA	48579882	1	2	3	X			X
77	SEFERINO LAZARO HUAMALIANO	31637430	3	2	5	X			X
78	FELICIANO RICARDO ROSALES CUEVA	48745031	1	2	3	X			X
79	BERNARDO LUCIO ROSALES LAZARO	31638325	2	2	4	X			X
80	EULOGIO ROSALES MATA	31637157	2	3	5	X			X
81	FELICIANA JULIA LEON PALMA	84507378	1	3	4	X			X
82	RIGOBERTO GREGORIO QUIROZ RUPAY	31637187	2	2	4	X			X
83	ALEJANDRO ABELINO ROSALES HARO	31669433	3	1	4	X			X
84	BENJAMIN FELIX ALVINO LEON	44053067	3	2	5	X			X
85	JUAN PRUENCIO CUEVA LEON	80268364	2	2	4	X			X
86	GERONIMO AVELINO CUEVA ROSALES	31637280	2	3	5	X			X
87	VICTORIA CUEVA LEON	31637318	1	2	3	X			X
88	SANTA CRISTINA MORENO ANGELES	76169621	2	1	3	X			X
89	LAUREANO ROGER LEON PALMA	40109579	2	3	5	X			X
90	MAXIMIALIANO ANGELES HARO	31636912	1	2	3	X			X
91	LUCIO ELOY MORENO DIAZ	32028686	1	4	5	X			X
92	ROGER URBANO CUEVA RUPAY	41665535	2	2	4	X			X
93	HERMELINDA JUANA LEON MATA	40565587	3	3	6	X			X
94	CARMINA AZUCENA DIAZ CUEVA	31669322	2	2	4	X			X

CALCULO DE LA DENSIDAD POBLACIONAL "LOCALIDAD:LA PEÑA"									
95	ESPERANZA FLORA ROSALES ROSALES	46093595	2	3	5	X			X
96	CRISTIAN EFRAIN CUEVA DIAZ	71558410	1	2	3	X			X
97	JUSTO FELIX ANGELES CUEVA	31638249	1	3	4	X			X
98	DELIA JACOME DE DOMINGUEZ	31637111	1	1	2	X			X
99	LUCILA AZUCENA DOMINGUEZ JACOME	40790132	1	2	3	X			X
100	HECTOR AMEHEBER LLAMOCTANTA CHAVEZ	47701690	1	3	4	X			X
101	MARCO VICTOR CUEVA DIAZ	474184274	3	2	5	X			X
102	JULIA CUEVA CARO	82656967	2	3	5	X			X
103	JUAN ANTONIO PUNTILLO YUNCA	40066454	3	3	6	X			X
104	NARCIZO REYNALDO DOMINGUEZ JACOME	40102862	3	2	5	X			X
105	SANTA ISABEL RUPAY CARO	45619439	1	2	3	X			X
106	FLORENCIA ROSALES CUEVA	80582806	2	2	4	X			X
107	MARGARITA LUCIA DOMINGUEZ JACOME	42717443	2	3	5	X			X
108	JESUS PAULINO GARCIA OBISPO	71885606	2	3	5	X			X
109	LUIS MAXIMO QUITO VALENCIA	31669364	1	1	2	X			X
110	CARMEN CLAUDIA MINAYA HARO	31638303	2	2	4	X			X
111	MARIA MARQUITA PONCEANO CUEVA DE ORDEANO	31638357	1	3	4	X			X
112	ESTEBAN CHINCHAY CASTILLO	31636812	1	4	5	X			X
113	YESICA ROSA MINAYA DOMINGUEZ	71547436	2	4	6	X			X
114	DORITA MARCELA JULCA DEXTRE	71550442	2	2	4	X			X
115	BRIGI ARAUJO	75652112	1	2	3	X			X
116	JUANA SILVA CARRILLO	00252660	2	3	5	X			X
117	YENI PAOLA SANDOVAL CORDOVA	71552560	1	3	4	X			X
118	MARÍA SÁNCHEZ PAREDES	00242723	2	2	4	X			X
119	JORGE FERNÁNDEZ TORO	00252628	1	1	2	X			X
120	ANA LÓPEZ CASTRO	71545765	2	3	5	X			X
121	PEDRO VILLANUEVA GARCÍA	71685264	2	2	4	X			X
122	CARMEN DÍAZ SALAS	71696263	2	1	3	X			X
123	LUIS SOTO ALARCÓN	00232428	1	2	3	X			X
124	PATRICIA MORALES FUENTES	00242721	2	3	5	X			X
125	LUCY REYES CORNEJO	71676862	1	3	4	X			X
126	LEONOR LAVALLE	00251452	2	2	4	X			X

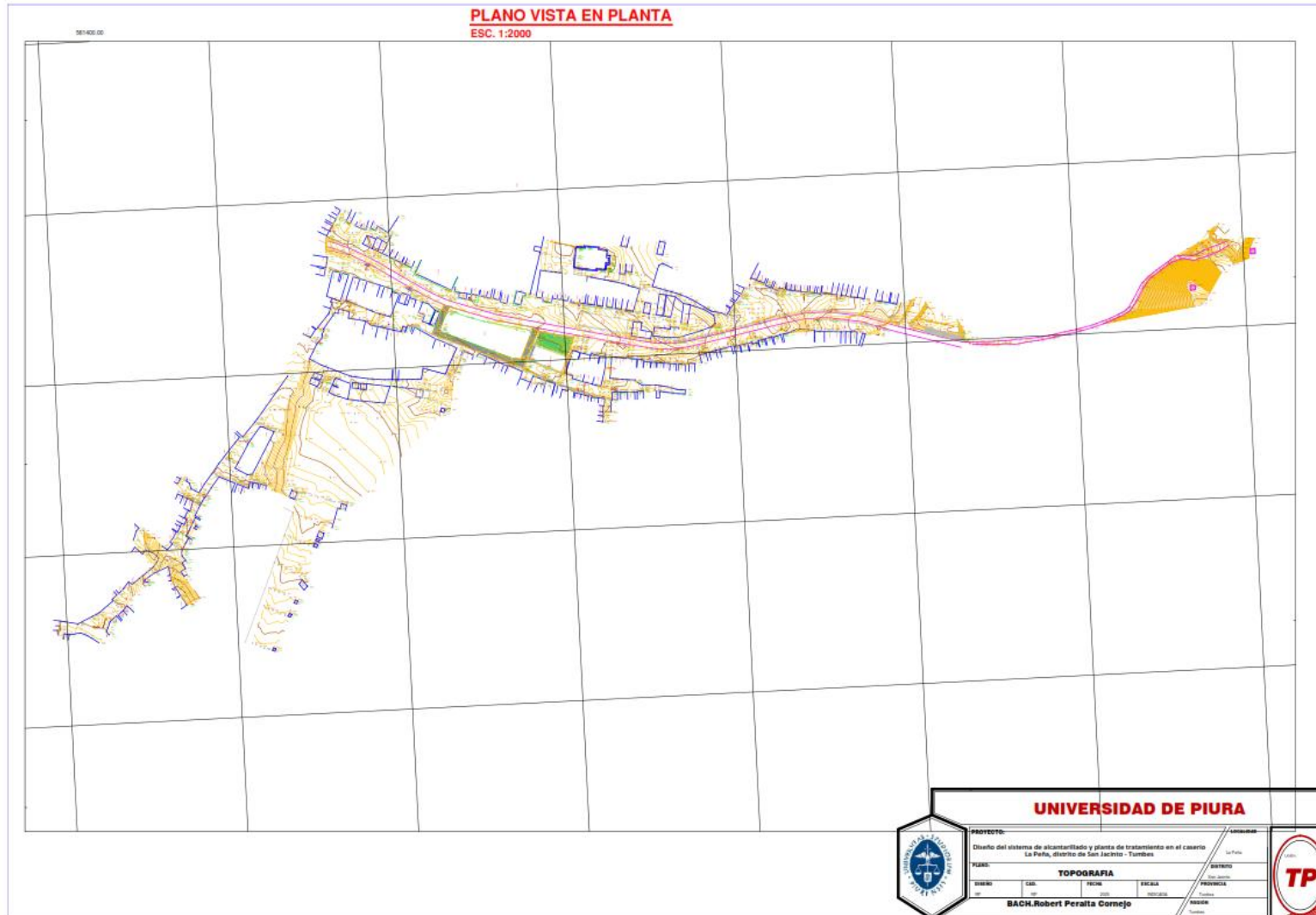
CALCULO DE LA DENSIDAD POBLACIONAL "LOCALIDAD:LA PEÑA"									
127	WALTER ROMERO ATOCHE	00252738	3	1	4	X			X
128	JUAN AGUILAR ROJAS	00251632	1	2	3	X			X
129	CLAUDIA ROMERO QUISPE	71545756	2	2	4	X			X
130	MIGUEL ZAVALA GONZÁLEZ	00242135	2	3	5	X			X
131	ANDREA MUÑOZ PÉREZ	71012345	1	1	2	X			X
132	FERNANDO PAREDES VARGAS	71123456	2	1	3	X			X
133	DANIELA VALVERDE GUTIÉRREZ	71234567	3	1	4	X			X
134	JOAQUÍN DELGADO MORA	71345678	1	2	3	X			X
135	ADRIANA ESPINOZA HERRERA	71456789	1	1	2	X			X
136	FRANCISCO ORTIZ MENDOZA	71567890	2	2	4	X			X
137	SOFÍA ZAMBRANO REYES	71678901	2	3	5	X			X
138	GABRIEL CAMACHO SOLANO	71789012	1	3	4	X			X
139	SANTIAGO PÉREZ MARTÍNEZ	00242634	2	2	4	X			X
141	RENATO FERNÁNDEZ MORALES	00251239	1	3	4	X			X
142	DANIELA TORRES MARTÍNEZ	00241636	2	2	4	X			X
143	GABRIEL RAMÍREZ ZAVALA	00221431	3	3	6	X			X
144	CAMILA SÁNCHEZ MORA	00252329	2	1	3	X			X
145	LUIS CASTILLO CARRASCO	00271936	2	2	4	X			X
146	ALEJANDRA MORALES SÁENZ	00785964	2	1	3	X			X
147	JOAQUÍN ROJAS BECERRA	90123457	2	2	4	X			X
148	VALERIA DELGADO SALAZAR	15486264	3	2	5	X			X
149	JULIO VARGAS PÉREZ	11223344	2	3	5	X			X
150	NATALIA LEÓN FERNÁNDEZ	22334455	2	1	3	X			X
151	SEBASTIÁN NAVARRO MÉNDEZ	33445566	2	2	4	X			X
152	ANDREA HERRERA LÓPEZ	44556677	2	3	5	X			X
153	JAVIER CAMPOS MARTÍNEZ	55667788	2	1	3	X			X
154	MARÍA AGUIRRE FLORES	66778899	1	1	2	X			X
155	MARTÍN JIMÉNEZ ORTIZ	77889900	3	2	5	X			X
156	ALONDRA PAREDES SALAS	88990011	2	2	4	X			X
157	FRANCISCO SALINAS TÁVARA	99001122	1	1	2	X			X
158	LUCÍA CARRASCO GÓMEZ	11002233	2	3	5	X			X
159	ANDRÉS GUZMÁN TORO	22003344	2	1	3	X			X
160	JULIANA PEÑA GONZÁLEZ	33004455	2	2	4	X			X
161	GUSTAVO CORTÉS HERNÁNDEZ	44005566	2	2	4	X			X
162	SAMANTHA SOLANO SANTOS	55006677	1	2	3	X			X
163	MAURICIO VEGA QUISPE	66007788	1	2	3	X			X
164	ALBA TORRES BAZÁN	77008899	2	2	4	X			X
165	MIGUEL ROMERO CRUZ	88009900	1	1	2	X			X
167	LUCAS MUÑOZ MEJÍA	11112222	2	3	5	X			X
168	DÉBORA RÍOS JIMÉNEZ	22223333	2	1	3	X			X
169	TOMÁS MÉNDEZ HUERTA	33334444	1	1	2	X			X
170	CATALINA AGUILAR SÁNCHEZ	44445555	1	3	4	X			X

