



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONA DE INGENIERÍA CIVIL

**SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA
MEJORAR LA DISPOSICIÓN DE EXCRETAS EN EL
CENTRO POBLADO EL NAZARENO DEL DISTRITO
SAN JOSÉ, PROVINCIA Y REGIÓN LAMBAYEQUE**

**PRESENTADA POR
FRANK ISAIAS ACOSTA TORRES
VICTOR ENRIQUE DELGADO GASTELO**

ASESOR

JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA

ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO

**TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**LIMA – PERÚ
2020**



CC BY-NC

Reconocimiento – No comercial

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, y aunque en las nuevas creaciones deban reconocerse la autoría y no puedan ser utilizadas de manera comercial, no tienen que estar bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA MEJORAR
LA DISPOSICIÓN DE EXCRETAS EN EL CENTRO POBLADO
EL NAZARENO DEL DISTRITO SAN JOSÉ, PROVINCIA Y
REGIÓN LAMBAYEQUE**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

**ACOSTA TORRES, FRANK ISAIAS
DELGADO GASTELO, VICTOR ENRIQUE**

LIMA – PERÚ

2020

DEDICATORIA

Primero, a Dios que me han guiado y dado fuerzas durante todo este proceso de sacrificio y superación, que me ha traído hasta este momento.

A mis amados padres, hermanos y demás familia que me acompañen en este proceso lleno de retos, y confiaron en mí durante todo este tiempo.

A todos los docentes y personas involucradas en mi crecimiento tanto en el nivel educativo como personal.

Frank Isaías Acosta Torres

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios que siempre me brinda salud y las fuerzas para no rendirme en el camino logrando realizar esta investigación.

A mi familia y amigos, por siempre estar en los malos y buenos momentos alentándome con su apoyo incondicional.

A mis docentes, por impartir conocimientos y experiencias de vida, transmitiendo el amor por la ingeniería civil.

Víctor Enrique Delgado Gástelo

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Situación problemática	1
1.2 Definición del problema	5
1.3 Formulación del problema	6
1.4 Objetivos	7
1.5 Justificación	7
1.6 Impacto potencial	8
1.7 Alcances y limitaciones	9
1.8 Viabilidad de la investigación	10
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	11
2.1 Antecedentes de la investigación	11
2.2 Bases teóricas	19
2.3 Definición de Términos básicos	63
2.4 Hipótesis	64
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	66
3.1 Diseño Metodológico	66
3.2 Método de la Investigación	67
3.3 Variables	67

3.4	Población y muestra	69
3.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	73
3.6	Técnicas e instrumentos de procesamiento de datos	73
3.7	Desarrollo metodológico de la investigación	74
CAPÍTULO IV. DESARROLLO		75
4.1	Estudio topográfico	75
4.2	Estudio de suelos	78
4.3	Parámetros de diseño	81
4.4	Análisis del sistema de alcantarillado mediante el software SewerCAD	88
4.5	Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales	98
CAPÍTULO V. RESULTADOS		115
5.1	Topografía	115
5.2	Estudio de Suelos	116
5.3	Sistema de alcantarillado	119
5.4	Planta de tratamiento	124
CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN		130
6.1	Contrastación de hipótesis	130
6.2	Comparación con antecedentes	135
CONCLUSIONES		140
RECOMENDACIONES		142
FUENTES DE INFORMACIÓN		144
ANEXOS		149

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Forma de eliminación de excretas	20
Tabla 2. Tamaños estándar de tamices	22
Tabla 3. Simbología de grupo (SUCS)	25
Tabla 4. Tipología de suelos (SUCS)	25
Tabla 5. Dotaciones según condiciones de las localidades	32
Tabla 6. Diámetros de tubería en relación a la distancia	38
Tabla 7. Material retenido en cribas	44
Tabla 8. Factor de capacidad relativa y tiempo de digestión	50
Tabla 9. Métodos de tratamientos terciarios	58
Tabla 10. Clase de terreno en relación al tiempo de infiltración	61
Tabla 11. Distancias mínimas por tipo de sistema	62
Tabla 12. Tabla de operacionalización de variables	68
Tabla 13. Tabla de BM topográficos	78
Tabla 14. Tabla de calicata C-1	79

Tabla 15. Tabla de calicata C-2	80
Tabla 16. Tabla de calicata C-3	80
Tabla 17. Tabla de crecimiento poblacional	84
Tabla 18. Ficha técnica de tubería de alcantarillado, Pavco Wavin	90
Tabla 19. Resultados para la cámara de rejillas	104
Tabla 20. Factor de capacidad relativa (fcr)	108
Tabla 21. Resultados de pozos de percolación	114
Tabla 22. Tabla de nivel freático	118
Tabla 23. Tabla de parámetros de corte directo	118
Tabla 24. Tabla de análisis químico	119
Tabla 25. Resultados de tuberías del software SewerCAD	120
Tabla 26. Resultados de buzones obtenidos del software SewerCAD	122
Tabla 27. Resultados del pretratamiento – cámara de rejillas	125
Tabla 28. Resultados del tratamiento primario – tanque Imhoff	126
Tabla 29. Resultados del tratamiento de lodos – secado de lodos	128
Tabla 30. Tabla de discusión de resultados H-1	130
Tabla 31. Tabla de discusión de resultados H-2	132
Tabla 32. Tabla de discusión de resultados H-3	133
Tabla 33. Tabla de discusión de resultados H-4	134
Tabla 34. Cuadro comparativo con antecedente de Benito	137
Tabla 35. Cuadro comparativo con antecedente de Arambolo y Reyes	139

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Carencia de servicios higiénicos para disposición de excretas	2
Figura 2. Cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado	3
Figura 3. Localidades del ámbito de las EPS más grandes	4
Figura 4. Diagrama de causa y efecto	6
Figura 5. Curva de relación de tamaño de partícula	23
Figura 6. Muestra de suelo antes y después de realizar la prueba	26
Figura 7. Curva de flujo para determinar el límite líquido	27
Figura 8. Diagrama de un instrumento de corte directo	29
Figura 9. Distribución de un sistema de alcantarillado sanitario	39
Figura 10. Esquema de tratamiento de aguas residuales domésticas	35
Figura 11. Cámara de rejas en operaciones	45
Figura 12. Desarenador en paralelo	46
Figura 13. Desengrasador	47

Figura 14. Esquema de biodigestor o tanque séptico mejorado	48
Figura 15. Esquema de tanque Imhoff	52
Figura 16. Filtro biopercolador	53
Figura 17. Laguna de oxidación anaerobia	54
Figura 18. Laguna de oxidación aerobia	55
Figura 19. Tanque RAFA	57
Figura 20. Lecho o patio de secado	61
Figura 21. Curva de capacidad de absorción del suelo	63
Figura 22. Mapa de ubicación del C.P. El Nazareno	69
Figura 23. Vista aérea en planta del Centro Poblado El Nazareno	70
Figura 24. Vista aérea del Centro Poblado El Nazareno	71
Figura 25. Paradero vehicular del Centro Poblado El Nazareno	71
Figura 26. Acceso al centro poblado el Nazareno	72
Figura 27. Procedimiento de la investigación	74
Figura 28. Ubicación Geográfica C.P. El Nazareno	76
Figura 29. Estación total empleada para el levantamiento topográfico	77
Figura 30. Prismas empleados para el levantamiento topográfico	77
Figura 31. Plano de ubicación del C.P. El Nazareno	78
Figura 32. Calicata N° 1 (C-1) red de alcantarillado	79
Figura 33. Calicata N° 2 (C-2) red de alcantarillado	80
Figura 34. Calicata N° 3 (C-3) Planta de tratamiento	81

Figura 35. Creación de nuevo proyecto	88
Figura 36. Definimos el modo de dibujo	89
Figura 37. Configuración de unidades	89
Figura 38. Configuración de etiquetas para tuberías, buzones y la PTAR	90
Figura 39. Catálogo de tuberías para el diseño de la red	91
Figura 40. Creación de un prototipo para el diseño	92
Figura 41. Definición de los parámetros de diseño según Norma OS.070	93
Figura 42. Insertar las redes a través de la herramienta Modelbuidier	93
Figura 43. Colectores, buzones, conexiones domiciliarias y lotes en software SewerCAD	94
Figura 44. Herramienta trex para insertar elevaciones	95
Figura 45. Definición del caudal unitario para conexiones domésticas	96
Figura 46. Asignación del caudal unitario a las conexiones domiciliarias	96
Figura 47. Tasa de infiltración por longitud de tuberías	97
Figura 48. Tasa de infiltración por buzones	97
Figura 49. Cálculos del software SewerCAD al correr el programa	98
Figura 50. Plano topográfico del centro poblado El Nazareno	115
Figura 51. Perfil estratigráfico de calicata 01	116
Figura 52. Perfil estratigráfico de calicata 02	117
Figura 53. Perfil estratigráfico de calicata 03	117
Figura 54. Diseño de red de alcantarillado software SewerCAD	119
Figura 55. Detalle típico de buzones	123

Figura 56. Detalle típico de conexiones domiciliarias	124
Figura 57. Detalle cámara de rejas	126
Figura 58. Detalle tanque Imhoff	127
Figura 59. Corte lecho de secado de lodos	128
Figura 60. Pozo percolador – Corte	129

RESUMEN

El sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales es el servicio básico de primera necesidad más escaso entre la población rural en el Perú, lo que genera contaminación ambiental y enfermedades a los moradores. El objetivo principal de esta investigación es realizar el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales para mejorar la disposición de excretas en el centro poblado El Nazareno en el distrito de San José, provincia y región de Lambayeque. Se han realizado estudios previos para identificar las condiciones topográficas y de suelos, así como determinar los parámetros de diseño que se utilizaron al momento de proyectar las redes de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento. Contempla las Normas Técnicas Peruanas (NTP), OS. 100, IS. 020, OS. 070 y OS. 090. Los resultados del diseño es una red de tubería de 2 119.20m de longitud, material PVC – SN4, diámetro 200mm, velocidad y tracción tractiva mínima 0.60m/s y 1.001pa respectivamente, 38 buzones de inspección. El sistema de tratamiento de aguas residuales plasma una planta de tratamiento que consiste en un pretratamiento mediante una cámara de rejillas, seguido por el tratamiento primario basado en un tanque Imhoff con volumen de sedimentador de 5.96m³ y volumen de digester de lodos 29.20m³. Como tratamiento de lodos cuenta con un lecho de secado de 3.00m ancho y 4.30m de largo, el cual tiene una disposición final en dos pozos de percolación con 4.00 y 5.00m de diámetro y profundidad, respectivamente.

Palabras clave: Alcantarillado sanitario, tanque Imhoff, tratamiento de aguas residuales, lecho de secado de lodos, disposición de excretas.

ABSTRACT

The sanitary sewerage and wastewater treatment system is the scarcest basic service among the rural population in Peru, which generates environmental contamination and illnesses among the inhabitants. The main objective of this research is to design a sanitary sewerage and wastewater treatment system to improve excreta disposal in the town of El Nazareno in the district of San José, province and region of Lambayeque. Previous studies have been carried out to identify the topographic and soil conditions, as well as to determine the design parameters that were used at the time of designing the sanitary sewer and treatment plant networks. It includes the Peruvian Technical Standards (NTP), OS. 100, IS. 020, OS. 070 and OS. 090. The design results are a pipe network of 2 119.20m in length, PVC - SN4 material, diameter 200mm, minimum velocity and tractive traction 0.60m/s and 1.001pa respectively, 38 inspection boxes. The wastewater treatment system includes a treatment plant consisting of pretreatment with a grating chamber, followed by primary treatment based on an Imhoff tank with a settling tank volume of 5.96m³ and a sludge digester volume of 29.20m³. As sludge treatment, it has a drying bed of 3.00m wide and 4.30m long, which has a final disposal in two percolation pits with 4.00 and 5.00m diameter and depth, respectively.

Key words: Sanitary sewer, Imhoff tank, wastewater treatment, sludge drying bed, excreta disposal.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que presentan las poblaciones vulnerables de la zona rural de nuestro país, en su gran mayoría, es la falta de atención en los problemas sociales como salud, educación, agua potable y saneamiento, esto ha incrementado los índices de analfabetismo, morbilidad infantil y pobreza extrema. En el apartado de agua potable y saneamiento según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), en el último censo poblacional y de viviendas, realizado en el año 2017 en la región de Lambayeque específicamente en la zona rural el 41.30% de viviendas no tienen acceso al servicio básico de abastecimiento de agua apta para el consumo humano y con respecto al servicio de saneamiento se ve reflejado en un 83.50% de la población recurriendo a emplear métodos precarios e inadecuados de disposición de excretas, que atentan a la salud poblacional y contribuyen a la contaminación del medio ambiente.

Que una localidad cuente con un sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales es muy importante para garantizar la salud de los habitantes y mitigación de la contaminación del medio ambiente ya que la eliminación de estas aguas sin un previo tratamiento se convierte en una fuente de contaminación (Fondo Nacional del Ambiente, FONAM, 2010).

Por su parte, el área en cuestión, motivo de estudio, radica en el centro poblado El Nazareno perteneciente al distrito de San José, provincia y región de Lambayeque, dicho centro poblado en la actualidad atraviesa problemas

serios respecto a la disposición de excretas, ya que su saneamiento es precario e inadecuado. La utilización de letrinas, pozos ciegos e incluso la disposición final de aguas residuales a la intemperie convierten al centro poblado en una fuente de contaminación que afecta directamente en la salud de los pobladores.

Por lo tanto, el objetivo del estudio es realizar el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales que permita mejorar la disposición de excretas en el centro poblado El Nazareno, distrito de San José, provincia y región de Lambayeque.

El presente diseño presenta como principal función captar, transportar y tratar las aguas residuales de las viviendas, a través de un sistema de tuberías que se complementarán con buzones de inspección y conexiones domiciliarias que transportan las aguas hacia una planta de tratamiento donde serán tratadas para mejorar su calidad y que su disposición final sea la más adecuada contribuyendo así a optimizar la forma de disposición de excretas y el cuidado del medio ambiente.

La presente investigación presenta la siguiente estructuración:

En el capítulo I se explica la situación actual que posee la localidad de estudio en torno al problema, se define y formula el problema principal y específico. Asimismo, el objetivo principal y los específicos incluyendo la importancia, viabilidad, limitaciones y alcances de la investigación

El capítulo II abarca el conglomerado de antecedentes bibliográficos, divididos entre internacionales y nacionales; las bases teóricas y los términos técnicos plasmados en un glosario

En el capítulo III, se explica la metodología que se aplica a la investigación; el tipo, enfoque, nivel, diseño y método que posee la investigación. El cuadro de operacionalización de variables, técnicas de recolección e instrumentos de procesamiento de datos, así como la muestra

y población.

En el capítulo IV, se realizó el desarrollo de la investigación donde se detalla el procedimiento empleado a lo largo de la tesis; los estudios de topografía y suelos, así como los diseños del sistema de alcantarillado sanitario y la planta de tratamiento. En el quinto, se muestran los resultados que se han obtenido después de desarrollar la investigación. Y en el sexto capítulo, se contrastan las hipótesis y se discuten los resultados obtenidos con resultados acordes con los antecedentes considerados.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Situación problemática

Poder tener accesibilidad al agua saludable, limpia y contar con un sistema apropiado de alcantarillado sanitario es un derecho humano tal y como lo aceptó la Asamblea General de las Naciones Unidas en un estudio realizado en el año 2010, por lo cual insisto a realizarse denodadas acciones por parte de organismos internacionales con la finalidad de apoyar a los países subdesarrollados a brindar servicios de agua potable, sistemas de saneamiento e instalaciones sanitarias adecuadas y sostenibles que estuvieran acorde a la realidad de cada país.

La mala disponibilidad y falta de acceso a los servicios básicos de saneamiento, tiene un impacto negativo en la salubridad de la población. Aproximadamente 842.000 personas fallecen anualmente en países de ingresos bajos y medianos debido al agua potable contaminada y al saneamiento deficiente, las muertes de estas personas representan el 58% de todas las muertes por diarrea. Además, aproximadamente 4500 millones de personas carecen de un sistema de disposición de excretas. (Organización Mundial de la salud y Fondo de las naciones unidas para la infancia, OMS y UNICEF, 2019).



Figura 1. Carencia de servicios higiénicos para disposición de excretas

Fuente: OMS Y UNICEF, 2019

Es de conocimiento mundial que en Sudamérica el problema principal que aqueja a los países de esta región es la carencia de agua potable y saneamiento. Gran parte de países que conforman esta región han incrementado la implementación de servicio de abastecimiento de agua potable, sin embargo, si se compara el crecimiento del sistema de saneamiento en relación al servicio de agua potable, se encuentra el saneamiento por muy por debajo. (Organización de las Naciones Unidas para la educación, la ciencia y la cultura, UNESCO, 2019)

En el Perú, según informes realizados por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento alrededor de 5 millones de habitantes no se benefician con el servicio de agua potable y aproximadamente 11 millones carecen de un sistema de alcantarillado, además, solo el 62% de las excretas es captado por una firma empresarial la cual ofrece servicios de saneamiento y tratamiento de aguas que se realiza posteriormente en las distintas plantas de tratamiento. En la siguiente figura se muestra la cobertura que tienen las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) en el Perú enfocado al sistema de abastecimiento de agua y al saneamiento.

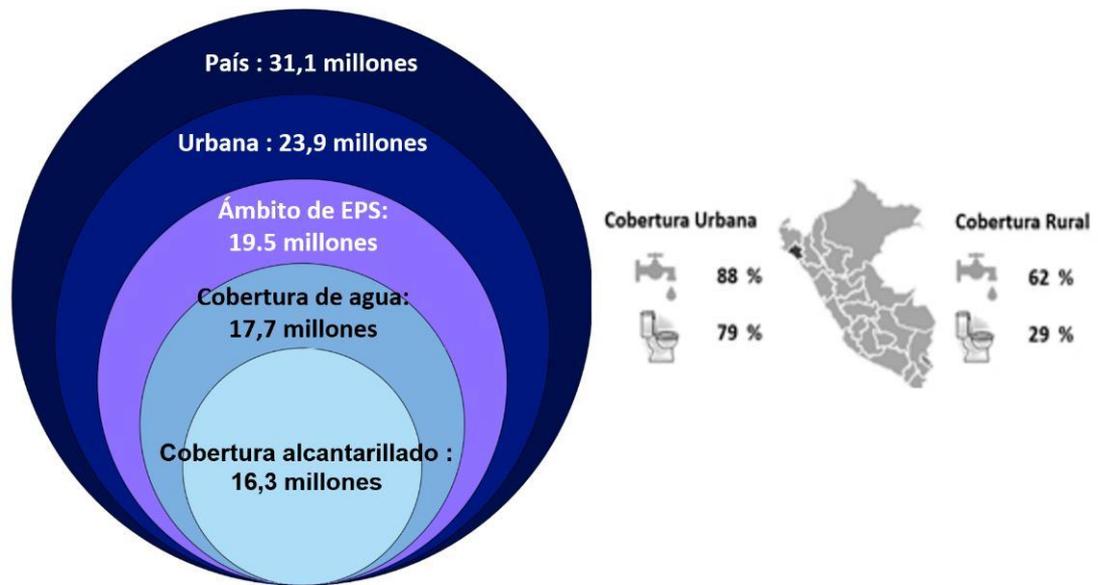


Figura 2. Cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado

Fuente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2017

Como ente regulador y fiscalizador de los servicios de alcantarillado y agua potable en el Perú, La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), presentó un informe acerca de la cobertura que tienen las EPS en nuestro país respecto al tratamiento para las aguas residuales donde nos muestra que Lambayeque a través de la Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento de Lambayeque (EPSEL) posee una de las plantas de tratamiento más grandes del país, sin embargo, esta no llega a cubrir la región en su totalidad tal y como lo muestra en la figura 3 donde vemos que existen localidades sin planta de tratamiento para aguas residuales, en construcción y/o paralizadas.