CALCULO DE LA DENSIDAD POBLACIONAL "LOCALIDAD:LA PEÑA"									
171	IGNACIO RIVERA FUENTES	55556666	2	2	4	X			X
172	MILAGROS CASTRO IBÁÑEZ	66667777	2	2	4	X			X
173	NICOLÁS DURÁN CHÁVEZ	77778888	1	2	3	X			X
174	CONSTANZA ÁVILA MUÑOZ	88889999	2	2	4	X			X
175	BRUNO ORTIZ HURTADO	99990000	1	3	4	X			X
176	CAROLINA CONTRERAS GALINDO	00241835	3	2	5	X			X
177	DIEGO FIGUEROA SÁNCHEZ	00392427	3	1	4	X			X
178	ÁNGELA ANDRADE FUENTES	00362429	2	1	3	X			X
179	MIGUEL CORDERO MÁRQUEZ	00140725	2	2	4	X			X
180	ISABEL PONCE CASTAÑEDA	00181735	1	2	3	X			X
181	RAMIRO GUTIÉRREZ TORRES	00262431	2	3	5	X			X
182	XIMENA CASTRO ORTEGA	71545890	1	2	3	X			X
183	ADOLFO LOZANO FLORES	71656254	3	1	4	X			X
184	ADRIANA DELGADO LEÓN	71545853	2	2	4	X			X
185	SERGIO VARELA OLIVARES	71000001	2	1	3	X			X
186	RENATA VALDÉS CASTRO	71023456	2	3	5	X			X
187	RAFAEL ZAMORA VILLANUEVA	71112233	1	1	2	X			X
188	ANGÉLICA BARRERA FLORES	71234567	2	2	4	X			X
189	MARCO MEDINA PÉREZ	71998877	1	1	2	X			X
190	SILVIA SOTO CÁRDENAS	00998877	3	2	5	X			X
191	ALEJANDRO VALENZUELA TORRES	71525668	2	2	4	X			X
192	MARTHA SALAZAR MORALES	71585990	2	3	5	X			X
193	ÁLVARO MALDONADO CÁCERES	71575850	2	2	4	X			X
194	CARMEN GAMBOA CERRÓN	71252035	1	1	2	X			X
195	ADRIÁN MÁRQUEZ HERNÁNDEZ	71626531	1	2	3	X			X
196	ROCÍO TAPIA JIMÉNEZ	71545190	3	2	5	X			X
197	FERNANDO ESPINOZA MORENO	71646351	1	4	5	X			X
198	ESTEBAN VARGAS PÉREZ	71586463	1	3	4	X			X
199	JUNIOR ZAVALA CLAVIJO	71545351	2	3	5	X			X
200	VICTOR CARRIZO CARRILLO CABRERA	71595850	1	2	3	X			X
201	VIVIANA CARRILLO TANDAZO	71848625	2	1	3	X			X
202	JAVIER RAMÍREZ DELGADO	71646967	1	2	3	X			X
204	HÉCTOR GONZÁLEZ CARRASCO	71023456	1	2	3	X			X
205	FABIÁN CASTRO PAREDES	71585254	2	3	5	X			X
206	LUCÍA MARTÍNEZ GONZÁLEZ	71585964	1	2	3	X			X
207	MATÍAS REYES QUINTEROS	00242134	1	1	2	X			X
208	CAMILA FLORES ARIAS	71585654	3	1	4	X			X
209	HUGO RAMÍREZ CARRERA	00252437	2	2	4	X			X
210	MARTA QUISPE SALAZAR	54585759	3	2	5	X			X
211	RODRIGO MENDOZA CHÁVEZ	00372514	3	1	4	X			X

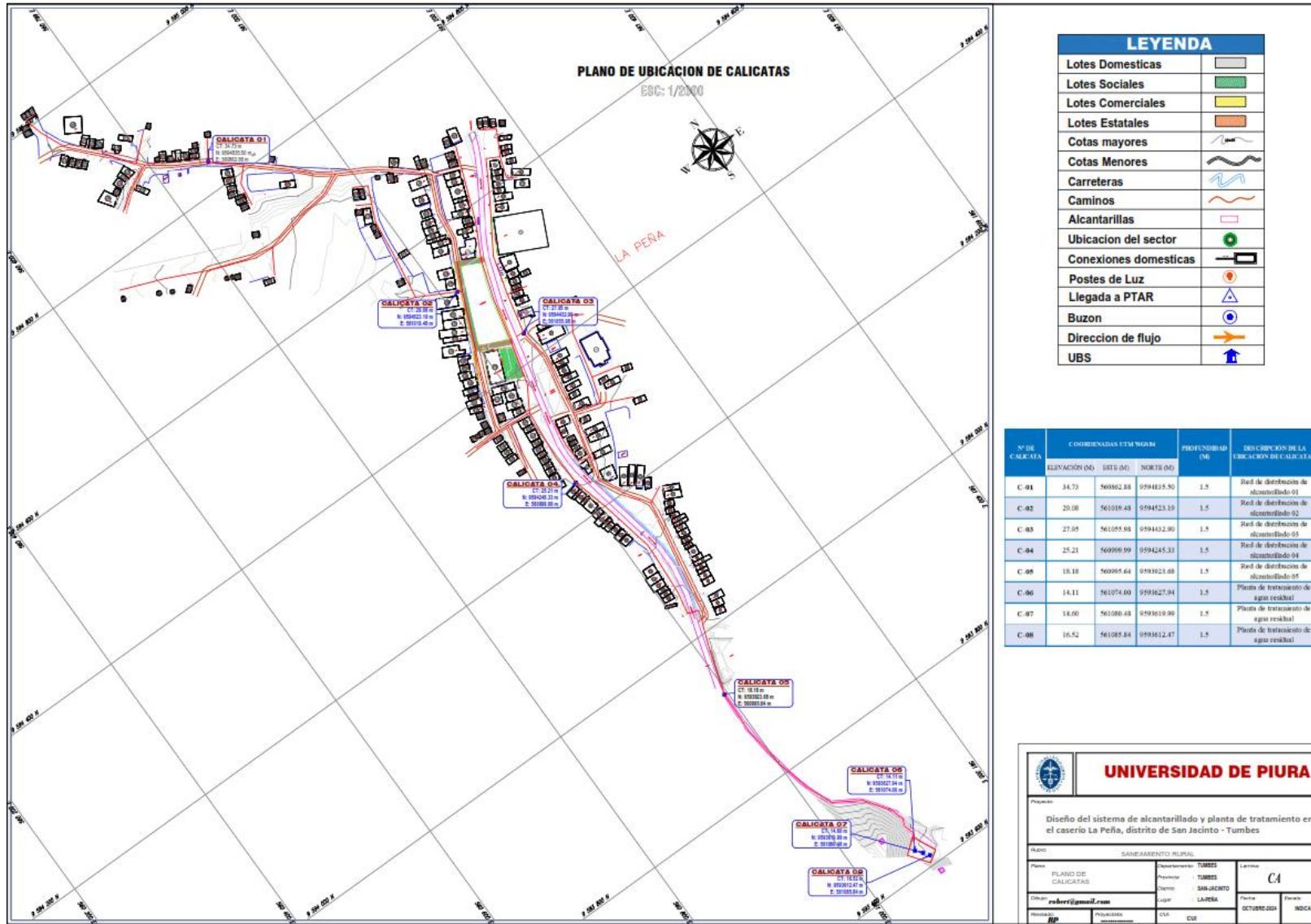
CALCULO DE LA DENSIDAD POBLACIONAL "LOCALIDAD:LA PEÑA"									
212	PATRICIA ÁLVAREZ SANTOS	00213634	1	2	3	X			X
213	NICOLÁS CORDERO JIMÉNEZ	00902534	2	3	5	X			X
214	JIMENA RÍOS VALDÉS	00225488	2	2	4	X			X
215	ÁLVARO TORRES LEÓN	00258855	1	3	4	X			X
216	PAULA VEGA GARCÍA	22334455	2	2	4	X			X
217	RAFAEL CAMPOS LÓPEZ	33445566	1	3	4	X			X
218	DIANA SOTO MEDINA	44556677	2	1	3	X			X
219	IGNACIO LÓPEZ PAREDES	55667788	2	2	4	X			X
220	ÁLVARO CÁCERES BAZÁN	71585761	2	3	5	X			X
221	BEYKER DAVID DAINER ZARATE FLORES	46637604	2	1	3	X			X
222	DANIEL SANTOS BARRIENTOS MARCHAN	42737060	3	2	5	X			X
223	PEDRO DE LAMA VALLADARES	00233158	2	3	5	X			X
224	HUBERT JACKNY MEDINA CLAVIJO	41171479	2	1	3	X			X
225	JUNIOR JAVIER MEDINA CLAVIJO	00233442	3	2	5	X			X
226	ELSA CLAVIJO DE MEDINA	40613545	1	3	4	X			X
227	ANAIS TINOCO SALDARRIAGA	43993956	2	3	5	X			X
228	MARCOS ANTONIO LAVALLE MELGAR	00232729	2	1	3	X			X
229	LUIS MARIO CARRILLO FARIAS	06532105	2	3	5	X			X
230	BENITO CARRILLO TANDAZO	06532106	2	3	5	X			X
TOTAL:			414	466	880	225	0	0	225
			DENSIDAD POBLACIONAL:	3.91					