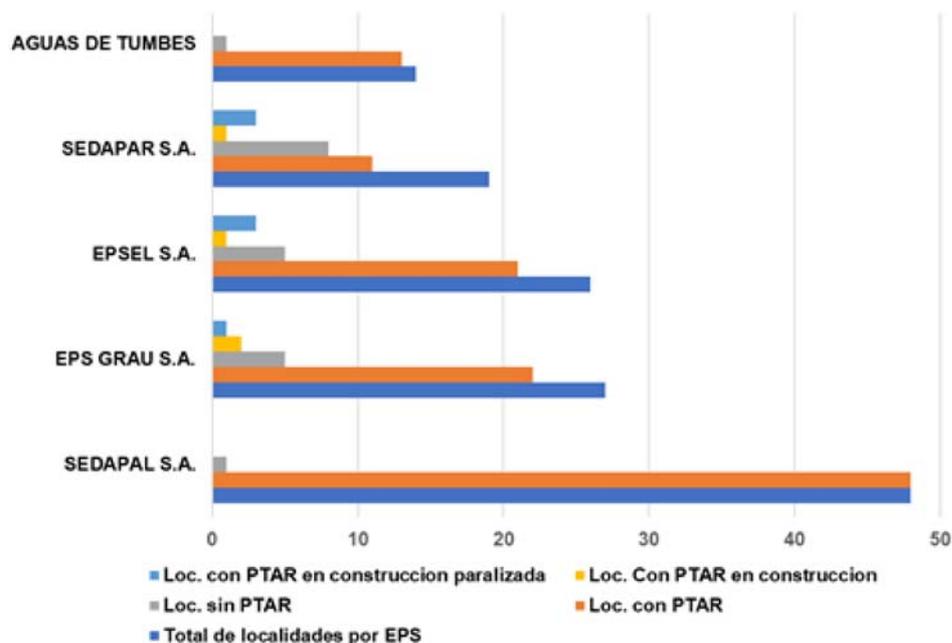


Figura 3. Localidades del ámbito de las EPS más grandes.

Fuente: SUNASS, 2018.

El Distrito de San José forma parte de la provincia y región de Lambayeque, este con el paso del tiempo al igual que muchas localidades del país ha sufrido un crecimiento y expansión de su población generando así nuevas habilitaciones urbanas, centros poblados, pueblos jóvenes, etc. Dichas localidades en su gran mayoría no poseen el servicio básico de agua y alcantarillado los cuales son un factor de riesgo directo que perjudican la calidad de vida de la población.

El centro poblado El Nazareno en la actualidad no posee un sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento para aguas residuales propicio, aun estando cerca de la principal planta de tratamiento de la región Lambayeque ubicada en el distrito de San José. Sin embargo, los pobladores de la zona eliminan sus aguas servidas a través de tanques sépticos ubicados en la vía pública las mismas que por su falta de mantenimiento y capacidad vienen colapsando, generando gran contaminación entre los pobladores, ya que la exudación de las aguas servidas genera olores fétidos y la propagación de moscas, que son factores importantes en la transmisión de enfermedades. Otro sector de la población utiliza letrina de pozo ciego, la cual resulta muy antihigiénico principalmente en épocas de verano, ya que por el calor se

incrementan los olores y su uso se torna muy incómodo debido al olor y el bochorno que genera.

La Gerencia Regional de Salud de Lambayeque informó que la falta de servicios óptimos de abastecimiento de agua potable, sistemas de tratamiento de aguas residuales y eliminación de excrementos, genera altos índices de contaminación y como resultado los niveles de enfermedades respiratorias, gastrointestinales y desmicas aumentaron significativamente, estas enfermedades también se les conoce como las causantes de la morbilidad en los infantes tal cual nos muestra el ASIS. (Análisis del Estado de Salud-ASIS GERESA Lambayeque) este análisis encontró como segunda causa de morbilidad infantil a las enfermedades respiratorias y las Enfermedades Diarreicas Agudas, EDAS se posicionan el quinto lugar en la tasa de morbilidad del adulto en Lambayeque.

De acuerdo a lo mencionado, la presente investigación propone mejorar la disposición de excretas en el centro poblado El Nazareno a través de un sistema de alcantarillado sanitario y una planta de tratamiento de aguas residuales.

1.2 Definición del problema

1.2.1 Diagrama causa y efecto

Para poder definir el problema de la presente investigación con fundamento se ha hecho uso del diagrama de Ishikawa, recopilando la información de las encuestas realizadas a especialistas del tema de investigación, ver **Anexo N°02**, a continuación, en la figura 4 se muestra el diagrama de causa y efecto que conllevan al problema principal.

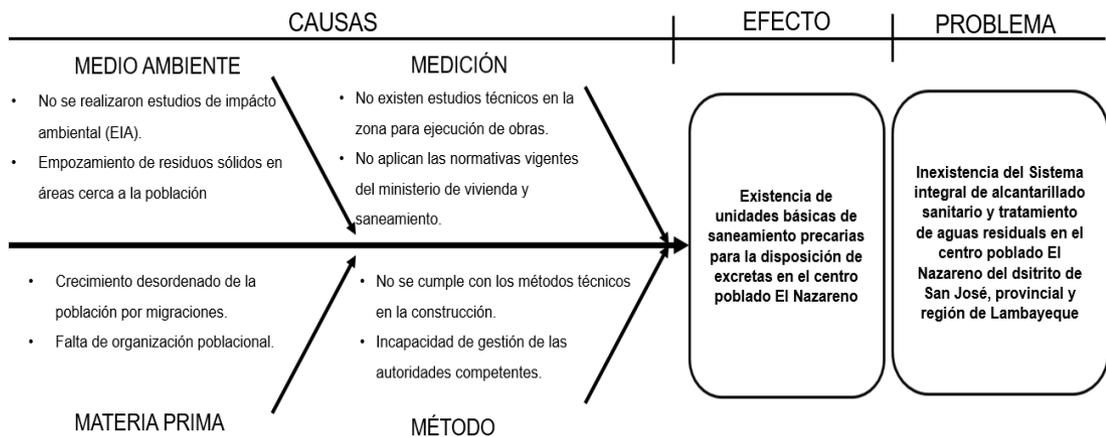


Figura 4. Diagrama de causa y efecto

Elaboración: los autores

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema general:

¿Cuál será la influencia de un sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales en la disposición de excretas en el centro poblado El Nazareno, Distrito de San José, provincia y región Lambayeque?

1.3.2 Problemas específicos:

- ¿Cuáles son las condiciones de topografía y de suelos que presenta el centro poblado El Nazareno, distrito de San José, provincia y región Lambayeque?
- ¿Qué parámetros de diseño usaremos para el sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales para mejorar la disposición de excretas en el centro poblado El Nazareno, distrito de San José, provincia y región Lambayeque?
- ¿El cálculo y diseño hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario mejorará la disposición de excretas en el centro poblado El Nazareno, distrito de San José, provincia y región Lambayeque?
- ¿El cálculo y diseño hidráulico de la planta de tratamiento de aguas residuales mejorará la disposición de excretas en el centro poblado El

Nazareno, distrito de San José, provincia y región Lambayeque?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general:

Diseñar un sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales para mejorar la disposición de excretas en el centro poblado El Nazareno, distrito de San José, provincia y región de Lambayeque.

1.4.2 Objetivos específicos:

- Realizar los estudios básicos de topografía y de suelos para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales para mejorar la disposición de excretas en el centro poblado El Nazareno, distrito de San José, provincia y región Lambayeque.
- Determinar los parámetros de diseño para diseñar el sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales para mejorar la disposición de excretas en el centro poblado El Nazareno, distrito de San José, provincia y región Lambayeque.
- Determinar el cálculo y diseño hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario para mejorar la disposición de excretas en el centro poblado El Nazareno, distrito de San José, provincia y región Lambayeque.
- Determinar el cálculo y diseño hidráulico de la planta de tratamiento de aguas residuales para mejorar la disposición de excretas en el centro poblado El Nazareno, distrito de San José, provincia y región Lambayeque.

1.5 Justificación

1.5.1 Justificación social

Se justifica socialmente debido a que obtendrá el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario, así como también una planta que tratará

aguas residuales, que de ejecutarse el proyecto se optimizará la manera de disposición de excretas y por consiguiente la calidad de vida de 468 habitantes que conforman la población del centro poblado El Nazareno, se verá encaminada a un progreso notorio.

1.5.2 Justificación ambiental

Actualmente el problema medioambiental, ha ido creciendo en importancia en la población, por lo cual la mala disposición de aguas residuales aporta a la contaminación del suelo y el agua del subsuelo. Para ello se busca diseñar un sistema de alcantarillado sanitario y una planta de tratamiento que tendrá la función de recolectar, transportar y tratar las aguas residuales para que la disposición final de estas no afecte al medio ambiente y a la salud pública.

1.5.3 Justificación práctica

La investigación posee una justificación práctica puesto que su desarrollo ayuda a resolver el problema del saneamiento inadecuado presente en el centro poblado El Nazareno, esto a través del diseño de un sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento para aguas residuales.

1.6 Impacto potencial

1.6.1 Impacto teórico

Los conocimientos teóricos y técnicos aplicados en la investigación se fundamentan en estudios e investigaciones realizadas en el tiempo por profesionales especializados en el tema, así como normativa vigente de nuestro país. Por ello la presente investigación se impone como un precedente teórico a futuros estudios que se puedan dar en poblaciones cercanas a la zona de estudio

1.6.2 Impacto práctico

Como impacto práctico, la investigación muestra los resultados de un sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales, los cuales pueden ser llevados a la práctica, después de gestionar con los organismos pertinentes para su ejecución, puesto que los diseños se han elaborado bajo las normativas técnicas que contempla el Perú.

Esto genera un impacto positivo en la población beneficiada, que comprende 468 pobladores, impacto que se verá reflejado a través del mejoramiento de la disposición de excretas y condiciones sanitarias del centro poblado El Nazareno, buscando motivar a centros poblados aledaños en las mismas condiciones a realizar proyectos de la misma envergadura y finalidad.

1.7 Alcances y limitaciones

1.7.1 Alcances

El alcance de la investigación se basa en diseñar un sistema de alcantarillado sanitario y una planta de tratamiento para aguas residuales que satisfagan las necesidades de saneamiento del centro poblado El Nazareno el cual está conformado por un total de 101 viviendas con 468 habitantes entre niños y adultos. El área total del centro poblado es de 25 hectáreas.

Dicho alcance se plasma en planos de estructuras y arquitectónicos del proyecto completo, los cuales serán entregados a los directivos del centro poblado El Nazareno, para su beneficio.

1.7.2 Limitaciones

Una de las limitaciones en la presente investigación es el acceso a la zona de estudio debido a que actualmente el país se encuentra

en estado de emergencia por la propagación de virus COVID-19 que limita el contacto directo con la población. Además, el estado de emergencia afecta el desarrollo de los estudios básicos ya que no se tiene acceso a laboratorios e instrumentos para llevarlos a cabo.

Otra limitación presente en la investigación es la ubicación preliminar de la planta de tratamiento para aguas residuales puesto que requiere de un área extensa la cuál puede ser patrimonio de algún poblador y tendría que pasar por un proceso de expropiación.

1.8 Viabilidad de la investigación

1.8.1 Viabilidad social

El diseño final tanto del sistema de alcantarillado como la planta de tratamiento de aguas residuales puede ser aplicado en el centro poblado El Nazareno, del cual se cuenta con todo su apoyo, para encontrar solución al problema de la disposición de excretas. Además de esto los resultados servirán como referencia para posteriores investigaciones.

1.8.2 Viabilidad económica

Se cuenta con los medios económicos necesarios para poder realizar los estudios pertinentes para el desarrollo de la investigación.

1.8.3 Viabilidad técnica

En la región de Lambayeque podemos encontrar todos los equipos y herramientas para el estudio de topografía, así como laboratorios certificados para el estudio de suelos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

En la presente tesis se han considerado investigaciones de índole internacional y nacional que vayan en concordancia con el proyecto de tesis.

2.1.1 A nivel internacional

Reyes y Arambolo (2018), realizaron la investigación denominada, diseño de sistema de alcantarillado sanitario condominal para la localidad La Yuca de Los Ríos en Santo Domingo, República Dominicana.

Resaltando su principal objetivo de proveer de una propuesta de solución para la distribución de aguas residuales de una porción de La Yuca, ubicada en el sector Los Ríos, Distrito Nacional.

La investigación contiene los estudios preliminares, el diseño hidráulico, cálculos y planos en los que se plasma el sistema de alcantarillado sanitario, el cual se desenvolverá mediante un sistema condominal, que facilitará determinar las alternativas para la identificación y solución a la problemática de higiene en las comunidades, motivando el manejo correcto del agua y una disposición ideal de los residuos sólidos y excretas.

Concluyen realizando una propuesta de diseño de un sistema de alcantarillado sanitario que beneficiará a 177 familias con un crecimiento

poblacional futuro de 1574 habitantes, con un caudal de 3.30 litros por segundo. Las cajas de inspección tendrán dimensiones de 0.50m de ancho y largo con una profundidad de 0.90m. El material que eligieron para las tuberías de alcantarillado fue PVC. Todos sus parámetros de diseño cumplen con las normas de diseño de la Corporación de Acueductos y Alcantarillados de Santo Domingo (CAASD).

Como recomendación final nos dejan proponer el diseño de una pequeña planta de tratamiento en uno de los bordes de la trayectoria de la cañada que no afecte las propiedades de los habitantes.

Bravo y Solís (2018), en tesis para obtener el título de ingeniero civil, tienen como objetivo principal realizar el diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el barrio Los Laureles, comunidad de Nero, de la parroquia Baños, cantón en Cuenca, Ecuador.

Concluyen lo siguiente, en el ámbito topográfico, requieren derechos de servidumbre en diferentes tramos, ya que existe presencia de rocas y se busca un trazo de tuberías óptimo para reducir el monto final, asimismo para el drenaje natural por estar muy cercano a las quebradas, para conducir la vertiente superficial. También se ha logrado que el sistema de saneamiento trabaje en su totalidad por fuerza gravitacional, sin necesidad de estaciones de bombeo hidráulico.

Con respecto al material empleado para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario, han optado por usar PVC, al tener superioridad en sus ventajas frente a las tuberías de hormigón.

El presupuesto estimado para la construcción de la obra de alcantarillado sanitario es de 167,135.06 USD y para construir el drenaje natural es de 1,642.39 USD. Dicho presupuesto considera todas las partidas con sus especificaciones técnicas para ejecutar el proyecto sin inconvenientes, incluyendo un 20% de costos indirectos.

León, Salinas y Zepeda (2017), titularon a su investigación, Diseño de una red de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento del municipio de Turín, departamento de Ahuachapán, El Salvador.

El objetivo principal de esta tesis fue optimizar y brindar una mejor calidad de vida, optimizando la situación sanitaria de la localidad antes mencionada.

Realizaron un sistema de drenaje de aguas residuales, donde pueden utilizar materiales sustentables, también acotaron un diseño de una planta de tratamiento la cual trabaja con las aguas recogidas por el sistema de drenaje. Para poder brindar los archivos técnicos que comprenden desde los planos y presupuestos con la finalidad de poder ser utilizados para el beneficio de la Alcaldía Municipal de Turín.

Concluyeron exponiendo, un diseño de sistema de red de alcantarillado que trabaje netamente por gravedad, para optimizar los costos, este sistema garantiza los requerimientos de pendiente y velocidades mínimas establecidas en la norma técnica dadas por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, (ANDA), el presupuesto propuesto para llevar a cabo este sistema de alcantarillado sanitario es de \$1725,769.15 cabe resaltar que el sistema trabaja íntegramente por gravedad.

Si se lleva a cabo la construcción del sistema de alcantarillado sanitario en la localidad antes mencionada, se podrá reducir en gran medida la contaminación provocada por el vertido de aguas residuales no tratadas, así como reducir el contacto potencial de los residentes con las aguas residuales y los agentes contaminantes los cuales generan las enfermedades en la población.

Berrios y Cervantes (2015), en su investigación de pregrado denominada, propuesta de diseño del sistema de alcantarillado sanitario condominal para la tercera etapa del barrio Nueva Vida, ubicada en el departamento de Managua, Nicaragua.

Su objetivo fue realizar una propuesta de diseño del sistema de alcantarillado sanitario con la finalidad de ayudar a la optimización de calidad de vida, disminución de enfermedades y mitigación de contaminación ambiental, generada por la falta de este servicio básico.

Como parte de la investigación, caracterizaron el área de estudio. Como marco regulador para los aspectos técnicos se basaron en la Guía de criterios técnicos para el diseño de alcantarillado sanitario condonial del INAA.

Concluyeron proponiendo un diseño de sistema de alcantarillado sanitario condonial, que trabaje enteramente por fuerza gravitacional. Comprendido en 116 cajas de registro de inspección y 78 pozos de inspección. Por parte de las tuberías, el material que han decidido usar es el PVC SDR-41, han considerado tres diámetros de tuberías 4", 6" y 8" sus longitudes totales de tuberías son 5459.50m, 883.86m y 1206.83m respectivamente.

Arredondo (2013), propone como objetivo principal, diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales la cual será usada en la zona de Amanalco de Becerra, estado de México, esto con la finalidad de limpiar el río Amanalco y modificar la calidad del agua en la presa del Valle de Bravo, además de brindarle mejor calidad de vida a los habitantes de la población para mitigar enfermedades respiratorias.

Con respecto a las redes de alcantarillado, propone unir las conexiones de alcantarillado de las viviendas, considerar esta nueva recarga antes de realizar los cálculos pertinentes del proyecto.

Concluyen proponiendo un sistema rotativo de contadores biológicos que es poco implementado en México, solo existen 4 plantas de tratamiento con este método y se tiene muy poca información al respecto. Como principal ventaja tiene su fácil mantenimiento el cual también es económico y fácil de ejecutar.

La desventaja es la inversión inicial, ya que es muy elevada. Así como también contar con una biopelícula de microorganismos, hay que esperar a unas semanas a que se forme la biopelícula para que la planta de tratamiento pueda trabajar a su capacidad total.

Finalmente acota que, realizando el análisis de costos, este estudio realizado, podría ser cercano a su posterior ejecución, realizando los trámites municipales correspondientes.

2.1.2 A nivel nacional

Torres (2020), presenta un trabajo de postgrado basado en el objetivo principal de diseñar una planta de tratamiento para aguas residuales ubicado en el centro poblado Tambo Real del distrito de Pitipo, provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque, fundamentando su investigación en el modo teórico y legal tiene la Norma OS. 090 del Reglamento Nacional de Edificaciones, para determinar la población exacta y realizar los diseños respectivos, se tomó encuestas a las viviendas de la localidad en cuestión.

Concluye, mostrando un diseño hidráulico efectivo para la estructura propuesta de la planta de tratamiento para aguas residuales. Debido a que se determinó la estructura más económica y efectiva para el tratamiento de aguas residuales, también propuso y logro obtener el diseño de elementos estructurales como estaciones de rejillas, seguido de un tanque Imhoff, un lecho de secado y por último lagunas aeróbicas o secundarias, estas cumplen con el límite máximo permisible para aguas residuales que requiere el DS N ° 003-2010 del Ministerio de Ambiente (MINAM).

Calderón (2019), como enfoque y objetivo general, diseñaron un sistema de alcantarillado sanitario ubicado en el centro poblado Condado Pichikiari, distrito de Pichanaqui, Sapito.

Se realizaron diferentes estudios técnicos como el

levantamiento topográfico, estudio de suelos. Trabajos de gabinete como diseño de sistema de redes de alcantarillado, cálculo hidráulico, cálculo estructurales y diseño de tanque Imhoff.

Como metodología aplicada se consideró una investigación de tipo aplicada con un diseño no experimental a nivel descriptivo.

Como conclusión, se muestran sus resultados que proponen un sistema de tuberías de alcantarillado dividido en 2 secciones, el primero tramo tiene una longitud total de 1698.96m de redes de alcantarillado con una tubería de material PVC con un diámetro de 160mm y 200mm, que contará con 32 buzones de inspección. La disposición final de estas redes termina en un tanque Imhoff que satisfaga un caudal de 63.04 m³/día, también implementará un lecho de secado de un área de 78.80 m², beneficiando a 146 familias.

El segundo tramo tiene 972.97m de tuberías de alcantarillado de material de PVC con dimensiones de 160 mm y 200 mm, con 20 estaciones de inspección; este tramo tendrá como beneficiarios a 87 familias, la red de tuberías transporta las aguas a un tanque Imhoff que satisface un caudal de 37.20 m³/día y complementa con un lecho de secado de área total de 46.50 m².

El diseño presentado fue realizado considerando las normas y parámetros de las normas de saneamiento del país. También abarca a la totalidad de pobladores de la localidad actual con una proyección futura de 15 años.

Benito (2018), en su tesis de investigación, tiene el objetivo principal de realizar el diseño de las redes de un sistema de alcantarillado sanitario que satisfaga las necesidades sanitarias del centro poblado de Culqui, Laureles y al caserío de Culqui alto en el distrito de Paimas, provincia de Ayabaca. Piura, cumpliendo con la normativa peruana de saneamiento.

Las conclusiones a las que llegó fueron las siguientes; un diseño de redes aprovechando la topografía de la localidad, lo cual permite recolectar las aguas residuales de todos los lotes por gravedad, se trabajó de manera dándole una profundidad mínima a las zanjas de excavación, estableciendo la profundidad máxima de buzón de 2.70m, cumpliendo con los parámetros de diseño establecidos en la normativa peruana.

Como recomendación nos deja el tipo y ubicación de planta de tratamiento más apropiada al caudal y la condición de las aguas residuales, con motivo de disminuir la contaminación ambiental y aparición de enfermedades en la población local.

Rengifo y Safora (2017), realizaron su investigación con el objetivo principal de obtener una propuesta que plasme el diseño de un sistema de alcantarillado y/o unidades básicas de saneamiento en la localidad de Carhuacocha, distrito de Chilia, Pataz, ubicado en el departamento de La Libertad, esta investigación data del año 2017.

Su investigación tuvo lugar una metodología de diseño no experimental, a un nivel descriptivo y transversal, utilizando técnicas de análisis y recolección de datos como la observación, encuestas, proceso de datos, diseño y cálculo de los sistemas.

Concluyen proponiendo dos redes de alcantarillado sanitario, la primera red consta de tuberías de PVC con un diámetro de 6", con una totalidad de longitud de 542.19 m, 9 buzones de inspección contruidos con concreto armado con las siguientes medidas; altura de 1.20 m, diámetro externo de 1.60 m, y espesor de 0.20 m; red de saneamiento que cumplen las necesidades de 8 viviendas. La siguiente red cuenta con tuberías de material PVC, con una longitud total de 1002.45 m con un diámetro de 150 mm; también con 16 buzones de inspección los cuales poseen las siguientes dimensiones; altura de 1.20 m, diámetro externo de 1.60 m, y espesor de 0.20 m; la presente red satisface a 24 viviendas.

Con respecto al diseño propuesto para los tanques sépticos, mencionan para el primer tramo, un tanque con capacidad de 9 m³ que contenga un pozo de absorción con un diámetro interior de 3.00m y una altura de 3.50m; mientras que, para el segundo tramo, un tanque con capacidad de 17 m³ y dos pozos de absorción con un diámetro interior de 3.00m y 5.25m de profundidad cada uno.

También propusieron el diseño de unidades sanitarias básicas, baños simples, 2 metros cúbicos de fosas sépticas y pozos de absorción para el 73% de la población. Señalan que la propuesta realizada contempla los parámetros y reglamentos de diseño vigentes en el país.

Ávila y Roncal (2014), en su tesis, sostiene como objetivo principal realizar un diseño de un sistema de saneamiento básico para áreas rurales, identificando como zona de análisis el centro poblado Aynaca, perteneciente al distrito Cochamarca, provincia de Oyón, departamento de Lima que no cuenta con el mínimo servicio básico de saneamiento, lo que conlleva a una calidad de vida deplorable e inhumana.

Concluyen brindando como solución a su problemática central, un diseño de un sistema de captación con la tipología de laderas, líneas de conducción, líneas de aducción, red de distribución, red de alcantarillado, y una planta de tratamiento representada a través de un tanque Imhoff, todo resumido finalmente en un presupuesto con un costo de 3,012.52 nuevos soles aproximadamente por persona que habita en la localidad para construir la obra.

Ejecutándose la propuesta planteada en el proyecto de tesis se podría mejorar definitivamente la calidad de vida de los moradores de la población en cuestión.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Población

Perú es uno de los países de la región Sudamericana que posee mayor población, según el INEI es el quinto más poblado a nivel de Sudamérica y el sexto a nivel de Latinoamérica. Por lo cual según el último censo realizado el año 2017 la población total del Perú ascendió a 31 237 385 hab., de la cual 23 311 893 hab., pertenecen a la población urbana y tan solo 6 069 991 hab., a la zona rural.

Por otra parte, en la región Lambayeque que es una de las más pobladas en el país la cantidad de habitantes asciende a 1 197 260 hab., de los cuales 971 121 hab., pertenecen a la zona urbana y 226 139 hab., a la zona rural.

Según las proyecciones que realiza el INEI en el año 2020 la población del Lambayeque llegara a 1 310 785 habitantes. Dentro de esta región se encuentra el distrito de San José el cual según el censo del año 2017 contaba con 15 846 hab., con una proyección para el año 2020 de 17 754 hab.

Parte importante de los censos que realiza el INEI son acerca de los servicios básicos que cuentan los hogares en el país ya sea electricidad, agua potable, alcantarillado entre otros. Respecto a las formas de eliminación de excretas el INEI nos muestra el siguiente cuadro que va desde el año 2012 al 2019. Tabla 1.

En la tabla 1 se puede observar que la zona rural es la más afectada respecto a este servicio ya que el mayor porcentaje no cuenta con un sistema de eliminación de excretas o en su mayoría utilizan pozo ciego o negro el cual es poco higiénico y perjudicial tanto para la salubridad de la población como para el medio ambiente.

Tabla 1. Forma de eliminación de excretas

Formas de eliminación de excretas/ Área de residencia	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Diferencias (puntos porcentuales)	
									2019/2018	2019/2012
Total Nacional	100.0									
Por red de alcantarillado	64.1	66.3	66.8	70.1	71.8	72.8	74.5	74.9	0.4	10.8
Dentro de vivienda	60.2	62.2	62.8	66.4	68.7	69	70.6	71	0.4	10.7
Fuera de vivienda (dentro de edificio)	3.9	4.2	4	3.7	3.1	3.9	3.9	4	0	0.1
Sin red de alcantarillado	35.9	33.7	33.2	29.9	28.2	27.2	25.5	25.1	-0.4	-10.8
Letrina	2.3	1.8	1.8	2.1	2.2	1.9	2.5	2.4	-0.1	0
Pozo séptico	9.3	8.3	8	8	6.9	6.1	5.6	5.4	-0.2	-3.8
Pozo ciego o negro	11.2	11	11.2	8.5	9.3	9.6	8.7	8.8	0.1	-2.4
Rio, acequia o canal	1.3	1.2	1.3	1.3	1.1	1.2	1.1	1.3	0.1	-0.1
No tiene	11.7	11.4	10.9	9.9	8.7	8.4	7.6	7.2	-0.4	-4.5
Total Urbano	100.0									
Por red de alcantarillado	81.7	83.3	83.6	86.9	88.1	88.7	89.9	90.1	0.2	8.4
Dentro de vivienda	76.7	77.9	78.5	82.2	84.2	84	85	85.3	0.3	8.6
Fuera de vivienda (dentro de edificio)	5	5.3	5.1	4.7	3.9	4.8	4.9	4.9	0	-0.2
Sin red de alcantarillado	18.3	16.7	16.4	13.1	11.9	11.3	10.1	9.9	-0.2	-8.4
Letrina	1	0.6	0.6	0.6	0.4	0.3	0.4	0.4	0	-0.6
Pozo séptico	3.2	2.5	2.1	1.9	1.4	1.2	1.2	1.2	0.1	-1.9
Pozo ciego o negro	7.1	6.8	6.8	5	5.3	4.9	4.2	3.9	-0.3	-3.2
Rio, acequia o canal	1.4	1.2	1.4	1.4	1.2	1.3	1.10	1.1	0	-0.2
No tiene	5.7	5.6	5.4	4.2	3.6	3.6	3.3	3.2	0	-2.5
Total rural	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100.0		
Por red de alcantarillado	11.1	13.5	13.1	14.7	17	17.5	19.5	18.9	-0.6	7.8
Dentro de vivienda	10.6	13	12.8	14.3	16.5	16.8	19	18.2	-0.7	7.6
Fuera de vivienda (dentro de edificio)	0.6	0.5	0.3	0.4	0.5	0.7	0.5	0.7	0.1	0.2
Sin red de alcantarillado	88.9	86.5	86.9	85.3	83	82.5	80.5	81.1	0.6	-7.8
Letrina	6.4	5.7	5.6	7.1	8	7.3	10	9.7	-0.3	3.3
Pozo séptico	27.9	26.2	26.6	28.2	25.2	23.5	21.6	20.9	-0.7	-7
Pozo ciego o negro	23.6	23.8	25	20.3	23.1	25.7	24.9	27.1	2.2	3.5
Rio, acequia o canal	1.3	1.4	1.1	1.1	0.9	0.9	1.2	1.7	0.5	0.4
No tiene	29.7	29.4	28.5	28.6	25.8	25	22.8	21.7	-1.1	-8

Fuente: INEI (2017)

2.2.2 Topografía

2.2.2.1 Definición

La topografía es la ciencia encargada de estudiar los procesos metodológicos para encontrar la ubicación exacta de los puntos sobre la superficie de la terrestre, esto por medio de las tres conocidas dimensiones del espacio. Los elementos a los que refiere son: 2 longitudes y 1 elevación, también pueden ser tres dimensiones (elevación, dirección y distancia). (Montes de Oca, 1989)

Estos elementos nos generan una ilustración que se realiza en una extensión de terreno limitado aplicando un sistema de coordenadas tridimensionales (x, y, z). El resultado nos muestra un mapa topográfico de relieve del terreno mediante un sistema de puntos conectados

con líneas teniendo en cuenta un plano referencia que suele ser el nivel del mar.

La topografía se puede dividir en según las operaciones que se realizaran en el terreno en tres partes:

- Planimetría. - Abarca todos los métodos y procedimientos para poder plasmar sobre un plano horizontal.
- Altimetría. - Determina la altura en la que se ubican todos los puntos tomados en el trabajo de campo en relación a una superficie de referencia que en la mayoría de los casos es el nivel del mar.
- Agrimensura. - Es el proceso metodológico que se usa para medir y fraccionar la superficie de la zona de trabajo. (Fuentes, 2012)

2.2.2.2 Levantamiento topográfico

Es un proceso que consiste en describir un terreno a través de un punto de vista topográfico mediante la utilización de un instrumento especializado.

Los procesos para realizar un levantamiento topográfico consisten en hacer estación, ajustes de equipo y visuales, medida de distancias, ángulos horizontales y verticales para luego proceder a un trabajo de gabinete donde se realizarán los procedimientos de cálculo y posterior mapa topográfico (Santamaria Peña & Sanz Méndez, 2005)

2.2.2.3 Perfiles longitudinales y transversales

El levantamiento de perfiles es parte de la topografía lineal, mediante estos es posible conocer la forma y dimensiones que presenta el terreno. El objetivo de un levantamiento de perfiles es llegar a representar el relieve del terreno a lo largo de una franja. (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, UNICEN, 2015)

2.2.3 Suelos

2.2.3.1 Granulometría

Es un proceso íntegramente mecánico en donde se dividen las pequeñas partes del suelo, segmentadas en todos sus tamaños existentes, llamando a la fracción más pequeña como limo, arcilla.

Se realiza con ayuda de tamices los cuales están ordenados en forma decreciente. La porción de muestra que se retiene en cada tamiz indica el tamaño, con el objetivo de separar el suelo en dos tamaños. El ensayo de análisis granulométrico por el método de tamizado solo se ejecuta cuando las partículas poseen el diámetro nominal superior a 0,075 mm, este ensayo se hace con una serie de tamices estandarizados, mostrados en la tabla 2, los cuales tiene una apertura de malla definida, dispuestos en orden decreciente. (Bravo, García, Morales y Ramírez, 2012)

Tabla 2. Tamaños estándar de tamices

Tamiz núm.	Abertura (mm)
4	4.750
6	3.350
8	2.360
10	2.000
16	1.180
20	0.850
30	0.600
40	0.425
50	0.300
60	0.250
80	0.180
100	0.150
140	0.106
170	0.088
200	0.075
270	0.053

Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica, Braja M. Das (2013)

En el proceso de desarrollo del ensayo, se ordenarán los tamices de forma decreciente a su tamaño de malla, luego se colocará la muestra en el juego de tamices, se dejará caer la muestra y se agitará todo el conjunto. Obtenemos que cantidad de muestra se retiene en

cada tamiz y se expresara en 19 porcentajes. Los valores encontrados se representan en una gráfica semilogarítmica, donde el valor del porcentaje que pasa se colocará en el eje de las ordenadas, mientras que el diámetro de los tamices se colocará en el eje de las abscisas. (Guerra, 2018)

Para plasmar los resultados en la gráfica, en las ordenadas se colocarán en escala aritmética y en las abscisas en escala semilogarítmica, como se aprecia en la figura 5.

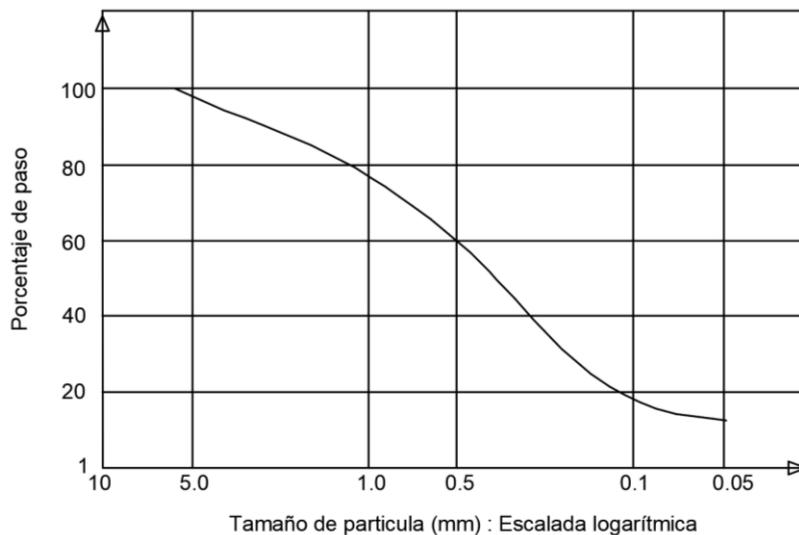


Figura 5. Curva de relación de tamaño de partícula

Fuente: Fundamentos de la ingeniería geotécnica, Braja M. Das (2013)

2.2.3.2 Contenido de humedad

El ensayo de contenido de humedad es muy relevante, debido a que analiza la relación de la humedad con el comportamiento del suelo considerando las propiedades físicas y mecánicas que este presenta.

El contenido de humedad es un valor representado en porcentaje que posee un rango de 0% a 100%, dependiendo del agua que contenga en su interior el suelo. En términos matemáticos se considera como la diferencia del peso de la muestra húmeda frente al peso de una muestra seca, expresada en porcentaje. (Mamani & Yataco, 2017).

Conforme a esto, para suelos cohesivos o finos su consistencia que poseen tiene mucho que ver el contenido de humedad que estos presentan. Una consideración importante es que, al momento de realizar el ensayo, el espécimen de suelo debe ser representativa a la muestra con la que se está trabajando. (Pontificia Universidad Católica del Perú, PUCP, 2012).

Una recomendación importante cuando se quiera desarrollar este ensayo es que al momento de tomar la muestra de suelo sea analizada lo más pronto posible, porque a medida que pase el tiempo, la muestra extraída irá perdiendo sus propiedades, conllevando a futuros errores y fallas técnicas en valores al concluir el ensayo.