Anexo 04: Planteamiento de planta de tratamiento de aguas residuales

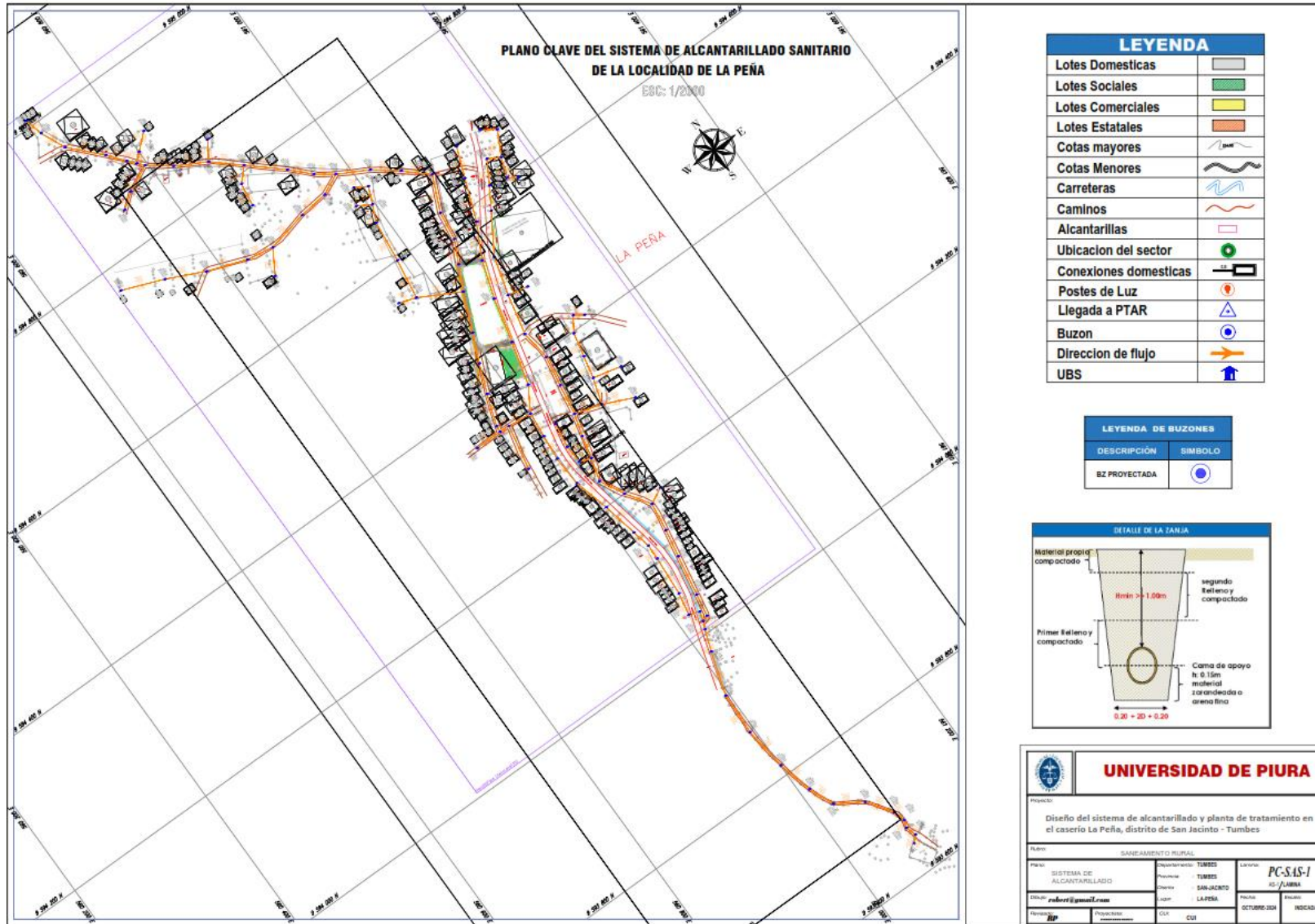
Anexo 05: Plano topográfico



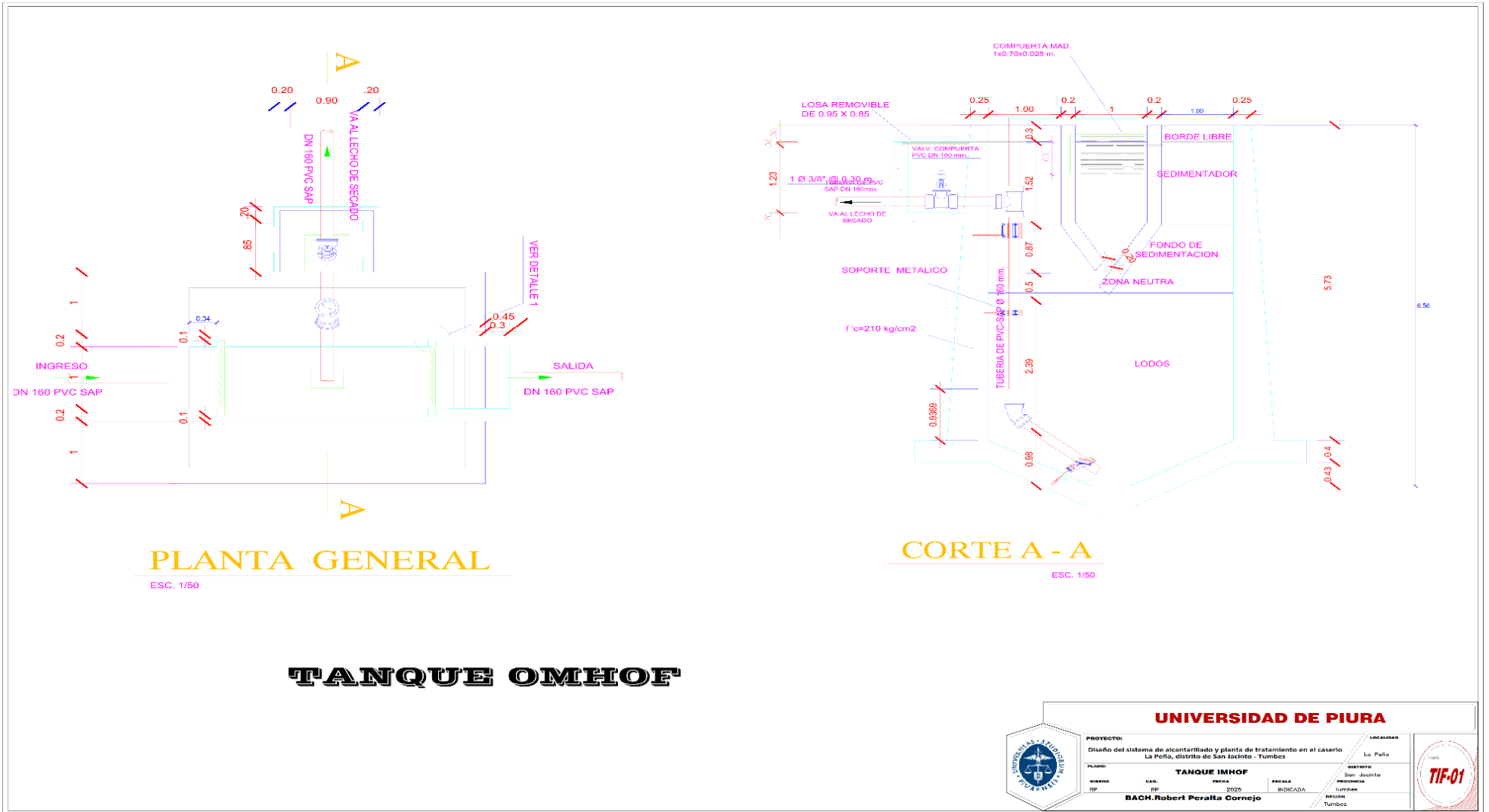
Anexo 06: Plano de calicatas



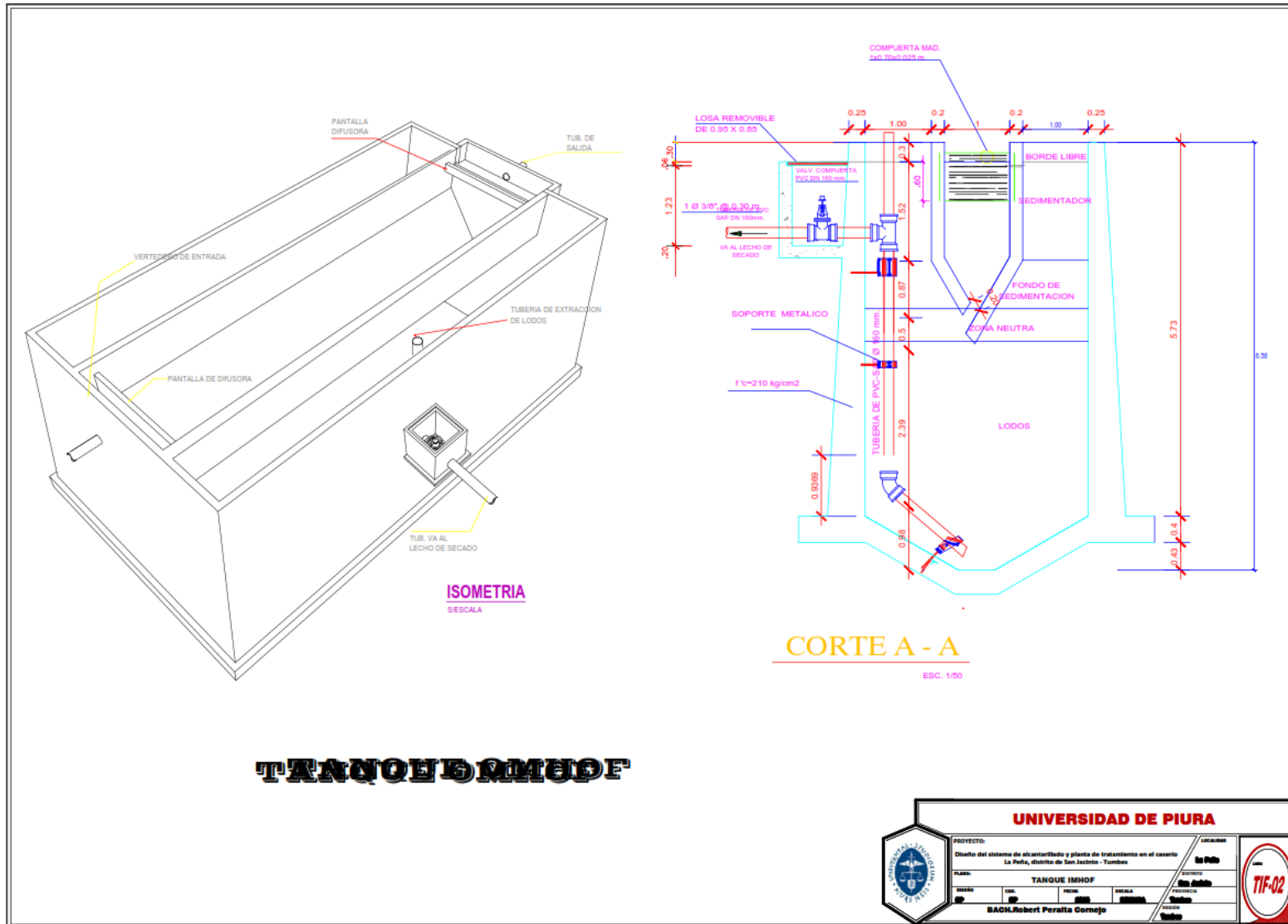
Anexo 07: Plano de distribución



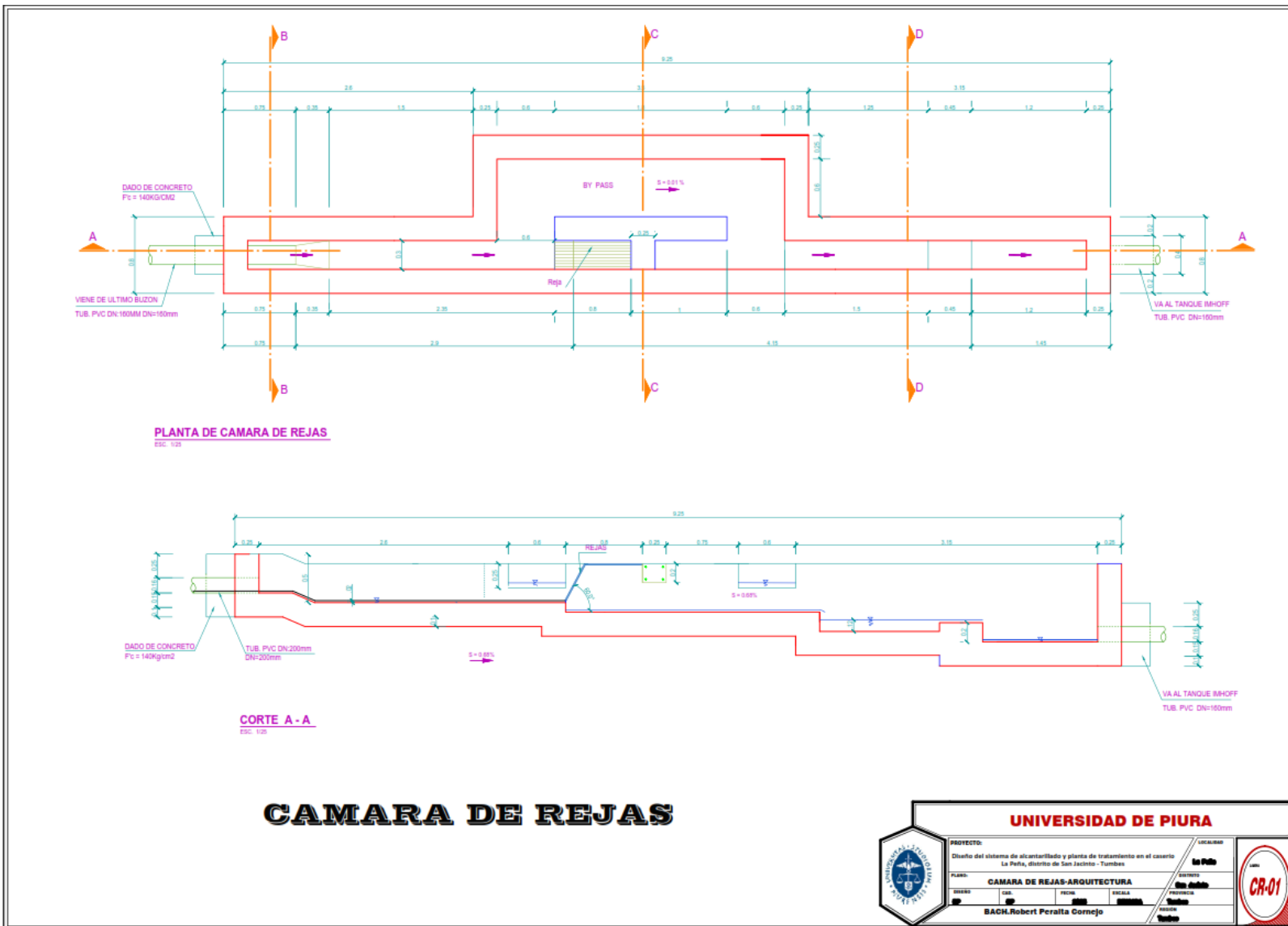
Anexo 08: Tanque imhoff



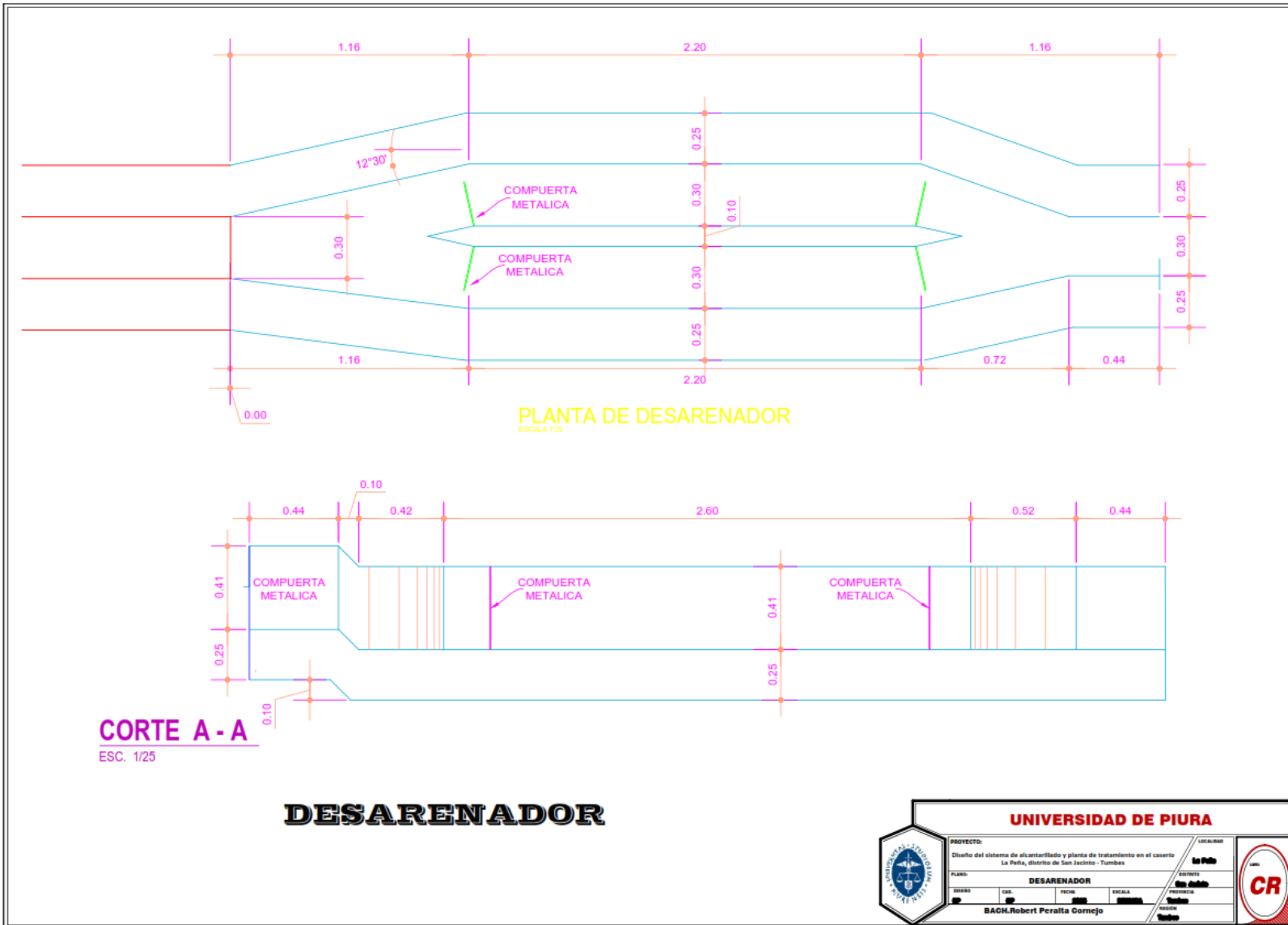
Anexo 09: Tanque imhoff



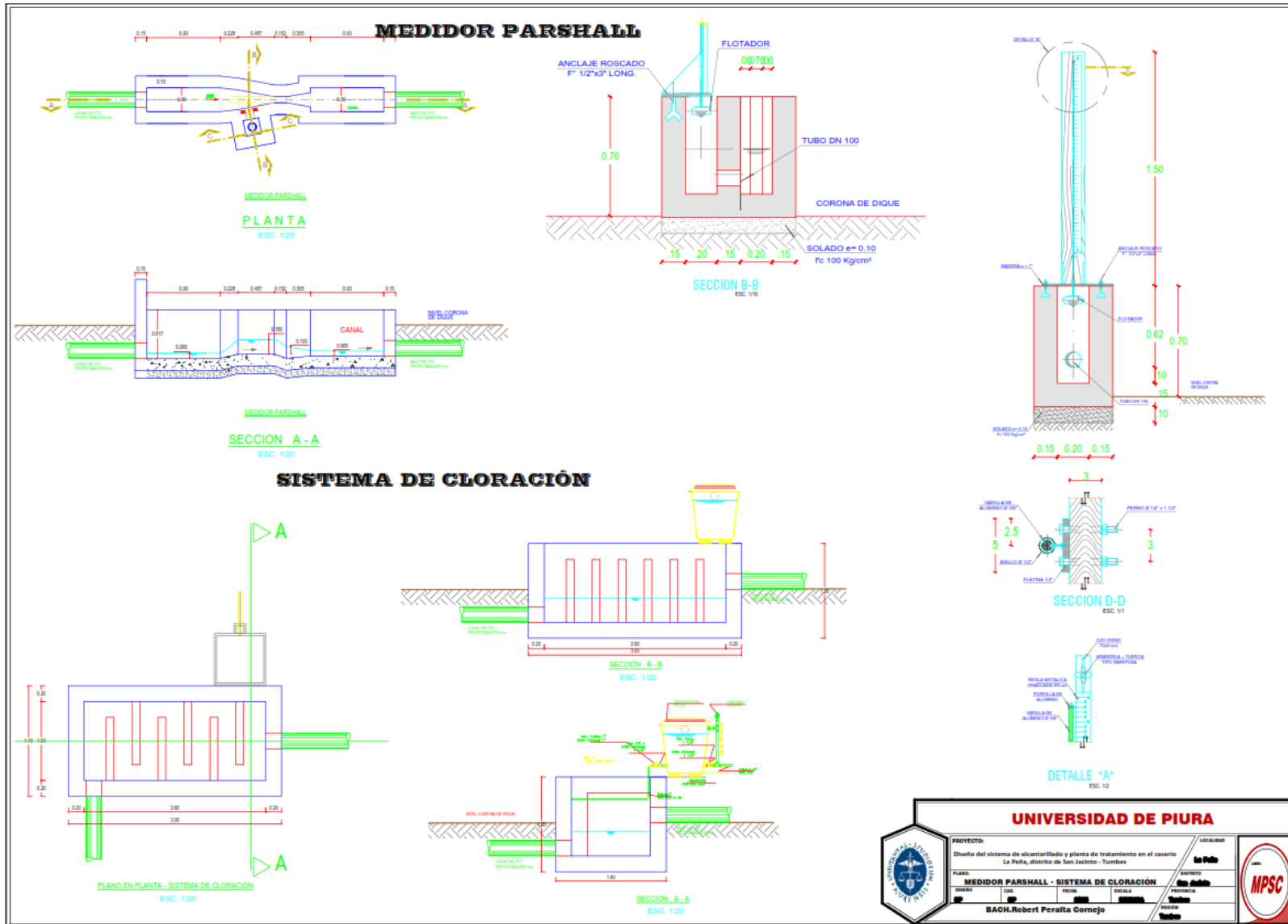
Anexo 10: Cámara de rejas



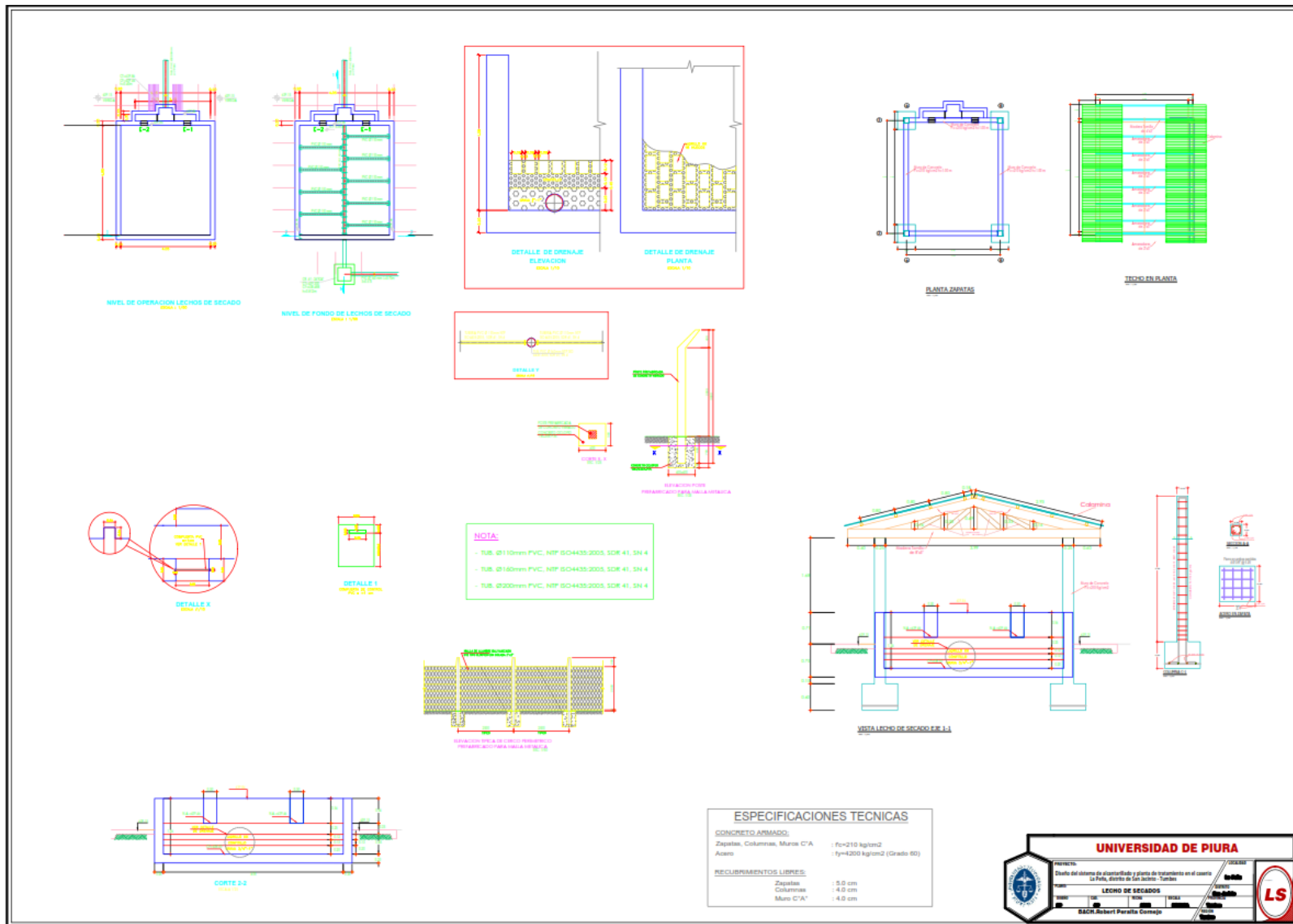
Anexo 12: Desarenador



Anexo 15: Medidor parshall y cámara de cloro



Anexo 16: Lecho de secado



Anexo 17: Análisis de suelo

GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Tumbes, Octubre del 2024

SEÑOR : ING. ROBERT ALESSANDRO PERALTA CORNEJO**ASUNTO** : ALCANZO ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS**REFERENCIA:** PROYECTO: "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN EL CASERIO EN EL CASERIO LA PEÑA, DISTRITO DE SAN JACINTO - TUMBES"

De nuestra consideración:

Tengo a bien dirigirme a Usted; para saludarlo cordialmente y a la vez alcanzo adjunto el trabajo conveniente del Estudio de Mecánica de Suelos, del proyecto de la referencia.

- 01 Estudio de Mecánica de Suelos (EMS).

Le reitero a Ud. mi saludo y estima personal.

Atentamente

JLHZ/LMS
CC/
Archivo

GOBIERNO REGIONAL TUMBES
Gerencia Regional de Infraestructura