2.2.3.3 Clasificación SUCS

A. Casagrande, ideó un sistema el cual permite clasificar un suelo. Este fue empleado al inicio en aeropuertos en el año 1942. Debido al éxito del sistema, años después la agencia federal de los Estados Unidos llamada Bureau of Reclamation, adquirió este sistema para ser usado en la ingeniería civil aplicándole algunas modificaciones para que pueda ser utilizado en múltiples proyectos de diferente índole. Eso dio como resultado el inicio de la clasificación SUCS, adoptado por la ASTM como un método estandarizado para la clasificación de los suelos. (Guerra, 2018)

La clasificación SUCS, muestra prefijos para poder identificar con facilidad el tipo de suelo y sufijos los cuales están relacionados a sus propiedades, a continuación, serán mostrados en la tabla 3.

Tabla 3. Simbología de grupo (SUCS)

Tipo de suelo	Prefijo	Subgrupo	Subfijo
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobrementemente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite Líquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Límite Líquido bajo (<50)	H

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, MTC, (2014).

Con respecto a la tipología de los suelos según la clasificación SUCS, tenemos la siguiente tabla 4.

Tabla 4. Tipología de suelos (SUCS)

Símbolo	Características generales		
GW GP GM GC	Gravas (>50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (finos < 5%) Con finos (finos > 12%)	Bien graduadas Pobrementemente graduadas Componente limoso Componente arcilloso
SW SP SM SC	Arenas (<50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (finos < 5%) Con finos (finos > 12%)	Bien graduadas Pobrementemente graduadas Componente limoso Componente arcilloso
ML MH	Limos		Baja plasticidad (LL < 50) Alta plasticidad (LL > 50)
CL CH	Arcillas		Baja plasticidad (LL < 50) Alta plasticidad (LL > 50)
OL OH	Suelos orgánicos		Baja plasticidad (LL < 50) Alta plasticidad (LL > 50)
Pt	Turba		Suelos altamente orgánicos

Fuente: MTC, (2014).

Según el Manual de Carreteras (2014), podemos encontrar tres categorías para agrupar a los suelos, se indican a continuación:

- Suelos de grano grueso: en esta categoría destacan la grava (G) y la arena (S), menos del 50% de la muestra pasa por el tamiz N°200.

- Suelos de grano fino: destacando el limo (M) y la arcilla (C), en donde el material de muestra que pasa por el tamiz N°200 sobrepasa el 50%.
- Suelos orgánicos: categoría en la que se encuentran los tipos de suelo orgánico (O) y turba (T), los cuales no son adecuado para la cimentación.

2.2.3.4 Límite líquido (LL)

El ensayo de límite líquido se define como el porcentaje de contenido de humedad menos la muestra seca expresada en porcentaje, en donde el suelo se encuentra al límite entre el estado líquido y el estado plástico.

Para utilizar la copa de Casagrande, se necesita una muestra previamente saturada, el procedimiento es trazar un surco con ayuda de un ranurador separando en dos mitades como se muestra en la figura 6, la muestra colocada en este instrumento, se deja caer la copa un cierto número de veces estandarizados por la norma, cuando se aprecia que la muestra logra cerrar el surco, se considera el número de caídas que se han realizado hasta conseguir el cierre, designándolo como el contenido de humedad, el cual se llevará al horno para posteriormente hallar el contenido de humedad en porcentaje. Esta prueba es normalmente utilizada junto a otros sistemas de clasificación de suelos para la caracterización de suelos finos. (MTC, 2016).

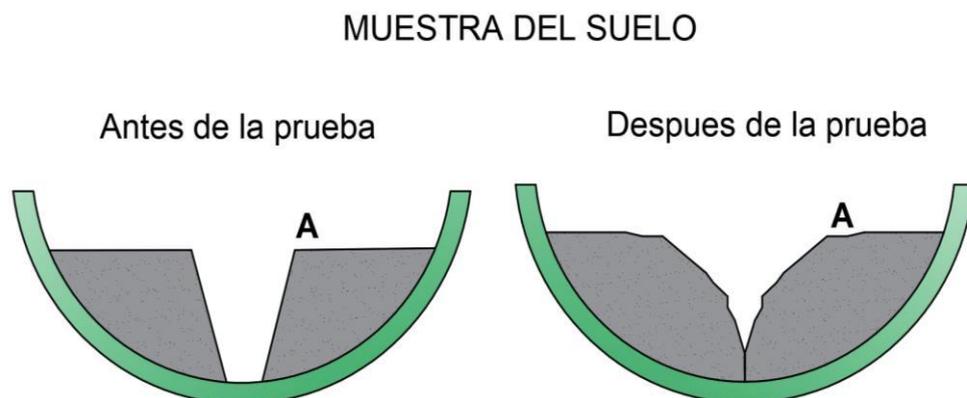


Figura 6. Muestra de suelo antes y después de realizar la prueba.

Fuente: Fundamentos de la ingeniería geotécnica, Braja M. Das (2013).

Para poder realizar la gráfica denominada curva de flujo (figura 7), en donde se coloca el número de golpes N en el eje de las abscisas, por otro lado, en el eje de las ordenadas se ubica el contenido de humedad hallado por cada muestra. Con los puntos encontrados, trazaremos una recta lo más cercano a estos puntos, en donde el contenido de humedad que corresponde al número de golpes de 25 nos da el límite líquido del suelo. (Das, 2013).

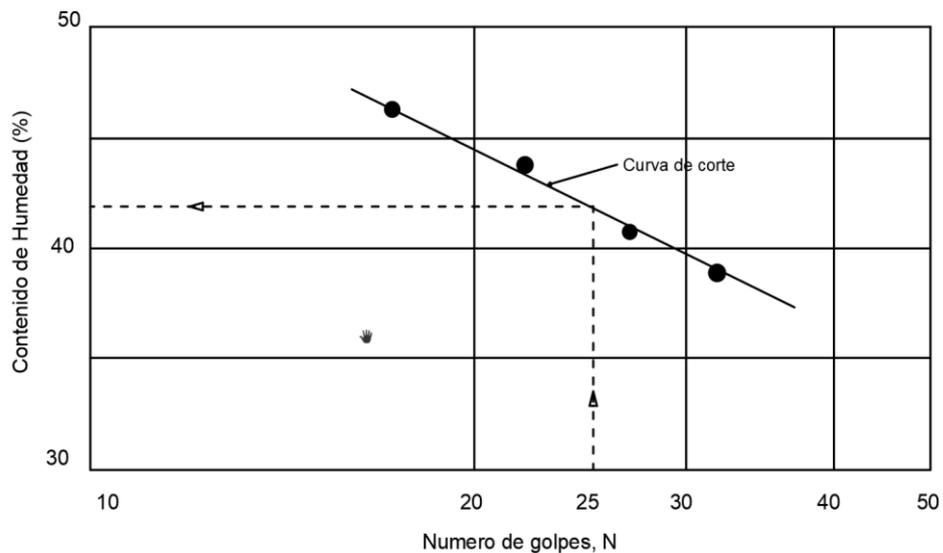


Figura 7. Curva de flujo para determinar el límite líquido.

Fuente: Fundamentos de la ingeniería geotécnica, Braja M. Das (2013).

2.2.3.5 Límite plástico (LP)

Es el ensayo realizado para determinar el límite en el que se encuentra la muestra, entre el estado semisólido y el estado plástico, el porcentaje de contenido de humedad. Usualmente para realizar este ensayo se utiliza una pequeña cantidad de muestra sobrante del ensayo de límite líquido. (Crespo, 2004).

Es el contenido de humedad más bajo con el que una muestra puede ser enrollada formando una pequeña barra con un diámetro aproximado de 3.2 mm (1/8”), el cual se enrolla en un vidrio esmerilado, hasta que este se desmorone cuando alcance a dicho diámetro,

para luego ser llevado al horno y así hallar el porcentaje de contenido de humedad. (MTC, 2016).

Para hallar el límite plástico en porcentaje tenemos la siguiente formula, según la NTP 339.129.

$$\text{Limite liquido} = \frac{\text{peso de muestra del agua} \times 100}{\text{peso de la muestra seca}}$$

2.2.3.6 Corte directo

El objetivo principal del ensayo de corte directo es poder determinar el procedimiento en laboratorio, para definir y analizar la capacidad que posee la muestra de un suelo drenada y consolidada cuando se somete a una fuerza de corte, por el método del corte directo. Como ventaja, este ensayo se puede aplicar a suelos que presenten cualquier tipología con tal que sus muestras analizadas sean inalteradas y remodeladas. (MTC, 2016)

Arthur Casagrande, ideó un Instrumento de laboratorio, mostrado en la figura 8, que determina el esfuerzo de corte, llamado aparato de corte directo. Es gracias a este instrumento, que podemos determinar de manera eficaz la cohesión y el ángulo de fricción. (Crespo, 2004)

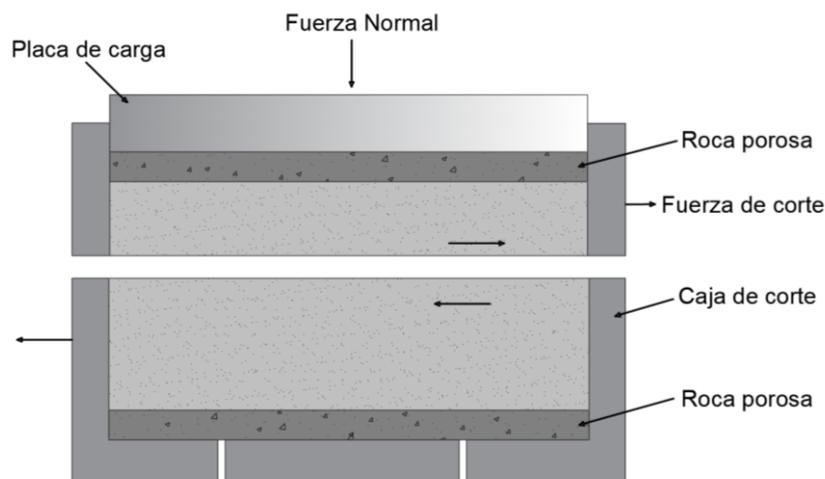


Figura 8. Diagrama de un instrumento de corte directo

Fuente: Fundamentos de la ingeniería geotécnica, Braja M. Das (2013)

Este equipo de laboratorio consiste básicamente en una caja metálica rígida, la cual está seccionada en dos mitades, en donde se colocará la muestra, dependiendo del modelo de la máquina, la muestra podrá ser de forma cuadrada o de forma circular. El tamaño, usualmente empleado para la muestra oscila entre 20 a 25 cm² de sección transversal, con una altura de entre 25 a 30mm. La máquina ejercerá dos tipos de fuerzas: en la parte superior de la caja de corte, una fuerza normal, y una fuerza cortante, que se aplica a una de las mitades de la caja de corte, así de esta manera se produzca una falla en la muestra. Para cuantificar el desplazamiento de corte se realizará a través de un indicador horizontal en la mitad superior de la caja. (M. Das, 2013)

2.2.4 Parámetros de diseño

2.2.4.1 Periodo de diseño

Se conoce como periodo de diseño a la duración en tiempo, que el ingeniero encargado de realizar el diseño del proyecto garantiza el periodo de funcionamiento óptimo de todos los elementos pertenecientes al proyecto a diseñar (Consideraciones Básicas de Diseño de Infraestructuras Sanitarias, Norma OS.100, Reglamento Nacional de Edificaciones, RNE)

Según Parámetros de Diseño de Infraestructuras de agua y saneamiento para centros poblados rurales, publicado por el Ministerio de Economía y finanzas, MEF, 2004 es necesario tomar en cuenta para determinar el periodo de diseño los factores presentados a continuación.

- Vida útil de equipos y estructuras
- Nivel de complejidad del proyecto
- Crecimiento poblacional
- Economía de escala

Se recomienda tomar un periodo de diseño máximo de 20 años.

2.2.4.2 Población

Se debe considerar la población de la localidad donde se desarrollará el proyecto, representada en habitantes, para esto se debe consultar información de entes pertinentes o realizar encuestas poblacionales. Así mismo la densidad poblacional.

a) Población futura

Para determinar la población futura se debe considerar las proyecciones analizando las tasas de crecimiento de los centros poblados o distritos, dadas por los organismos que regulan estos indicadores. (Redes de Aguas Residuales, Norma OS. 070, RNE).

Así mismo existen distintos métodos para ser determinar la población futura, por ejemplo:

Proyección aritmética, se supone del crecimiento lineal y constante de una población independiente del número de habitantes que esta

posea (López, 2000).

Proyección geométrica, se relaciona cuando la población posee un crecimiento que trabaja en función directamente proporcional al tamaño de población. Se considera que se encuentra una similitud entre la forma de crecimiento y el interés compuesto. (López, 2000).

Crecimiento logarítmico, se basa en una fórmula a partir de la tasa de crecimiento poblacional.

b) Densidad poblacional

La densidad poblacional se puede considerar de 6 habitantes por vivienda si se trata de nuevas habilitaciones en proceso de fundación. (Consideraciones Básicas de Diseño de Infraestructuras Sanitarias, Norma OS.100, RNE).

Para determinar la densidad de la población de una localidad se usa la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad Poblacional} = \frac{\text{Número de habitantes}}{\text{Número de viviendas}}$$

c) Tasa de crecimiento

Nos muestra el índice de crecimiento o decrecimiento que posee una determinada población, utilizando dos variables población de entrada o inicio y población de salida o futura, esto en un determinado rango de tiempo que se determina en años. El resultado de la tasa de crecimiento se representa en porcentaje.

A continuación, mostramos la fórmula que utiliza el Instituto Nacional de estadística e Informática, INEI, para determinar la tasa de crecimiento.

$$r = \left(\left(\frac{P_f}{P_o} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right) \times 100$$

Donde:

r = tasa de crecimiento poblacional

P_f = Población final

P_o = Población inicial

n = tiempo en años

2.2.4.3 Dotación

La dotación refiere a la cantidad de agua requerida por una población para satisfacer las necesidades de la vida diaria, el valor puede variar depende a la ubicación geográfica, clima, estilo de vida y tipo de abastecimiento de la localidad.

Si es que no existe un estudio justificado de consumo de agua de los habitantes, se considera las dotaciones, mostradas en la siguiente tabla 5:

Tabla 5. Dotaciones según condiciones de las localidades

Dotaciones			
Ítem	Unidad	Clima frio	Clima templado y cálido
Localidades que posean sistemas con conexiones domiciliarias	lt/hab/día	180	220
Localidades que posean viviendas con lotes <90m ²	lt/hab/día	120	150
Localidades que posean abastecimiento directo por cisternas o piletas	lt/hab/día	30	50

Fuente: Consideraciones Básicas de Diseño de Infraestructuras Sanitarias, Norma OS.100, RNE

Según Parámetros de Diseño de Infraestructuras de agua y saneamiento para centros poblados rurales, MEF, 2004. Se contemplan las siguientes dotaciones:

Para localidades que posean abastecimiento con sistema convencional:

- Costa de 50 – 60 lt/hab/día
- Selva de 60 – 70 lt/hab/día
- Sierra de 40 – 50 lt/hab/día

Para localidades que posean abastecimiento con sistema directo por cisternas o piletas municipales:

- 20 – 40 lt/hab/día

Si es que se planea implementar un sistema de saneamiento por redes se considera:

- 100 lt/hab/día

2.2.4.4 Variación de consumo

Se define como la variación del nivel de caudales que pueden existir a lo largo del día, por el consumo de la población debido a sus actividades cotidianas. Estas variaciones se representan en coeficientes ya establecidos denotados por la sigla K. (Consideraciones Básicas de Diseño de Infraestructuras Sanitarias, Norma OS.100, RNE).

- Coeficiente máximo diario = 1.3
- Coeficiente máximo horario = 1.8 a 2.5

2.2.4.5 Caudales de contribución

El caudal de contribución al alcantarillado sanitario se considera el 80% del total de la dotación de agua potable consumida por la población (Redes de Aguas Residuales, Norma OS. 070, RNE)

También se considera el cómo caudal de aporte a las aguas de infiltración y entradas ilícitas, que se identifican como las filtraciones de agua del suelo esto depende del tipo de suelo y del material de las tuberías, así mismo el agua de precipitaciones que pueda ingresar por las conexiones domiciliarias y las buzones de inspección. (Consideraciones Básicas de Diseño de Infraestructuras Sanitarias, Norma OS.100, RNE).

2.2.5 Alcantarillado

El alcantarillado se puede definir como la recopilación, transporte y de los desechos líquidos. Los sistemas de alcantarillado se definen como una red de tuberías y complementadas con instalaciones para dar mantenimiento e inspección, indispensables para recolectar, transportar y eliminar las aguas residuales de una determinada localidad o población. Si es que no existieran estas redes de recolección de aguas, se expondría a la población a contraer enfermedades diarreicas, respiratorias y dérmicas las cuales representan un peligro que atenta directamente a la salud de los moradores, que podrían acabar en pérdidas humanas (López, 2000)

2.2.5.1 Clasificación de alcantarillado

Según (López, 2000), los alcantarillados se pueden clasificar en tres clases, depende al tipo de agua que transporten:

- Sistema de Alcantarillado Sanitario: se le conoce al sistema de recolección de aguas que se usa específicamente para transportar aguas residuales de viviendas y también de industrias.
- Sistema de Alcantarillado Combinado: se dice del sistema de redes que puede recolectar y conducir aguas residuales de índole doméstico, industrial e incluso agua de precipitaciones al mismo tiempo.
- Sistema de Alcantarillado Pluvial: se le llama al sistema de evacuación de la escorrentía superficial que conduce exclusivamente agua de lluvias.

2.2.5.2 Alcantarillado sanitario

Son los conductos utilizados para recolectar y transportar las aguas servidas de las viviendas con llegada a una planta que da tratamiento o laguna de oxidación (Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado, SIAPA, 2014).

Las entidades que se encarguen del sistema de tratamiento para aguas residuales en áreas urbanas o rurales deben requerir diseños específicos que abarquen las necesidades actuales y futuras de las poblaciones. El diseño de la tubería debe tener el tamaño y la pendiente adecuados para que la tubería contenga el flujo máximo sin sobrecargarse. Mantenga una velocidad mínima para evitar depósitos de sólidos. Antes de diseñar el sistema de alcantarillado, se debe estimar el caudal y sus cambios. Es de suma importancia verificar las estructuras existentes de otros servicios que puedan tener interferencia al momento de la construcción o ejecución del proyecto.

2.2.5.3 Componentes del alcantarillado sanitario

a) Red de tuberías o atarjeas

Está conformada por todas las tuberías de menor diámetro dentro del sistema, estas se extienden por los ejes de las calles donde se diseñará el sistema con la finalidad de recibir el aporte de las conexiones domiciliarias. Estas tuberías conducen las aguas residuales a un colector o desagüe.

Su función principal es recolectar y tratar aguas residuales de hogares, fábricas y comercios, y transportar aguas grises a recolectores e interceptores. Consiste en un cumulo de tuberías que recolectan y transportan las aguas residuales. (SIAPA, 2014).

b) Subcolectores

Es el conducto que recolecta las aguas residuales de las redes de tuberías menores generalmente de las conexiones domiciliarias para que luego trasladarlas a un colector. (SIAPA, 2014).

c) Colectores

Es el conducto que recibe las aguas residuales de los subcolectores; para luego transportar esta hacia un emisor (SIAPA, 2014)

d) Emisores

Son las tuberías más grandes que recogen el aporte de los colectores, su función principal es transportar las aguas residuales a lagunas de oxidación o plantas de tratamiento. Se le atribuye también la función de transportar el agua tratada en el sistema de tratamiento hasta el cuerpo de disposición final. (SIAPA, 2014).

e) Instalaciones complementarias

Se les denomina instalaciones complementarias a las estructuras necesarias para garantizar el mantenimiento e inspección en puntos estratégicos para el sistema de alcantarillado. Dentro de estas instalaciones tenemos:

Se considera dos instalaciones complementarias, mostradas a continuación: (Redes de aguas residuales, Norma OS.070, RNE)

e.1) Cajas de inspección

Son cámaras de inspección ubicadas en el ramal colector, y su función principal es inspeccionarlas y mantenerlas. Puede ser parte de una conexión de alcantarillado doméstico. Se

considera conveniente construirlos en las siguientes situaciones:

- Al iniciar el tramo del ramal colector.
- Cuando cambia de dirección del ramal colector.
- Cuando en ramales colectores la pendiente cambia.
- En lugares convenientes por razones de limpieza y mantenimiento.

e.2) Buzones de inspección

Son las estructuras de mayor dimensión con la función de dar limpieza e inspección para mantenimientos. Los buzones serán empleados siempre y cuando la distancia de profundidad sobre la clave de la tubería sea mayor a 1.0 metro. Con respecto al diámetro interno de los buzones será de 1.20m cuando se trabaje con tuberías de hasta 800 mm de diámetro y de 1,50 m para las tuberías de hasta 1200mm. Cuando las tuberías tengan un diámetro mayor se usará un diseño especial. Las tapas de acceso formarán parte del techo de estos buzones con una dimensión de 0,60 m de diámetro.

Los buzones serán proyectados en los lugares idóneos para la inspección y limpieza, como los siguientes casos:

- En el comienzo de la red colectora.
- En las conexiones o empalmes de la red colectora.
- En el cambio de dirección de las redes.
- Cuando se hace una variación de la pendiente.
- Cuando la tubería cambia de diámetro o de material.

Cuando hablamos de la distancia entre buzones de inspección, la limpieza que se le da estos está limitados por el alcance del equipo de limpieza. Para los supervisores, la separación se realizará de acuerdo con la tabla 6 a

continuación.

Tabla 6. Diámetros de tubería en relación a la distancia

Diámetro nominal de la tubería (mm)	Distancia máxima (m)
100-150	60
200	80
250-300	100
Dímetros mayores	150

Fuente: Redes de aguas residuales Norma OS. 070, RNE.

La Norma OS. 070 nos muestra un esquema de distribución de un sistema de alcantarillado sanitario, plasmado en la figura 9 a continuación:

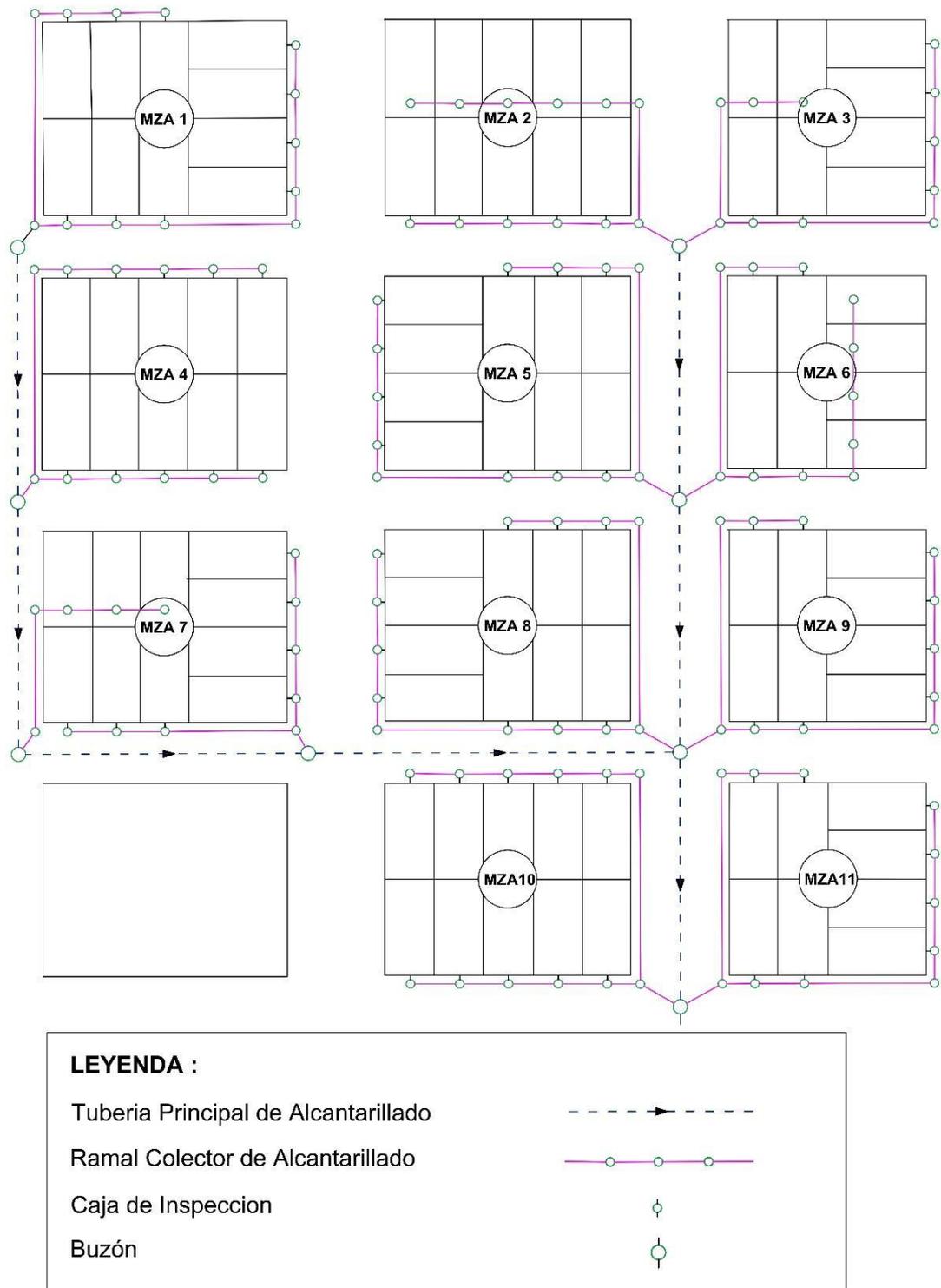


Figura 9. Distribución de un sistema de alcantarillado sanitario

Fuente: Redes de aguas residuales, Norma OS. 070, RNE.

2.2.5.4 Caudales involucrados en el alcantarillado sanitario

Existen tres aportes representados en caudales los cuales son considerados al momento de realizar el diseño de un sistema de alcantarillado, es importante determinar con exactitud el caudal, ya que depende de este se proyectará las dimensiones de tuberías y demás factores que afectan directamente al funcionamiento y desempeño del sistema.

a) Caudal doméstico

Involucra a todas las aguas residuales aportadas íntegramente por las viviendas, ya sea de casa, edificios, condominios, etc. Se debe considerar como caudal contribuyente al alcantarillado sanitario, el 80% del caudal de agua consumida.

b) Caudal por infiltración

Son todas las aguas que pueden ingresar al sistemas de redes por medio de la infiltración por el suelo y suele afectar la capacidad de conducción de las tuberías.

El caudal por infiltración puede variar según el grado de saturación de la capa freática y la clase de tubería empleada en el proyecto. Según el reglamento nacional de edificaciones, se considera lo siguiente:

Para colectores:

$$Q_t = 0.05 \frac{lt}{día} / km$$

Donde:

Q_t = caudal por infiltración de colectores

Para buzones:

$$Q_b = 380 \frac{lt}{día} / \text{buzón}$$

Donde:

Q_b = caudal por infiltración de buzones

c) Caudal pluvial

Es el aporte exclusivamente de aguas de lluvias hacia la red de alcantarillado, este caudal de aporte varía depende la zona donde se ejecutará el proyecto.

Para obtener el caudal pluvial se usa la fórmula de Berkli – Ziegler, que a continuación será mostrada:

$$Q_{lluvia} = 0.022 * E * A * P * \left(\frac{S}{A}\right)^{0.5}$$

Donde:

Q_{lluvia} = caudal de lluvia

E = coeficiente medio de flujo

A = arena drenada

S = pendiente media del terreno

P = precipitación media

2.2.5.5 Cálculo hidráulico

Para realizar el cálculo hidráulico de las redes de alcantarillado, se usa la fórmula de Manning, tal y como se representa a continuación.

Representando el caudal:

$$Q = \frac{A * R^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}}{n}$$

Representando velocidad:

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

Radio hidráulico:

$$R = \frac{A}{P}$$

Donde:

Q = caudal

P = perímetro mojado

V = velocidad

A = área de tubería

R = radio hidráulico

S = pendiente

n = coeficiente de rugosidad

2.2.6 Tratamiento de aguas residuales

Son todos los procesos físicos, biológicos y químicos, que contribuyen a la eliminación de los contaminantes presentes en las aguas residuales, esto con la finalidad de reutilizar las aguas o verterlas en un afluente sin dañar o contaminar el mismo. (Fondo Nacional del Ambiente, FONAM, 2020)

Para llevar a cabo el tratamiento de aguas residuales es necesario una planta o conjunto de instalaciones que busquen reutilizar las aguas residuales. El tipo de tecnología utilizada dentro las plantas de tratamiento dependerán de la calidad de las aguas residuales que genera la población a la que será atribuida o que estos vierten en los cuerpos naturales.

En la Figura 10 se muestra un diagrama esquemático de las etapas de tratamiento de aguas residuales que suele tener la PTAR. Dependiendo de la calidad de las aguas residuales requeridas, cada etapa puede incluir muchas tecnologías diferentes. (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, SUNASS, 2015)

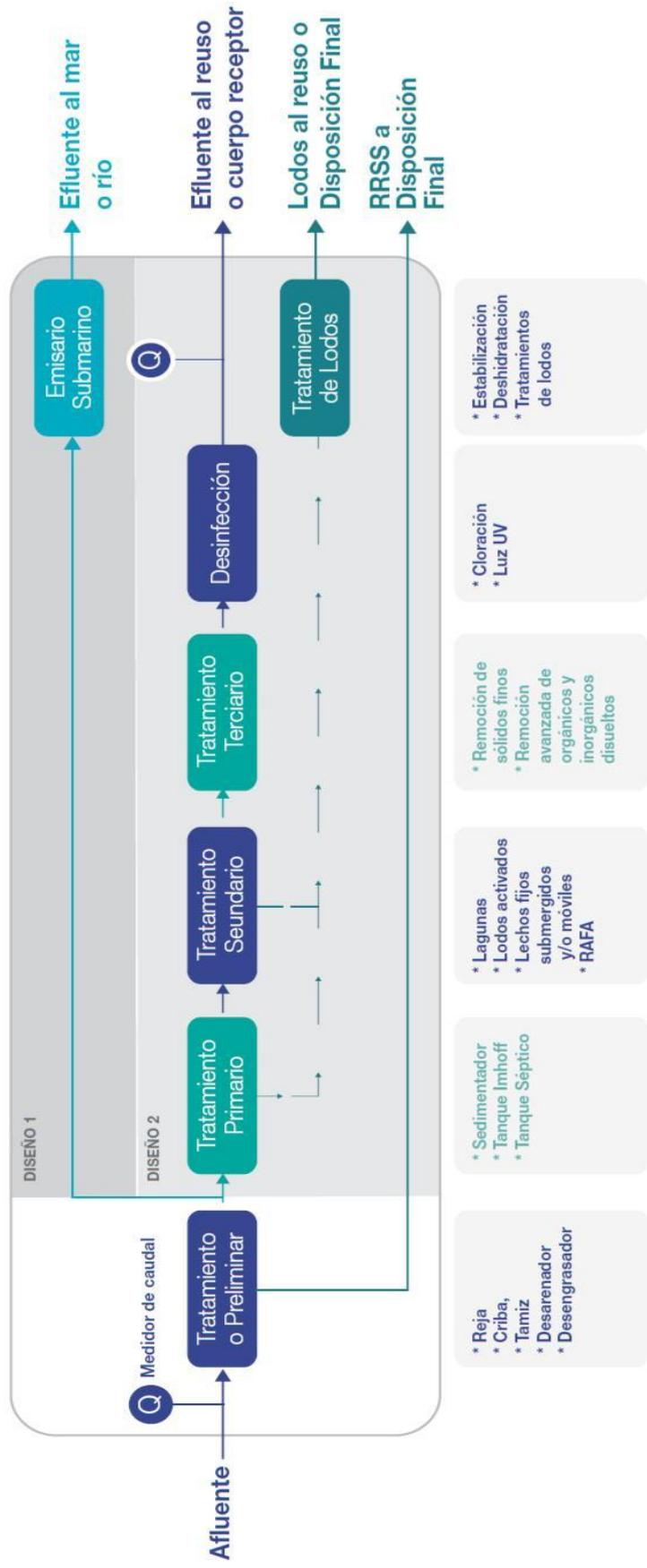


Figura 10. Esquema de tratamiento de aguas residuales domésticas.
Fuente: Diagnóstico de plantas de tratamiento de aguas residuales, SUNASS.

Dentro de los procesos de tratamiento de aguas residuales, estos dependen de cada caso de efluente en cuestión, a continuación, mencionaremos el proceso más usado, el cual se divide en las siguientes etapas:

2.2.6.1 Tratamiento preliminar

En el siguiente proceso se busca eliminar o filtrar elementos, materias gruesas y arenosas, esto con la finalidad de liberar el efluente y optimizar el proceso que secunde en el tratamiento, dejando trabajar con eficiencia los equipos, maquinas e instalaciones de tratamiento. Las principales estructuras para iniciar este pretratamiento son las cámaras de rejillas, cribas y desarenadores de ser necesario, estas eliminan elementos de gran dimensión y elementos suspendidos en la superficie, tamizan las arenas y sustancias solidas densas en suspensión.

a) Cámara de rejillas o cribas

Son las súper estructuras construidas para realizar la función de retener elementos solidos flotantes de tamaños considerables como; pedazos de madera, desperdicios orgánicos, animales muertos, con la finalidad de evitar obstruir las tuberías, canaletas u orificios que sigan en el proceso de tratamiento. Se deben remover los residuos retenidos en las rejillas cada 12 horas para evitar la conglomeración y obstrucción en las rejillas. (Manual de operación y mantenimiento de cámara de rejillas y desarenador, 2017)

Pueden existir dos cámaras de rejillas en una sola planta de tratamiento, una cámara de rejillas gruesas, donde se retenga residuos de gran dimensión y aguas más abajo una de rejillas más delgadas para desechos de menor tamaño, esto depende del criterio del ingeniero proyectista y de las necesidades del proyecto.

Para realizar el diseño de la cámara de rejillas es necesario tener las siguientes consideraciones (Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, Norma OS.090, RNE):

- Se recomienda utilizar barras de sección rectangular de 30 a 75mm de ancho con espesor de 5 a 15mm. Depende de cómo se dará el mantenimiento.
- Las barras tendrán una separación de 20 a 50mm. Si la localidad no cuenta con disposición de residuos sólidos, el espaciamiento de barra será no mayor a 25mm.
- Se debe de mantener una velocidad entre las barras limpias de 0.60 a 0.75m/s, de esto también pueden variar las consideraciones de dimensiones y espaciamiento de barras.
- Después de hallar las dimensiones, se calcula la velocidad del canal antes de las barras, se recomienda usar una velocidad de 0.45m/s.
- Es necesario hallar la pérdida de carga en condiciones de caudal máximo horario y 50% de eficiencia de área, para poder definir el perfil hidráulico, el tirante de agua y el borde libre en el canal.
- Cuando se diseña la criba con una limpieza manual, como Angulo de inclinación de barras se considera 45° a 60° en relación al horizontal.
- Para hallar el cálculo del material retenido en litros por metro cúbico de agua residual, se respetará los valores de la siguiente tabla 7.

Tabla 7. Material retenido en cribas

Abertura (mm)	Cantidad (lt/m ³)
20	0.038
25	0.023
35	0.012
40	0.009

Fuente: Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, Norma OS.090, RNE

En la figura 11 se muestra una cámara de rejillas con una separación de rejillas de 3cm aproximadamente, las cuales están colocadas en un ángulo de 30 a 60 grados



Figura 11. Cámara de rejillas en operaciones

Fuente: Guía de referencia de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales utilizados en Centro América, United States Agency International Development (USAID), 2018

b) Desarenadores

Son las estructuras que han sido construidas y diseñadas con la finalidad de retener los restos y residuos arenosos que llevan consigo las aguas residuales para evitar que entren al sistema de tratamiento. Habitualmente la forma que se les da a esta estructura es de canales de geometría rectangular construidos en paralelo.

Los desarenadores permiten que por la velocidad que tienen las aguas se realice una sedimentación que trabaje íntegramente por gravedad, por ende, la acumulación de arenas en las tuberías será mínima y se reducirá el mantenimiento y limpieza de los demás elementos del sistema de tratamiento. (Guía de referencia de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales utilizados en Centro

América, USAID, 2018).

En la figura 12, se muestra un desarenador de dos canales en paralelo, ubicado después de las rejillas.



Figura 12. Desarenador en paralelo

Fuente: Guía de referencia de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales utilizados en Centro América, USAID, 2018

c) Desengrasadores

También llamados como trampa de grasa, es el sistema que se suele conectar al final del pretratamiento, su principal función es lograr retener elementos nocivos como los aceites, grasas y algún elemento que pueda estar suspendido en la superficie de las aguas residuales. Logrando este proceso de filtración ayudara a que el tratamiento de las aguas sea más eficiente con respecto a los procesos biológicos

En la figura 13 se muestra un diseño de un desengrasador común, donde se logra apreciar los residuos de aceites y grasas que se retienen en la superficie, así mismo se puede ver la salida del agua ya sin estos elementos.