Ing. José Luis Huertas Zepallos
MIE DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
C.R. 221548

GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
Y
PAVIMENTOS

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS
CON
FINES DE CIMENTACION

**PROYECTO : “DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y PLANTA DE TRANTAMIENTO EN EL CASERIO LA PEÑA, DISTRITO SAN JACINTO - TUMBES”
PROVINCIA TUMBES, DEPARTAMENTO TUMBES”**

SOLICITANTE : ING. ROBERT ALESSANDRO PERALTA CORNEJO

**UBICACIÓN : REGION : TUMBES
PROVINCIA: TUMBES
DISTRITO : SAN JACINTO
LUGAR : CASERIO LA PEÑA**


GOBIERNO REGIONAL TUMBES
Gerencia Regional de Infraestructura
Ing. José Luis Huertas Zevallos
JEFE DEL LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
C.P. 212049

Tumbes, Octubre del 2024



GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

"Año del Bicentenario, de la Consolidación de Nuestra Independencia, y de la Conmemoración de las Heroicas Batallas de Junín y Ayacucho"

CONTENIDO

Estudio de Mecánica de Suelos del Proyecto: "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN EL CASERIO EN EL CASERIO LA PEÑA, DISTRITO DE SAN JACINTO - TUMBES".

I GENERALIDADES

- 1.1 Introducción
- 1.2 Ubicación
- 1.3 Objetivos
- 1.4 Metas
- 1.5 Descripción de Proyecto
- 1.6 Geología de Área en Estudio

II. TRABAJO DE CAMPO – LABORATORIO Y GABINETE

- 2.1 Excavación de Calicatas
- 2.2 Descripción de Perfil y Clasificación S.U.C.S