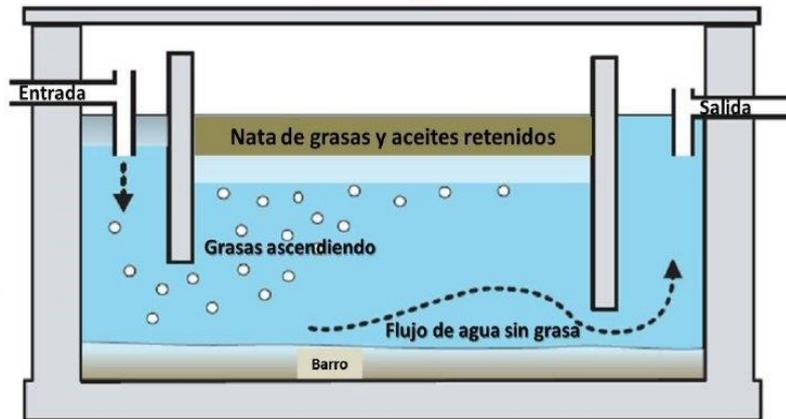


Figura 13. Desengrasador.

Fuente: Guía de referencia de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales utilizados en Centro América, USAID, 2018.

2.2.6.2 Tratamiento primario o físico

El siguiente proceso consiste en remover el mayor porcentaje de materia que yace suspendida en las aguas residuales pre - tratadas, esto sin considerar los organismos disueltos y coloidales. (Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, Norma OS.090, RNE)

Dentro de este tratamiento primario podemos encontrar el método de digestión primaria de lodos a través de tanques sépticos y tanques Imhoff.

a) Tanque séptico

Se dice de la estructura con sección de tanque que sedimenta los lodos de manera simple. Dentro del proceso de sedimentación se busca que el lodo sedimentado esté en contacto directo con el aporte que entre al tanque, facilitando la descomposición de los sólidos orgánicos por la acción de bacterias anaeróbicas.

Estos tanques sépticos se construyen con concreto no reforzado el cual debe tener el grosor adecuado para soportar las distintas

presiones tanto en el interior como en el exterior. Este debe tener un mantenimiento de una o dos veces por año la cual consiste en retirar los lodos ya sea bombeándolos o extrayéndolos de forma manual.

Dentro los tanques sépticos con el paso de los años se han desarrollado mejoras en este tipo de tratamiento, actualmente contamos con tanques sépticos mejorados o también llamados biodigestores.

a.1) Biodigestor (tanque séptico mejorado)

Es un sistema de digestión primaria de aguas residuales que se desempeña mejor que un tanque séptico y además cuenta con la ventaja de que es autolimpiable ya que nos permite retirar los lodos residuales a través de una llave o válvula de purga.

El sistema recibe aguas residuales domésticas y realiza un tratamiento de agua, lo que ayuda a cuidar el medio ambiente y prevenir la contaminación del nivel freático.

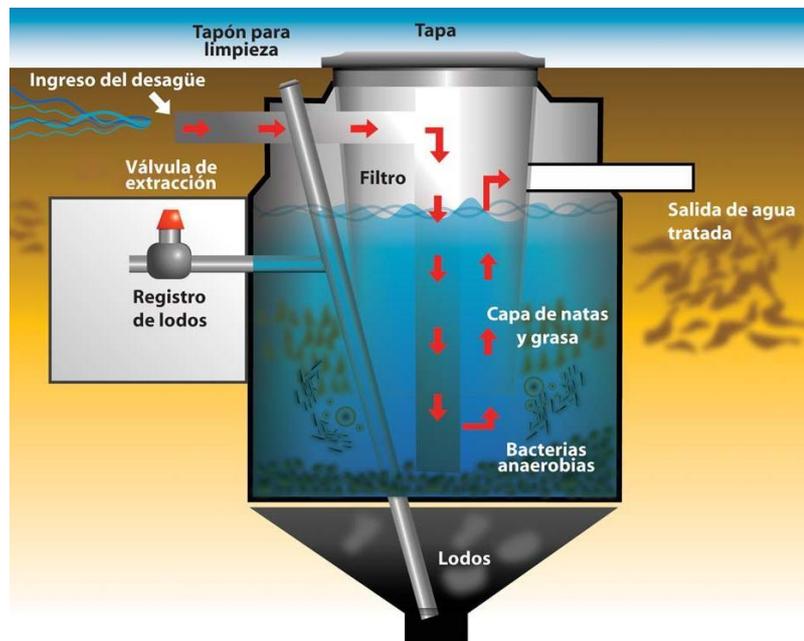


Figura 14. Esquema de biodigestor o tanque séptico mejorado

Fuente: Rotoplas.

b) Tanque Imhoff

Es un sistema de tratamiento sencillo que no necesita aparatos electrónicos o mecánicos, solo es necesario realizar un pretratamiento preliminar de rejillas o desarenadores a las aguas a tratar.

Por lo general, el tanque de agua Imhoff es rectangular y está conformado por tres partes esenciales; zona de ventilación, área de sedimentación, área de digestión de lodos y como complemento una zona de acumulación de nata.

El proceso que se realiza dentro del tanque Imhoff es el siguiente; al escurrirse por el área de sedimentación, las aguas a tratar logran eliminar la mayor cantidad de residuos como sedimentos, después se deslizan por la pared inclinada hasta llegar a la profundidad de la zona de sedimentación, donde existe una abertura con traslape que permitirá el ingreso de las aguas a la cámara de digestión. La función de este traslape es cerrar el paso del gas o partículas residuales de la digestión hacia el proceso de sedimentación. El gas y las partículas se transferirán al área de ventilación.

El lodo acumulado en el tanque de digestión se extrae regularmente y se introduce en el lecho de secado para reducir el contenido de humedad por infiltración, y luego se retira y desecha en un vertedero o se utiliza para mejorar el suelo.

Como consideraciones de diseño para el área de sedimentación se contempla los siguientes criterios (Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, Norma OS.090, RNE):

- Para definir el área del sedimentador se considerará $1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ en relación al caudal medio.
- El tiempo de retención hidráulica varía de 1.5 a 2.5 horas. Multiplicando la carga superficial por el TRH se puede hallar la profundidad.

- La forma del fondo será de una sección en “V” con una pendiente de 50 a 60° en los dos lados.
- Para el paso de sólidos se dispondrá a dejar un espacio de 0.15 a 0.20m en la arista central, prolongándose un lado con proyección horizontal de 0.15 a 0.20m para que evite el paso de los gases hacia el área del sedimentador.
- El valor mínimo para el borde libre será de 0.30m.
- Los parámetros de diseño faltantes y estructuras de entrada y salida, serán considerados los mismos que los sedimentadores rectangulares típicos.

Las consideraciones de diseño para el almacenamiento y digestión de lodos son las siguientes (Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, Norma OS.090, RNE):

- Para el determinar el volumen de lodos se considerará una reducción del 50% de residuos volátiles, además una densidad de 1.05 kg/lt y un porcentaje de sólidos contenidos de 10 a 12.5%. el tiempo de digestión de será equivalente a la temperatura, guiándonos de la siguiente tabla 8.
- Para hallar el volumen del compartimiento de lodos se debe multiplicar el valor de volumen unitario por el factor de capacidad relativa, representado en la tabla 8:

Tabla 8. Factor de capacidad relativa y tiempo de digestión.

Factor de Capacidad Relativa (fcr)			
COD	Temperatura (°C)	Fact.Capac .Relativ.	Tiempo de Digest. lodo[días]
1	5	2.00	110.00
2	10	1.40	76.00
3	15	1.00	55.00
4	20	0.70	40.00
5	>25	0.50	30.00

Fuente: Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, Norma OS.090, RNE.

- La diferencia entre la altura del fondo de sedimentador debe ser 0.50m por arriba de la altura máxima de lodos.
- Las paredes del fondo poseerán una inclinación de 15 a 30 grados con forma de tronco en pirámide.

Al diseñar el área libre entre el sedimentador y las paredes del digester se contempla los siguientes criterios (Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, Norma OS.090, RNE):

- Como medida mínima del espaciamiento libre será 1.00m
- Por lo menos el 30% de la superficie del tanque será considerada como la superficie libre total.

Para la remoción de los lodos digeridos, se deben diseñar las facilidades sabiendo que los lodos serán de secados de manera periódica (Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, Norma OS.090, RNE):

- Las tuberías de remoción tendrán un diámetro nominal de 200mm.
- La ubicación de la tubería de remoción estará 15cm por arriba del fondo del tanque.
- La carga mínima hidráulica para la remoción de manera hidráulica deber ser de 1.80m

Se muestra en la figura 15, el detalle de las partes del tanque Imhoff a través de un esquema enumerado.

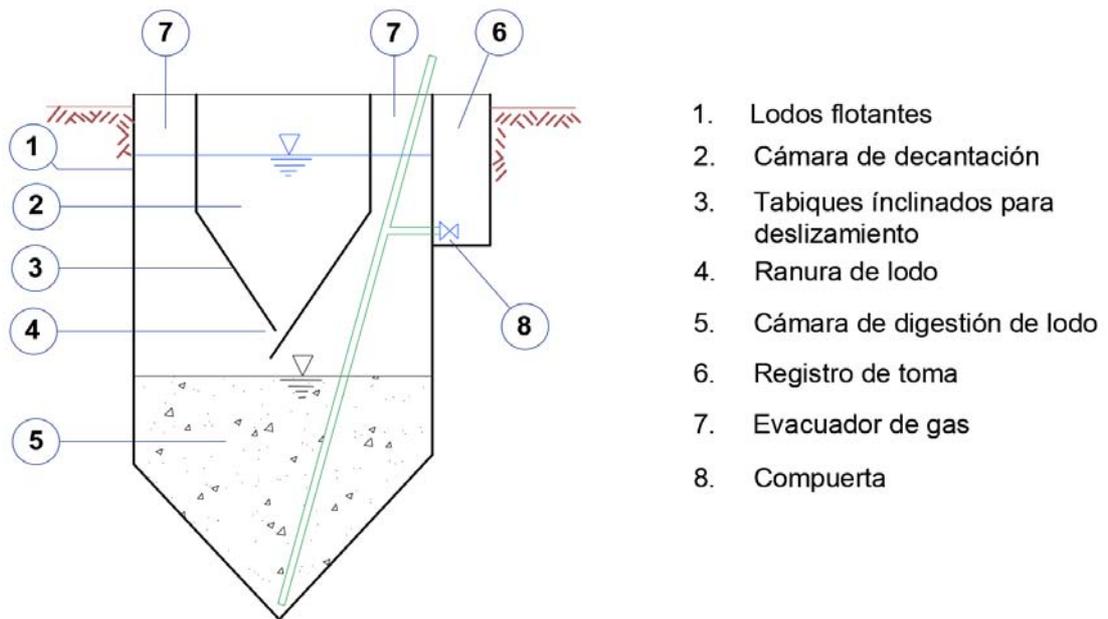


Figura 15. Esquema de tanque Imhoff.

Fuente: Guía de diseño de tecnologías de alcantarillado, OMS.

2.2.6.3 Tratamiento secundario o biológico

El proceso de tratamiento incluye la oxidación de materia orgánica biodegradable con la participación de bacterias, lo que acelera el proceso natural, evitando así la presencia de contaminantes en el cuerpo de agua y la falta de oxígeno.

Los procesos aerobios con biomasa detenida que más se aplican para este proceso son: Filtro biológico o percolador, lagunas de oxidación anaerobia y aerobia, lechos fijos o sumergidos y el Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente (RAFA).

a) Filtro biológico o percolador

Los filtros percoladores se pueden encontrar como tanques de geometría cilíndrica o rectangular, recubiertos de elementos plásticos de diámetro que oscilan de 7 a 10 centímetros, la función específica

de estos plásticos es formar una capa biológica compuesta por microorganismos aeróbicos que absorban y mineralicen los elementos contaminantes del agua residual. Con este proceso se busca tener una eficiencia arriba del 85%.

En la figura 16 se muestra un filtro percolador de forma rectangular con elementos de plástico de color negro cumpliendo la función de biopercolación.



Figura 16. Filtro biopercolador.

Fuente: Guía de referencia de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales utilizados en Centro América, USAID, 2018.

b) Lagunas de oxidación anaerobias

Son las lagunas de oxidación donde acoge la mayor carga de materia orgánica produciendo oxígeno disuelto ausente propiciando condiciones anaerobias estrictas a lo largo de toda la laguna. La función de estas lagunas es como la de un tanque séptico abierto, una de las ventajas es que se optimiza su función en climas calientes. Su profundidad es de 3 a 5 metros.

Cuando se realiza un buen diseño y aplicación de estas lagunas,

pueden alcanzar remociones de demanda química de oxígeno (DBO5) de un 60% trabajando a temperaturas de 20°C. Con respecto al tiempo de retención hidráulica, basta con un día cuando las aguas residuales contienen un DBO5 de hasta 300 mg/l en climas con temperatura mayor a 20 ° C. (Guía de referencia de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales utilizados en Centro América, USAID, 2018).



Figura 17. Laguna de oxidación anaerobia.

Fuente: Guía de referencia de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales utilizados en Centro América, USAID, 2018.

c) Lagunas de oxidación aerobias

También llamadas como lagunas de oxidación aireadas, da tratamiento a las aguas residuales que ya han sido sometidas a tratamiento previo, las cuales poseen menor cantidad de residuos sólidos flotantes.

Estas lagunas realizan la misma función que las lagunas anaerobias de convertir los residuos sólidos de forma orgánica a una forma inorgánica en el proceso de mineralización, la diferencia radica en que

estas reciben el oxígeno de los sistemas de aire mecánico o difuso, degradando la materia orgánica mediante la actividad de bacterias aerobias. La profundidad de estas lagunas varía de 1 a 1.5 metros (Romero, 1999)



Figura 18. Laguna de oxidación aerobia

Fuente: Guía de referencia de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales utilizados en Centro América, USAID, 2018

d) Lechos fijos sumergidos.

También conocidos como lechos aireados sumergidos fijos, SAF por su denominación en inglés Submerged Aerated Filter, son tratamientos que funcionan con cultivos de bacterias llamado biopelícula y el relleno filtrante yace sumergido en el agua.

Consiste en que las aguas residuales que preceden un pretratamiento atraviesen un lecho filtrante que contenga una biopelícula bacteriana para lograr degradar los agentes contaminantes disueltos en el agua y absorber las partículas coloidales. Es importante que los lechos estén fijados sin movimiento alguno por debajo del agua. Como ventajas presenta; facilidad para aplicar, no requiere retorno de lodos como otros tratamientos de biomasa. (Universidad de Da Coruña,

2015).

e) Reactor anaeróbico de flujo ascendente (RAFA)

El RAFA al igual que los tanque Imhoff son digestores que se emplean en el proceso de tratar las aguas residuales, la principal diferencia es que el RAFA presenta las cámaras de digestión anaeróbica y de decantación de forma superpuestas, encontramos otra diferencia en la parte superior donde implementa un sistema de separación de gas-líquido-sólido y requiere de personal capacitado para operarlo y realizar mantenimientos. Así que en otras palabras es un tanque Imhoff invertido.

Con respecto al tiempo de retención hidráulica, este depende del clima y temperatura de la zona donde se ejecutará el sistema de tratamiento, normalmente el TRH oscila entre 5 a 24 horas. Cabe resaltar que el RAFA trabaja por fuerza de gravedad sin necesidad de electricidad.

En la figura 19 se puede visualizar un tanque RAFA, identificando todos sus componentes.

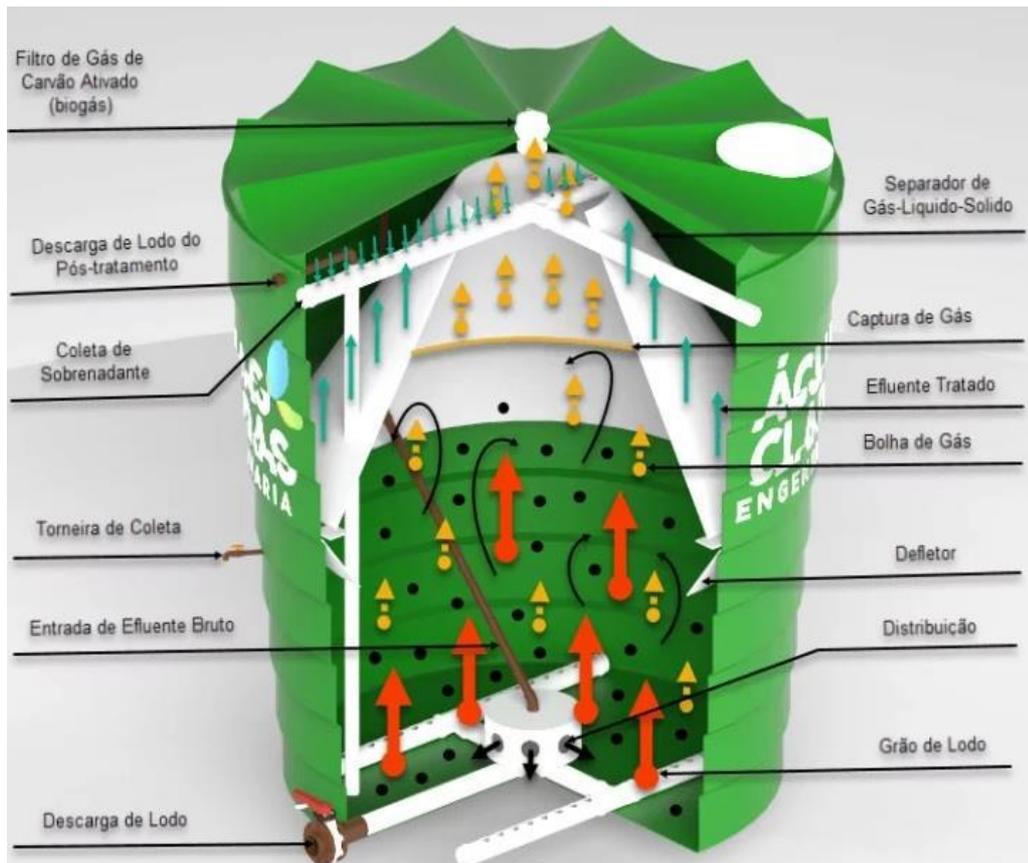


Figura 19. Tanque RAFA

Fuente: Fibras y Normas de Colombia S.A.S.

2.2.6.4 Tratamiento terciario

El objetivo principal de la última parte del proceso es expulsar la carga orgánica residual en el método secundario, expulsar los microorganismos patógenos, expulsar colores y olores indeseables, y eliminar los detergentes residuales, nitratos y fosfatos, que provocan eutrofización y espuma, correspondientemente. Parte de este tratamiento final es la cloración del agua de ser necesario.

Se plantea un tratamiento terciario siempre y cuando el tratamiento secundario no haya cumplido las condiciones mínimas de tratamiento fijado por el cuerpo receptor. Los métodos de tratamientos propuestos deben de ser defendidos en un estudio de factibilidad, el ingeniero proyectista se encargará de sustentar las consideraciones de diseño mediante ensayos de tratamiento.