- 2.3 Muestreo de Suelos Alterados o Inalterados
- 2.4 Ensayos de Laboratorio
- 2.5 Trabajos de Gabinete

III. CIMENTACIÓN

- 3.1 Capacidad Portante de Carga (QC)
- 3.2 Capacidad Admisible o Presión de Trabajo de Carga (PT)

IV. PROBLEMAS ESPECIALES EN LOS SUELOS QUE SUBYACEN EN LA ZONA EN ESTUDIO

- 4.1 Suelos Colapsables
- 4.2 Ataque Químico a las Estructuras
- 4.3 Suelos Expansivos
- 4.4 Licuación de Suelos
- 4.5 Napa Freática

V. CONSIDERACIONES SISMICAS

VI. ESTUDIOS DE CANTERAS

VII. CONCLUSIONES

VIII. RECOMENDACIONES

GOBIERNO REGIONAL TUMBES
Gerencia Regional de Infraestructura
Ing. José Luis Huertas Zevillos
JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
C.P. 221618



GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

"Año del Bicentenario, de la Consolidación de Nuestra Independencia, y de la Conmemoración de las Heroicas Batallas de Junín y Ayacucho"

IX. ANEXOS

- Perfil Estratigráficos
- Ensayo de Laboratorio
- Ilustraciones
- Plano de Ubicación de Calicatas

GOBIERNO REGIONAL TUMBES
Gerencia Regional de Infraestructura
Ing. José Luis Huertas Zevallos
JEFE DEL LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
C.R. 211608



GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

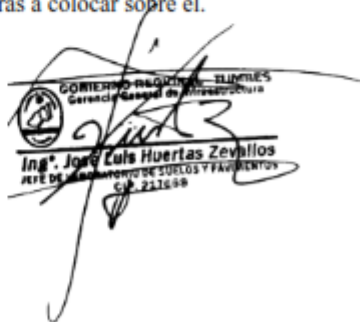
"Año del Bicentenario, de la Consolidación de Nuestra Independencia, y de la Conmemoración de las Heroicas Batallas de Junín y Ayacucho"