La siguiente tabla 9 nos muestra los métodos de tratamiento terciario más usados entre los proyectistas (Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, Norma OS.090, RNE).

Tabla 9. Métodos de tratamientos terciarios

ítem	Métodos de tratamiento terciario
1	Osmosis inversa
2	Electrodialisis
3	Destilación
4	Coagulación
5	Adsorción
6	Remoción de espuma
7	Filtración
8	Extracción por solvente
9	Intercambio iónico
10	Oxidación química
11	Precipitación
12	Nitrificación - Denitrificación

Fuente: Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, Norma OS.090, RNE

2.2.6.5 Desinfección

Este proceso se realiza siempre y cuando el cuerpo receptor de las aguas residuales demande una calidad alta bacteriológica, se desinfecta a los afluentes de tratamientos secundarios o terciarios, mas no a los afluentes de tratamientos primarios. (Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, Norma OS.090, RNE).

Los procesos de desinfección más usados por los proyectistas son, cloración y tratamiento por luz UV.

a) Cloración

Después de haber sido sometidas a cualquier tipo de tratamiento las aguas residuales pueden verse totalmente claras y de buena calidad aparentemente, pero aun presentan microbios dañinos para la salud

humana, por ello es necesario realizar un proceso de cloración si es que las aguas residuales serán utilizadas para consumo humano o el efluente de recepción demande una alta calidad bacteriológica. (Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento, AEAS, 1984)

El objetivo de este proceso es evitar la transmisión de enfermedades en las poblaciones y la formación de algas que tornan de color verdoso las aguas. (AEAS, 1984).

b) Luz UV

Desinfectar las aguas derivadas de los tratamientos terciarios se considera un procedimiento físico que elimina los microorganismos contaminantes al paso por las lámparas ultravioletas ubicadas en la profundidad de los efluentes. Se considera una importante ventaja el no uso de productos químicos, generando un impacto positivo al oxígeno disuelto en el agua. En comparación al proceso de cloración, las luces UV eliminan los protozoos como *Cryptosporidium* y *Giardia*. (Trojan UV, 2021).

2.2.6.6 Tratamiento de lodos

a) Lecho de secados

Se le conoce al lecho de secados por ser la manera más simple de tratar los lodos. Desempeña la principal función de deshidratar los lodos aprovechando los procesos de evaporación y filtración.

El procedimiento para el lecho de secado es extender los lodos en patios que contengan un fondo permeable, con motivos de optimizar el tiempo de deshidratación se usa una capa de lodo de espesor entre 15 a 30 centímetros y se estila que los patios de secado estén

expuestos al sol y al aire. (Guía de referencia de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales utilizados en Centro América, USAID, 2018).

Con la finalidad de obtener un diseño óptimo de lecho de secado se pueden considerar las siguientes recomendaciones (Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, Norma OS.090, RNE):

- El material de construcción de estos lechos de secados puede ser de concreto, mampostería o tierra por diques. La altura útil total puede ser de 0.50 a 0.60m, las dimensiones generalmente se diseñan de 3 a 6m, pero en plantas de gran envergadura pueden sobrepasar los 10m.
- Para el drenaje se considera un medio de 30cm de espesor con las siguientes especificaciones:
 - El soporte debe estar constituido por una suerte de membrana de ladrillos de 15cm, separados a una distancia de 2 a 3cm, esta capa de ladrillos debe estar colocada sobre arena que es el medio filtrante con un tamaño efectivo de 0.3 a 1.3mm y un índice de uniformidad de 2 y 5. Como último estrado se debe colocar bajo la arena, una capa de 20cm de espesor de grava graduada entre 1.6 a 51mm
 - El drenaje será dado por tuberías de diámetro de 100mm los cuales deben estar ubicados bajo el nivel de la capa de grava.
 - Como dimensiones de los lechos se secado se pueden considerar anchos entre 5 a 15m, así como 20 a 45m de largo
 - Cada lecho de secado debe estar diseñado con una tubería que se encargue de descargar los residuos, complementando una losa en el fondo y válvula de compuerta con la finalidad de evitar el colapso del lecho.



Figura 20. Lecho o patio de secado.

Fuente: Guía de referencia de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales utilizados en Centro América, USAID, 2018.

2.2.6.7 Tratamiento complementario - Pozo de percolación

Los pozos de percolación son instalaciones complementarias, usadas cuando no existe un lugar de descarga a un cuerpo receptor de agua, tiene la finalidad en mitigar la contaminación ambiental de la localidad. Para contemplar el diseño de un pozo percolador es necesario realizar el “test de percolación” donde se identifica el tiempo de infiltración del terreno. A continuación, la tabla 10 muestra la clasificación de los terrenos en relación al tiempo de infiltración (Tanques Sépticos, Norma IS.020, RNE):

Tabla 10. Clase de terreno en relación al tiempo de infiltración.

Clase de terreno	Tiempo de infiltración para el descenso de 1 cm
Rápidos	de 0 a 4 minutos
Medios	de 4 a 8 minutos
Lentos	de 8 a 12 minutos

Fuente: Tanques Sépticos, Norma IS.020, RNE.

Si es que el terreno en evaluación tiene un tiempo de infiltración que sobrepasa los 12 minutos se considera un terreno no apto

para este tipo de tratamiento complementario y se recomienda buscar otro método de tratamiento y disposición final.

Es importante considerar la ubicación del pozo de percolación, ya que existen límites con respecto a instalaciones existentes como tuberías de agua, pozos de abastecimiento, viviendas o efluentes de agua superficiales. La siguiente tabla 11 muestra las distancias mínimas contempladas (Tanques Sépticos, Norma IS.020, RNE):

Tabla 11. Distancias mínimas por tipo de sistema

Tipo de sistema	Distancia mínima en metros			
	Pozo de agua	Tubería de agua	Curso superficial	Vivienda
Tanque Séptico	15	3	no presenta	no presenta
Campo de percolación	25	15	10	6
Pozo de percolación	25	10	15	6

Fuente: Tanques Sépticos, Norma IS.020, RNE.

Consideraciones de diseño para realizar un pozo de percolación (Norma IS.020, Tanques Sépticos, RNE):

- Para calcular el área de infiltración del pozo, será necesario contemplar el área lateral del cilindro, la profundidad o altura será denotada por la distancia de entrada de los residuos líquidos hasta la cota de fondo del pozo. Usando la siguiente formula:

$$A = \frac{Q}{R}$$

Donde:

A= área de infiltración (m²)

Q= caudal de aporte (lt/día)

R= Coeficiente de infiltración (lt/m²/día)

- Para hallar el coeficiente de infiltración es necesario realizar una prueba de campo y verificar en cuantos minutos el terreno absorbe un 1cm de agua. Este dato es ingresado en la siguiente en la (figura 21) se determina el coeficiente de infiltración del suelo en cuestión.

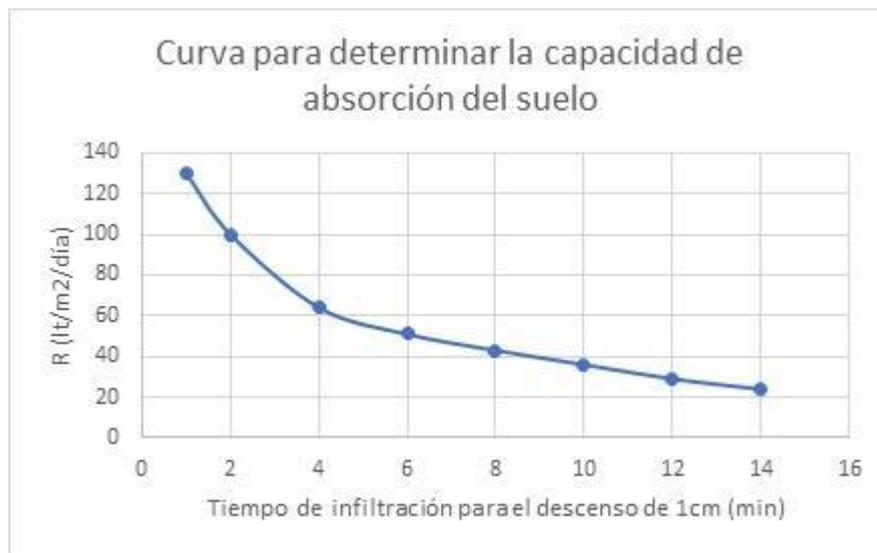


Figura 21. Curva de capacidad de absorción del suelo

Fuente: Tanques Sépticos, Norma IS.020, RNE.

2.3 Definición de Términos básicos

Aguas Residuales: Se refiere a todas las aguas residuales, ya sean aguas residuales domésticas (casas, edificios comerciales, etc.) o aguas residuales industriales.

Redes de recolección: Cúmulo de tuberías principales y derivaciones colectoras para la recogida de aguas residuales generadas domésticamente o por industrias.

Conexión Domiciliaria de Alcantarillado: Cúmulo de elementos sanitarios para drenar el agua residual que corresponde a cada lote.

Ramal Colector: Es la tubería que se encarga de recolectar y transportar el agua residual de una o más viviendas y la descarga a una tubería principal.

Sedimentación: Consiste en el procedimiento de separación de sólidos de los líquidos por efecto de la fuerza gravitación.

Digestión: Descomposición biológica de la materia orgánica del lodo que produce una mineralización, licuefacción y gasificación parcial.

Tiempo de retención hidráulica (TRH): Es el tiempo que permanece un líquido dentro de un recipiente o elemento acondicionado.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5): Es la cantidad necesaria de oxígeno disuelto o dióxígeno representado en miligramos sobre litros, para lograr la degradación biológica de la materia orgánica que existe en las aguas residuales.

Tratamiento anaerobio: Estabilización de un desecho orgánico por acción de microorganismos en ausencia de oxígeno.

Disposición final: Disposición final de las aguas tratadas hacia un efluente además de los lodos tratados de una planta de tratamiento.

2.4 Hipótesis

2.4.1 Hipótesis principal

El diseño del sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales mejorará la disposición de excretas de los habitantes del centro poblado El Nazareno, distrito de San José, provincia y región de Lambayeque.

2.4.2 Hipótesis específicas

- **H1:** Las condiciones topográficas y de suelos son favorables para realizar el diseño del sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales para mejorar la disposición de excretas en el centro poblado El Nazareno, distrito de San José, provincia y región Lambayeque.
- **H2:** Los parámetros de diseño son población, periodo, dotación, demanda, variación de consumo y caudales de diseño para el sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales para mejorar la disposición de excretas en el centro poblado El Nazareno,

distrito de San José, provincia y región Lambayeque.

- **H3:** El cálculo y diseño hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario será el más adecuado para mejorar la disposición de excretas en el centro poblado El Nazareno, distrito de San José, provincia y región Lambayeque.
- **H4:** El cálculo y diseño hidráulico de la planta tratamiento de aguas residuales cumplirá con mejorar la disposición de excretas en el centro poblado El Nazareno, distrito de San José, provincia y región Lambayeque.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Enfoque de investigación

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, esto debido a que se ha identificado características de un centro poblado a través de la observación, data estadística y encuestas estandarizadas posteriormente se obtiene datos numéricos los cuales son procesados mediante métodos estandarizados en Normas Técnicas para la elaboración del sistema de alcantarillado y la planta de tratamiento.

3.1.2 Tipo de investigación

La presente investigación tiene una orientación aplicada, debido a que se basa en la resolución al problema de disposición de excretas existente en el centro poblado El Nazareno, por ello esta investigación tiene un propósito práctico y definido el cual es encontrar la solución a la precaria e inadecuada disposición de excretas mediante un sistema de alcantarillado sanitario y una planta de tratamiento.

3.1.3 Nivel de investigación

El nivel de la investigación será descriptivo correlacional,

porque se investigaron las condiciones actuales con respecto al alcantarillado sanitario, suelo y topografía que posee el centro poblado El Nazareno, a través de métodos e instrumentos de proceso. Esto con la finalidad de encontrar una relación entre el diseño sistema de alcantarillado sanitario y mejorar su disposición de excretas de la localidad.

3.1.4 Diseño de la investigación

No experimental, debido a que no existe la manipulación de las variables de esta manera, simplemente estas son observadas y analizadas en su contexto natural.

Transversal, debido a que los datos recolectados se realizan solo en un único momento del tiempo, en este caso el año 2020.

3.2 Método de la Investigación

El método de investigación que encaja con más precisión a nuestro estudio es el método teórico de investigación científica inductivo –deductivo, porque basándonos en las condiciones reales que existen en el centro poblado El Nazareno induciremos hipótesis fundamentadas en los problemas específicos las cuales serán corroboradas mediante un sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales con bases teóricas en leyes y métodos de diseño, logrando una solución evidente que se puede contrastar a la realidad de la localidad.

3.3 Variables

Dentro de la investigación se han considerado dos variables, una variable independiente la cual es el sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales y una dependiente, la disposición de excretas, a continuación, se detalla en la tabla 12.

3.3.1 Operacionalización de variables

Se identificaron las variables independientes y dependientes, que se plasman en el siguiente cuadro de operacionalización de variables.

Tabla 12. Tabla de operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR
(Variable Independiente) Sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales .	Estudios básicos de topografía y suelos	Ubicación
		Plantas topográficas
		Perfiles longitudinales
		Secciones transversales
		Granulometría
		Contenido de humedad
		Clasificación (SUCS)
		Corte directo
		Análisis químico
	Parámetros de diseño	Población
		Período
		Dotación
		Variación de consumo
		Consideraciones de diseño
	Sistema de alcantarillado sanitario	Dimensionamiento hidráulico de redes
		Dimensionamiento hidráulico de buzones de inspección
	Planta de tratamiento	Pretratamiento
		Tratamiento primario
		Tratamiento de lodos
Disposición final		
(Variable Dependiente) Disposición de excretas	Sistema de flujo y descarga	Topografía
		Características del suelo
		Dimensionamiento hidráulico
	Tratamiento	Cámara de rejillas
		Tanque Imhoff
		Lecho de Secados de lodos
	Disposición final	Pozo percolador

Elaboración: los autores

3.4 Población y muestra

En la presente investigación, se ha determinado como población y muestra al centro poblado El Nazareno ubicado en el distrito de San José, provincia y región de Lambayeque el cual tiene una extensión geográfica de 25ha.

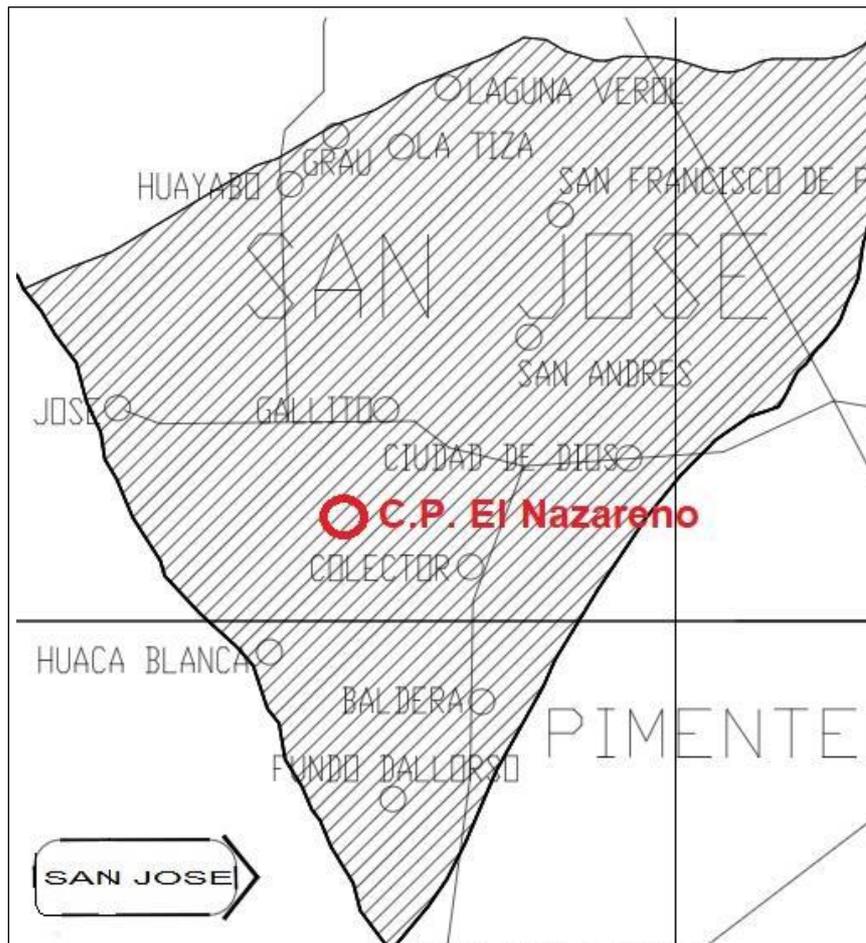


Figura 22. Mapa de ubicación del C.P. El Nazareno.

Elaboración: los autores



Figura 23. Vista aérea en planta del Centro Poblado El Nazareno.

Elaboración: los autores – imagen Dron 06-12-2020

El centro poblado El Nazareno se ubica en el kilómetro 8+100 de la carretera Chiclayo – San José. Con **coordenadas geográficas** de 6°46'07" S y 79°56'50" W, a un altitud de 9.00 m.s.n.m. en la zona geográfica 17.

Como **límites geográficos** presenta:

- Por el Norte: Con el C.P. Gallito.
- Por el Sur: Con el sector La Pradera
- Por el Este: Con el C.P. Ciudad de Dios.
- Por el Oeste: Con la ciudad de San José.



Figura 24. Vista aérea del Centro Poblado El Nazareno.

Elaboración: los autores – imagen Dron 06-12-2020



Figura 25. Paradero vehicular del Centro Poblado El Nazareno.

Elaboración: los autores

Su **clima** es semiárido por estar ubicada en la zona costera del país, en la estación de verano las temperaturas pueden registrar hasta 34° C, generando una humedad relativa que varía en un 70% a 90%. En invierno las temperaturas más bajas suelen llegar a 12°C, con leves precipitaciones. Temperatura promedio 20°C.

Su **acceso** desde la ciudad de Chiclayo tomando la vía Chiclayo – San José, en vehículo particular, el tiempo de viaje es de 15 minutos aproximadamente.

Desde la ciudad de Lima conduciendo por la vía Panamericana Norte en dirección de sur a norte, el tiempo de viaje es de 12 horas aproximadamente. En la figura 26 se muestra el principal acceso al C.P. El Nazareno, captado por un dron, por la carretera Chiclayo – San José



Figura 26. Acceso al centro poblado el Nazareno

Elaboración: los autores – imagen Dron 06-12-2020

El centro poblado El Nazareno posee 468 habitantes los cuales se reparten en 101 viviendas, con una densidad poblacional de 4.59 habitantes por vivienda.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1 Técnicas de recolección de datos

Las técnicas empleadas en la investigación para recopilar datos se basan en la observación directa, encuestas, recolección y análisis de datos tanto en campo como en gabinete.