VII. CONCLUSIONES

PROYECTO : "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN EL CASERIO LA PEÑA, DISTRITO DE SAN JACINTO - TUMBES"

SOLICITANTE: ING. ROBERT ALESSANDRO PERALTA CORNEJO

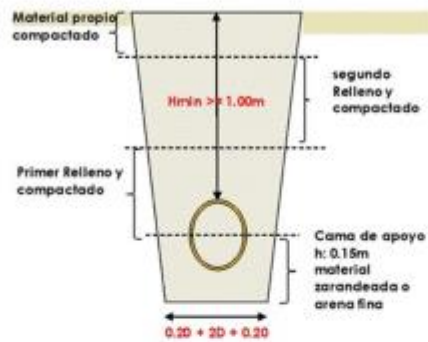
1. El área donde se ha realizado el Estudio de Mecánica de Suelos, pertenece al terreno donde se proyecta la Obra: "Diseño del Sistema de Alcantarillado y Planta de Tratamiento en el Caserío La Peña, Distrito de San Jacinto - Tumbes".
2. El terreno presenta una topografía plana.
3. Los suelos encontrados en la 04 Calicatas presentan 03 capas bien definidos:
4. El estrato de cimentación recae en el estrato inferior.
5. Los resultados de capacidad portante (QC) y capacidad admisible. Presión de trabajo (PT) de los suelos donde se proyecta la Obra. Se indica en el cuadro anexo.
6. Hasta la profundidad de excavación de - 2.00 m. No se ha encontrado el nivel freático.
7. **Los resultados de este estudio se aplican exclusivamente al área estudiada, no se pueden utilizar en otros sectores o para otros fines.**
8. Es necesario mejorar el suelo de cimentación de las estructuras a colocar sobre él.


 GOBIERNO REGIONAL TUMBES
 Gerencia General de Infraestructura
 Ing. José Luis Huertas Zevallos
 INE DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 C.R. 221644

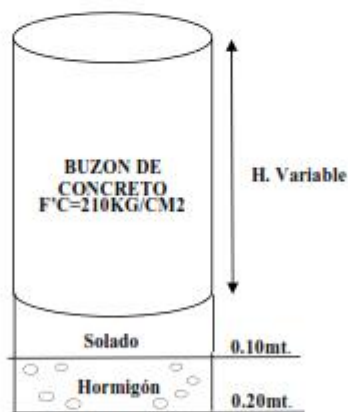


"Año del Bicentenario, de la Consolidación de Nuestra Independencia, y de la Conmemoración de las Heroicas Batallas de Junín y Ayacucho"

B. ZANJA PARA RED DE ALCANTARILLADO PROYECTADO:



C. ESTRUCTURA DE BUZON PROYECTADO:



Suelo de Fundación Compactado


 GOBIERNO REGIONAL TUMBES
 Gerencia Regional de Infraestructura
 Ing. José Luis Huertas Zevallos
 INGE. DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 C.º 211449



GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

"Año del Bicentenario, de la Consolidación de Nuestra Independencia, y de la Conmemoración de las Heroicas Batallas de Junín y Ayacucho"

5. El pre dimensionamiento de la estructura deberá ser verificada y diseñada por el ingeniero proyectista.
6. Debe diseñarse adecuadamente el sistema de las aguas pluviales y evitar infiltraciones que saturen parcialmente el estrato de cimentación.
7. Se recomienda el mejoramiento arriba indicado para el fondo de la zanja para proveer un apoyo firme, establece y uniforme a lo largo de toda la longitud de la tubería.
8. Para el caso de la instalación de tuberías, se recomienda el empleo de tuberías de PVC, para evitar el ataque de los agentes químicos.
9. Para las excavaciones considerar un terreno de tipo normal.
10. Se debe tener especial cuidado de no cimentar sobre relleno, y siempre llegar al terreno natural.
11. Para las excavaciones de la profundidad en la obra será según noma técnicas seguridad 1.50 m, Si es necesario bajar a mayor profundidad, tomarse las precauciones debidas para proteger las paredes de las excavaciones y cimentaciones en general con la finalidad de proteger a los operarios y el uso de escaleras para evitar daños a terceros conforme a lo que indica la norma E 050.
12. El material de base granular que se emplea con esta finalidad se puede obtener usando las especificaciones de la AASHTO M – 147, la cual de seis granulometrias. La granulometria de estos materiales deberá estar comprendida entre las dos primeras de las seis granulometrias indicadas en la tabla de las especificaciones AASHTO M – 147.

TAMIZ	ASTM	A	B	C	D	E	F
51 m.m	2"	100	100	-	-	-	-
25 m.m	1"	-	75 - 95	100	100	100	100
9.5 m.m	3/8"	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100	-	-
4.8 m.m	N° 4	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85	55 - 100	70 - 100
2.0 m.m	N° 10	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70	40 - 100	55 - 100
0.420 m.m	N°40	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45	20 - 50	30 - 70
0.174 m.m	N° 200	2 - 8	5 - 20	5 - 15	5 - 20	6 - 20	8 - 25

La granulometria definitiva que se adopte dentro de estos limites tendrá un grado de finura entre los límites grueso a fino.

Además de las especificaciones de la AASHTO M – 155


Ing. José Cula Huertas Zevallos
 JEFE DEL LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 C.P. 217699



GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

"Año del Bicentenario, de la Consolidación de Nuestra Independencia, y de la Conmemoración de las Heroicas Batallas de Junín y Ayacucho"

- La Fracción del material que pase la malla N° 200 no deberá exceder de $\frac{1}{2}$ y en ningún caso de los $\frac{2}{3}$ que pase el tamiz N° 40.
- La fracción del material que pase el tamiz N° 40 debe tener un límite líquido no mayor de 25% un índice de plasticidad inferior a igual a 6%, determinados de acuerdo a los métodos T – 89 y T – 91 de la AASHTO.

COMPACTACION

Una vez seleccionados los materiales de base, el siguiente punto crítico consiste en asegurar una buena compactación que alcanza la densidad especificada. Las bases que no están adecuadamente compactadas, están expuestas a la depresión por consolidación de los materiales, por lo tanto, es vital su compactación a la alta densidad.

- El control de compactación ser exigido será del 95% como mínimo del obtenido por el método AASHTO T – 180 "D", será tolerado como mínimo el 94 en puntos aislados, pero siempre en la media aritmética en cada 9 puntos.
- El control de compactación se realizará cada área compactada y preparada adoptando los criterios establecidos para base granulares
- El terreno de fundación debidamente compactado a humedad óptima y densidad máxima (no menos del 90% de la densidad máxima obtenida por el método estándar o de laboratorio)

13. Los materiales a utilizar serán de la Cantera San Jacinto, Cantera La Cruz. (ver capítulo estudios de canteras).

14. Agua potable cercana a la obra para elaboración de los concretos.

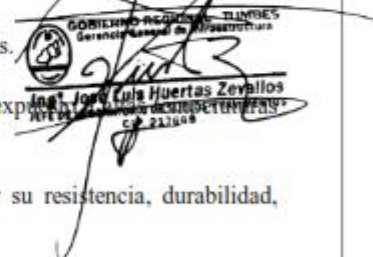
15. Los agregados (piedra, arena, cemento, agua) no deberá estar expuestos en el proceso constructivo de la obra.

16. Se le debe realizar el curado correspondiente para aumentar su resistencia, durabilidad, impermeabilidad, etc.

17. Para la excavación de zanjas en la zona, se deberá emplear los métodos constructivos más apropiados para no poner en peligro las edificaciones vecinas máximo si se tiene en cuenta el tipo de cimentación de ellas.

18. Se recomienda utilizar cemento Portland Tipo Ms en las estructuras de Cimentación y Contención de tierra pues es resistente a la humedad y los sulfatos.

19. La calidad y permanencia de la obra obedece a un estricto control de los parámetros de calidad antes y durante el proceso constructivo


GOBIERNO REGIONAL TUMBES
 Gerencia Regional de Infraestructura
José Luis Huertas Zevallos
 INGENIERO EN MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 CIP 211408



GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

"Año del Bicentenario, de la Consolidación de Nuestra Independencia, y de la Conmemoración de las Heroicas Batallas de Junín y Ayacucho"

ANEXOS







GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

"Año del Bicentenario, de la Consolidación de Nuestra Independencia, y de la Conmemoración de las Heroicas Batallas de Junín y Ayacucho"

PERFIL

ESTRATIGRAFICO





 <p style="text-align: center;"> GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS </p> <p style="text-align: center;"><i>"Año del Bicentenario, de la Consolidación de Nuestra Independencia, y de la Conmemoración de las Heroicas Batallas de Junín y Ayacucho"</i></p>									
<u>PERFIL ESTRATIGRAFICO</u>									
PROYECTO : "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN EL CASERIO LA PEÑA, DISTRITO DE SAN JACINTO - TUMBES" TUMBES, DEPARTAMENTO TUMBES"									
SOLICITANTE: ING. ROBERT ALESSANDRO PERALTA CORNEJO									
UBICACIÓN : CASERIO LA PEÑA									
FECHA : OCTUBRE DEL 2024			CALICATA: 01						
PROFUNDIDAD EN METROS	SUCS	E S P E S O R	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	OBSERVACIONES				
0.00		0.00							
0.20	CL	- 0.90		<u>ESTRATO SUPERIOR</u> Material compuesto por arcilla de mediana plasticidad. De marron oscuro.	M - 1				
0.40				Consistencia compacta y Medianamente humeda.					
0.60	SP	- 1.50		<u>ESTRATO INFERIOR</u> Terreno natural no contaminado compuesto por arena pobrementemente gradada. De coloración gris oscuro.	M - 2				
0.80				Consistencia ligera y humeda.					
1.00									
1.10									
1.20									
1.30									
1.40									
1.50									


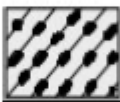
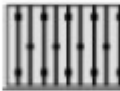



GOBIERNO REGIONAL TUMBES
 Gerencia Regional de Infraestructura
Ing. José Luis Huertas Zevillios
 JEFE DEL LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 C.P. 231048

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PÁGINA 37

 <p style="text-align: center;"> GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS </p> <p style="text-align: center;">*Año del Bicentenario, de la Consolidación de Nuestra Independencia, y de la Conmemoración de las Heroicas Batallas de Junín y Ayacucho*</p>					
<u>PERFIL ESTRATIGRAFICO</u>					
PROYECTO : "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN EL CASERIO LA PEÑA, DISTRITO DE SAN JACINTO - TUMBES" TUMBES, DEPARTAMENTO TUMBES"					
SOLICITANTE: ING. ROBERT ALESSANDRO PERALTA CORNEJO					
UBICACIÓN : CASERIO LA PEÑA					
FECHA : OCTUBRE DEL 2024 CALICATA: 02					
PROFUNDIDAD EN METROS	SUCS	E S P E S O R	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	OBSERVACIONES
0.00		0.00			
0.20	GC	- 0.60		<u>ESTRATO SUPERIOR</u> Material granular compuesto por grava arcillosa. De coloración marrón oscuro. De consistencia poco compacto y húmeda.	M - 1
0.40					
0.60					
0.80	SC	- 1.50		<u>ESTRATO INFERIOR</u> Terreno natural no contaminado compuesto por arena arcillosa. De coloración amarillento. Consistencia poco compacto y húmeda.	M - 2
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					
 Ing. José Luis Huertas Zevillos ATE DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS C.P. 231638					
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PÁGINA 38					

 <p style="text-align: center;"> GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS </p> <p style="text-align: center;"> <i>"Año del Bicentenario, de la Consolidación de Nuestra Independencia, y de la Conmemoración de las Heroicas Batallas de Junín y Ayacucho"</i> </p>					
<u>PERFIL ESTRATIGRAFICO</u>					
PROYECTO : "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN EL CASERIO LA PEÑA, DISTRITO DE SAN JACINTO - TUMBES"					
SOLICITANTE: ING. ROBERT ALESSANDRO PERALTA CORNEJO					
UBICACIÓN : CASERIO LA PEÑA					
FECHA : OCTUBRE DEL 2024 CALICATA: 03					
PROFUNDIDAD EN METROS	SUCS	E S P E S O R	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	OBSERVACIONES
0.00		0.00			
0.20	GC	- 0.50		<u>ESTRATO SUPERIOR</u> Material granular compuesto por grava arcillosa. De coloración marrón oscuro. De consistencia poco compacto y húmeda.	M - 1
0.40					
0.60	SM	- 2.00		<u>ESTRATO INFERIOR</u> Terreno natural no contaminado compuesto por arena limosa. De coloración amarillento. Consistencia poco compacto y húmeda.	M - 2
0.80					
1.00					
1.20					
1.40					
1.60					
1.80					
2.00					
 <p style="text-align: center;"> Ing. José Luis Huertas Zevillos JEFE DEL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS C.P. 231608 </p>					
<p>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PÁGINA 39</p>					



GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Año del Bicentenario, de la Consolidación de Nuestra Independencia, y de la Conmemoración de las Heroicas Batallas de Junín y Ayacucho

PERFIL ESTRATIGRAFICO

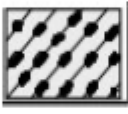
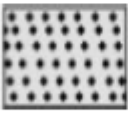
PROYECTO : "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN EL CASERIO LA PEÑA, DISTRITO DE SAN JACINTO - TUMBES"
TUMBES, DEPARTAMENTO TUMBES"

SOLICITANTE: ING. ROBERT ALESSANDRO PERALTA CORNEJO

UBICACIÓN : CASERIO LA PEÑA

FECHA : OCTUBRE DEL 2024

CALICATA: 04

PROFUNDIDAD EN METROS	SUCS	E S P E S O R	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	OBSERVACIONES
0.00		0.00			
0.20	GC	- 0.80		<p style="text-align: center;"><u>ESTRATO SUPERIOR</u></p> <p><i>Material granular compuesto por grava arcillosa. De coloración marrón oscuro. De consistencia poco compacto Y húmeda.</i></p>	M - 1
0.40					
0.60	SP	- 2.00		<p style="text-align: center;"><u>ESTRATO INFERIOR</u></p> <p><i>Terreno natural no contaminado compuesto por arena pobremente gradada. De coloración gris oscuro.</i></p> <p><i>Consistencia ligera y húmeda.</i></p>	M - 2
0.80					
1.00					
1.20					
1.40					
1.60					
1.80					
2.00					


 GOBIERNO REGIONAL TUMBES
 Gerencia Regional de Infraestructura
Ing. José Luis Huertas Zevillos
 JEFE DEL LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 C.P. 231648



GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

"Año del Bicentenario, de la Consolidación de Nuestra Independencia, y de la Conmemoración de las Heroicas Batallas de Junín y Ayacucho"

ENSAYOS

DE

LABORATORIO



GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

"Año del Bicentenario, de la Consolidación de Nuestra Independencia, y de la Conmemoración de las Heroicas Batallas de Junín y Ayacucho"

ILUSTRACIONES



GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

"Año del Bicentenario, de la Consolidación de Nuestra Independencia, y de la Conmemoración de las Heroicas Batallas de Junín y Ayacucho"

ANEXOS

PROYECTO : "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN EL CASERIO LA PEÑA, DISTRITO DE SAN JACINTO - TUMBES"

SOLICITANTE: ING. ROBERT ALESSANDRO PERALTA CORNEJO

FOTO PANORAMICA

Y

CALICATA - 01



GOBIERNO REGIONAL TUMBES
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
Ing. José Luis Huertas Zevallós
JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
C.P. 231648



GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

"Año del Bicentenario, de la Consolidación de Nuestra Independencia, y de la Conmemoración de las Heroicas Batallas de Junín y Ayacucho"

ANEXOS

PROYECTO : "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN EL CASERIO LA PEÑA, DISTRITO DE SAN JACINTO - TUMBES"

SOLICITANTE: ING. ROBERT ALESSANDRO PERALTA CORNEJO

FOTO PANORAMICA

y

CALICATA - 02



GOBIERNO REGIONAL TUMBES
Gerencia Regional de Infraestructura

Ing. José Luis Huertas Zevillios
Jefe de Laboratorio de Suelos y Pavimentos
C.P. 231608



Gobierno Regional de Tumbes
Gerencia Regional de Infraestructura
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos

"Año del Bicentenario, de la Consolidación de Nuestra Independencia, y de la Conmemoración de las Heroicas Batallas de Junín y Ayacucho"

ANEXOS

PROYECTO : "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN EL CASERIO LA PEÑA, DISTRITO DE SAN JACINTO - TUMBES"

SOLICITANTE: ING. ROBERT ALESSANDRO PERALTA CORNEJO

FOTO PANORAMICA

y

CALICATA - 03



Gobierno Regional de Tumbes
Gerencia Regional de Infraestructura
Ing. José Luis Huertas Zepallo
MFE DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
C.P. 241648



GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

"Año del Bicentenario, de la Consolidación de Nuestra Independencia, y de la Conmemoración de las Heroicas Batallas de Junín y Ayacucho"

ANEXOS

PROYECTO : "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y PLANTA DE TRATAMIENTO EN EL CASERIO LA PEÑA, DISTRITO DE SAN JACINTO - TUMBES"

SOLICITANTE: ING. ROBERT ALESSANDRO PERALTA CORNEJO

FOTO PANORAMICA

y

CALICATA - 04



GOBIERNO REGIONAL TUMBES
Gerencia Regional de Infraestructura
Ing. *Joel Luis Huertas Zevallos*
JEFE DEL LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
C.P. 217000

Anexo 18: Panel fotográfico