Así también, la investigación toma en cuenta datos de fuentes estadísticas para evaluar el crecimiento poblacional, además de ello se utilizaron técnicas de investigación de material bibliográfico acerca de diseño y conceptos de importancia para la realización de la investigación.

3.5.2 Instrumentos de recolección de datos

Se aplicaron cuestionarios a distintos profesionales especializados en la rama de saneamiento, así como conocedores del tema acerca de la investigación a realizar, además, se hicieron visitas a la zona de estudio donde se recopilaron datos para determinar la situación actual de saneamiento básico.

3.6 Técnicas e instrumentos de procesamiento de datos

3.6.1 Técnicas de procesamiento de datos

Para el procesamiento de datos se usó la técnica de trabajo en gabinete, donde empleando métodos, instrumentos y procesos de cálculo como softwares y normas técnicas se obtuvo el resultado de la investigación

3.6.2 Instrumentos de procesamiento de datos

Como instrumentos para el procesamiento de datos en gabinete se emplearon los programas de Microsoft Office, el software AutoCAD, SewerCAD, entre otros; así como el Reglamento para el diseño

del sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales IS. 020, OS. 100, OS. 070 y OS. 090.

3.7 Desarrollo metodológico de la investigación

Se muestra a través de un esquema, el procedimiento realizado para el desarrollo de la investigación.

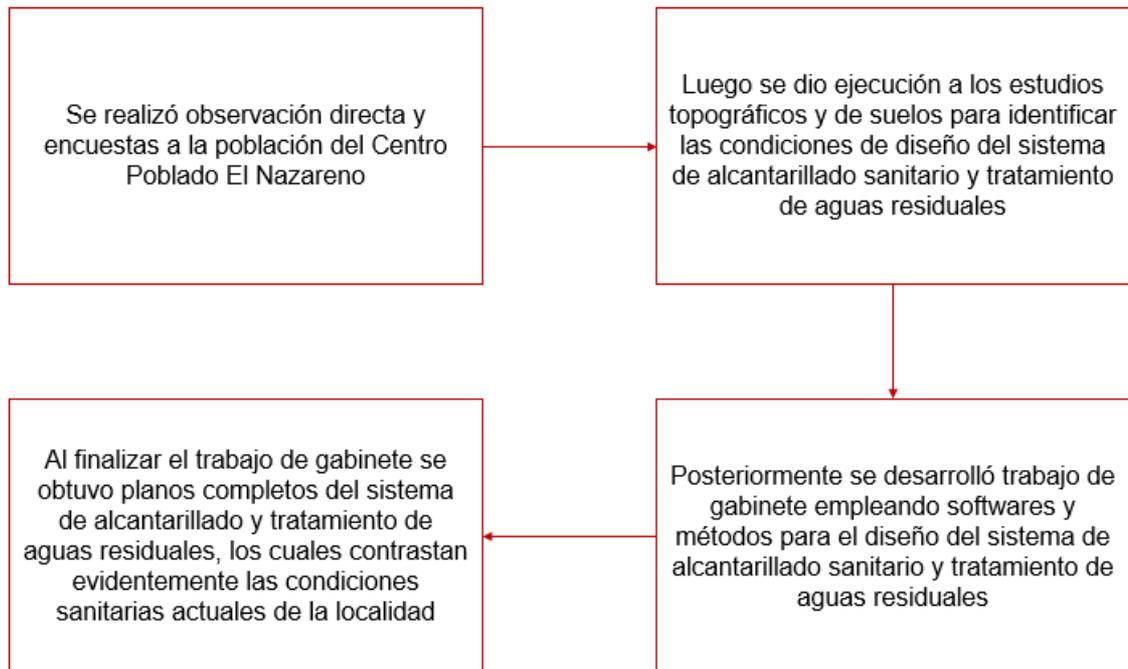


Figura 27. Procedimiento de la investigación

Elaboración: los autores

CAPÍTULO IV

DESARROLLO

El desarrollo de la investigación se realizó según los objetivos planteados en la presente investigación, estos se dividen de la siguiente manera:

- Estudios básicos de topográfico y de suelos.
- Definición de los parámetros de diseño.
- Cálculo y diseño de las redes de alcantarillado.
- Cálculo y diseño de la planta de tratamiento.

Todos estos objetivos mencionados se relacionan y guardan una estrecha relación cumpliendo así una importante función en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario y el tratamiento de aguas residuales.

4.1 Estudio topográfico

4.1.1 Generalidades

4.1.1.1 Ubicación

El Centro Poblado El Nazareno, se encuentra ubicado en el distrito de San José, provincia y departamento de Lambayeque, a una altitud promedio de 9.00 m.s.n.m. y con coordenadas geográficas con referencia al Km.8+100 de la vía Chiclayo – San José, de 6°46'07" S y 79°56'50" W zona geográfica 17. Ver **Anexo N°09**, plano PU-01.



Figura 28. Ubicación Geográfica C.P. El Nazareno

Elaboración: los autores

4.1.1.2 Límites

El centro poblado El Nazareno perteneciente al distrito de San José cuenta con los siguientes límites geográficos:

- Por el Norte: Con el C.P. Gallito.
- Por el Sur: Con el sector La Pradera.
- Por el Este: Con el C.P. Ciudad de Dios.
- Por el Oeste: Con la ciudad de San José.

4.1.2 Levantamiento topográfico

A continuación, se describen los trabajos efectuados para la elaboración del levantamiento topográfico y replanteo de construcciones existentes, de acuerdo a los términos de referencia:

- El presente levantamiento topográfico se ejecutó con ayuda de una Estación Total "Topcon", prismas, GPS "Garmin 78C", Winchas de 7 m y 100 m "Stanley".



Figura 29. Estación total empleada para el levantamiento topográfico.
Elaboración: los autores



Figura 30. Prismas empleados para el levantamiento topográfico.
Elaboración: los autores

- Se ha desarrollado un plano topográfico en AUTOCAD (2018) con las curvas de nivel del C.P. El Nazareno. (Figura 31). Ver **Anexo N°9**, plano PT-01.



Figura 31. Plano de ubicación del C.P. El Nazareno.

Elaboración: los autores

- En el plano topográfico se ha ubicado las viviendas existentes, para ello se ha considerado tres BM (tabla 13) los mismos que sirvieron para efectuar el trazo y replanteo del proyecto.

Tabla 13. Tabla de BM topográficos

Descripción	Cota	Este	Norte
BM-1	10.02	616354.81	9251678.76
BM-2	9.98	616307.91	9251674.99
BM-3	7.25	616216.59	9251732.71

Elaboración: los autores

4.2 Estudio de suelos

Se ha llevado a cabo el estudio de suelos con la finalidad de conocer las propiedades geomecánicas en las zonas donde se diseñarán las redes de alcantarillado planta de tratamiento de tal manera que con los resultados

obtenidos se recomienden los diseños óptimos que garanticen la calidad y vida útil de esta importante obra de saneamiento la misma que beneficiará a este distrito.

Se ha realizado 3 calicatas las cuales sirvieron para extraer muestras para la planta de tratamiento y para las redes de alcantarillado. A continuación, se muestra en las siguientes tablas el detalle de cada calicata.

Tabla 14. Tabla de calicata C-1.

Calicata N°1 (C-1)	
Red de alcantarillado	
Cordenadas UTM	E 0616363 – N 9251544
Profundidad	2 mts
Clasificación SUCS	GC - Grava Arcillosa
Contenido de humedad	15.95%

Elaboración: los autores



Figura 32. Calicata N° 1 (C-1) red de alcantarillado.

Elaboración: los autores

Tabla 15. Tabla de calicata C-2.

Calicata N°2 (C-2)	
Red de alcantarillado	
Cordenadas UTM	E 0616328 – N 9251617
Profundidad	2 mts
Clasificación SUCS (0.20 a 1.00m)	SC - Arena Arcillosa
Clasificación SUCS (1.00 a 2.00m)	GC - Grava Arcillosa
Contenido de humedad (0.20 a 1.00m)	11.57%
Contenido de humedad (1.00 a 2.00m)	13.96%

Elaboración: los autores



Figura 33. Calicata N° 2 (C-2) red de alcantarillado.

Elaboración: los autores

Tabla 16. Tabla de calicata C-3.

Calicata N°3 (C-3)	
Planta de tratamiento	
Cordenadas UTM	E 0616259 – N 9251409
Profundidad	2 mts
Clasificación SUCS	GC - Grava Arcillosa
Contenido de humedad	17.33%

Elaboración: los autores



Figura 34. Calicata N° 3 (C-3) Planta de tratamiento.

Elaboración: los autores

4.3 Parámetros de diseño

Para partir con el diseño del sistema del alcantarillado sanitario y tratamiento de las aguas residuales se ha considerado los siguientes parámetros de diseño, trabajados con datos obtenidos in situ y datos de entidades especializadas que brindan índices e indicadores para desarrollar el proyecto.

4.3.1 Periodo de diseño

Se ha considerado los parámetros de diseño que nos denota la Norma OS. 100 y el manual “Parámetros de diseño de infraestructuras de agua y saneamiento para centros poblados rurales” promovido por el MEF, 2004.

Los factores que se han tomado en cuenta para determinar el periodo de diseño son los siguientes:

- Vida útil de las tuberías de conducción = 20 años
- Vida útil de estructuras de la planta de tratamiento de aguas residuales

= 20 años

- El proyecto se considera de envergadura media
- Crecimiento poblacional de índole considerable TC=1.21%
- Economía en crecimiento por pertenecer al distrito de San José la cual se considera zona pesquera.

Analizando los factores, se ha definido realizar el periodo del diseño del proyecto a **20 años**, el cual cumple con el periodo de diseño máximo de las Normas antes mencionadas.

4.3.2 Población

Se ha tomado como punto de partida para el diseño de sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales la población actual del C.P El Nazareno, para lo cual se planteó realizar una encuesta casa por casa, pero los pobladores se negaron a dar la encuesta por la contingencia sanitaria relacionada a la Covid-19, por ello con colaboración de la teniente Alcalde del centro poblado El Nazareno se utilizó el padrón poblacional realizado en el año 2019 ver **Anexo N°3**. Así mismo la tasa de crecimiento se ha encontrado haciendo uso de los datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI y su Censo de Población y vivienda del año 2017.

a) Tasa de crecimiento

Para encontrar la tasa de crecimiento del centro poblado El Nazareno se ha consultado información al ente encargado de proporcionar los indicadores poblacionales en el país, INEI.

Recogiendo los siguientes datos y fórmula para calcular la tasa de crecimiento poblacional:

$$r = \left(\left(\frac{P_f}{P_o} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right) \times 100$$

Donde:

r = tasa de crecimiento poblacional

P_f = Población final

P_o = Población inicial

n = tiempo en años

Determinamos la tasa de crecimiento con datos del INEI, y de las encuestas realizadas:

Datos:

P_f = 468 hab.

P_o = 451 hab.

n = 3 años

$$r = \left(\left(\frac{468}{451} \right)^{\frac{1}{3}} - 1 \right) * 100$$

$r = 1.21\%$

Entonces como resultado del cálculo tenemos la tasa de crecimiento poblacional, representada en un 1.21%.

b) Población Futura

Usando la tasa de crecimiento obtenida se procedió a realizar el cálculo de la población futura para un periodo de diseño de 20 años, obteniendo así una población de diseño de 596 hab. Tal y como lo muestra la tabla 17.

Tabla 17. Tabla de crecimiento poblacional

Periodo	Año	Población Proyectada	Tasa de Crecimiento
0	2020	468	1.21%
1	2021	474	1.21%
2	2022	480	1.21%
3	2023	486	1.21%
4	2024	492	1.21%
5	2025	498	1.21%
6	2026	504	1.21%
7	2027	510	1.21%
8	2028	516	1.21%
9	2029	522	1.21%
10	2030	528	1.21%
11	2031	534	1.21%
12	2032	540	1.21%
13	2033	547	1.21%
14	2034	554	1.21%
15	2035	561	1.21%
16	2036	568	1.21%
17	2037	575	1.21%
18	2038	582	1.21%
19	2039	589	1.21%
20	2040	596	1.21%

Elaboración: los autores

Población futura **596 habitantes.**

Se ha comparado con la proyección geométrica, a continuación, se muestran los datos y resultados

Datos:

P_0 = Población inicial

i = Tasa de crecimiento

n = Periodo de diseño

$$Pf = 468 * (1 + 0.0121)^{20}$$

$$Pf = 596$$

Como resultado se obtuvo una población futura de **596 habitantes.**

c) Densidad por vivienda

Para el presente proyecto la densidad poblacional dependerá de la población servida. En este caso la población actual es de 468 habitantes, con 101 viviendas, a través de la siguiente relación se estableció la densidad por vivienda:

$$\text{Densidad poblacional} = \frac{\text{Población inicial}}{\text{Número de Viviendas}}$$

$$\text{Densidad poblacional} = \frac{468 \text{ Hab.}}{101 \text{ Vivienda}}$$

$$\text{Densidad poblacional} = 4.59 \text{ Hab/Viv.}$$

4.3.3 Dotación

Como no hay estudios de consumo de agua pertenecientes al centro poblado El Nazareno, ya que no posee un sistema de abastecimiento de agua potable del cual pueda justificar la dotación, se ha optado por trabajar con los valores que establece la Norma OS. 100, Consideraciones básicas de diseño de estructuras sanitarias, RNE.

Considerando que el centro poblado El Nazareno posee un clima templado y cálido y sus lotes tienen un área menor a la de 90m² se estableció la siguiente dotación:

$$\text{Dot} = 150 \text{ lt/hab/día}$$

4.3.4 Variación de consumo

Como coeficientes de variación de consumo se ha considerado los dos siguientes valores aplicados a los caudales máximo diario y máximo horario.

- Máximo diario = 1.3
- Máximo horario = 2.0

4.3.5 Consideraciones de diseño

4.3.5.1 Caudal Domestico

a) Caudal medio diario

$$Q_{med} = \frac{c \times p \times dot}{86400}$$

Donde:

C : Coeficiente de retorno

P : Población de diseño

Dot: Dotación

$$Q_{med} = \frac{0.8 \times 596 \text{ Hab.} \times 150 \text{ lt/hab/dia}}{86400}$$

$$Q_{med} = 0.83 \text{ lt/seg}$$

b) Caudal máximo diario

La relación entre el caudal máximo diario y el caudal medio diaria será de $K_1 = 1.3$

$$Q_{md} = k_1 \times Q_{med}$$

$$Q_{md} = 1.3 \times 0.83 \text{ lt/seg}$$

$$Q_{md} = 1.08 \text{ lt/seg}$$

c) Caudal máximo horario

La relación entre el caudal máximo horario y el caudal medio diaria será de $K_2 = 2$

$$Q_{mh} = k_2 \times Q_{med}$$

$$Q_{mh} = 2 \times 0.83 \text{ lt/seg}$$

$$Q_{mh} = 1.66 \text{ lt/seg}$$

4.3.5.2 Caudal por infiltración

- a) Caudal de infiltración por tubería

Según la norma OS.070, la tasa de infiltración por tubería está comprendida entre 0.05 l/(seg*km) - 1 l/(seg*km).

Taza asumida: 0.05 lt / (seg*km)

Longitud de red: 2119.2 km

$$Q_{i\ tub} = 2.1192 \text{ km} \times 0.05 \text{ lt} / (\text{seg} * \text{km})$$

$$Q_{i\ tub} = 0.11 \text{ lt/seg}$$

- b) Caudal de infiltración por buzones

Taza: 380 lt / (día * buzón) = 0.0044 lt/(seg*buzón)

Número de buzones: 38 buzones

$$Q_{i\ buz} = 38 \text{ buz.} \times 0.0044 \text{ lt} / (\text{seg} * \text{buzón})$$

$$Q_{i\ buz} = 0.17 \text{ lt/seg}$$

4.3.5.3 Caudal de diseño

$$Q_{diseño} = Q_{mh} + Q_{itub} + Q_{ibuz}$$

$$Q_{diseño} = 1.66 \text{ lt/seg} + 0.11 \text{ lt/seg} + 0.17 \text{ lt/seg}$$

$$Q_{diseño} = 1.94 \text{ lt/seg}$$

4.4 Análisis del sistema de alcantarillado mediante el software SewerCAD

4.4.1 Configuraciones básicas

Al ingresar al software SewerCAD lo primero que se realizó es crear un nuevo proyecto, para esto usamos la opción de **Create New Hydraulic Model**.

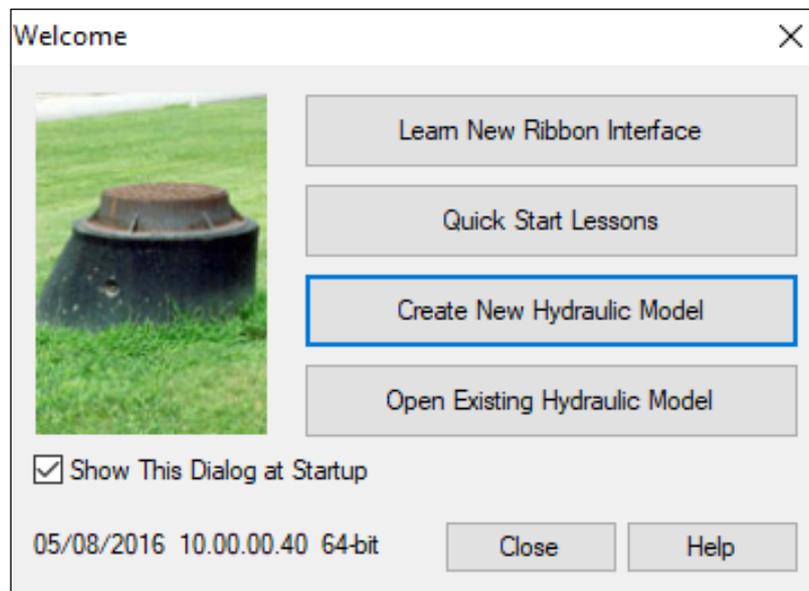


Figura 35. Creación de nuevo proyecto.

Elaboración: los autores - Software SewerCAD.

Paso seguido se usó la herramienta tools aplicando la opción options con la finalidad de configurar el proyecto, esto tanto en el modo de dibujo, etiquetas y unidades las cuales estarán en el sistema internacional (SI).

Esta configuración básica es muy importante porque se define qué modo de dibujo se realiza ya sea en escala o esquemático, además de eso se pueden colocar etiquetas que nos permitan identificar fácilmente los elementos que comprende el sistema de alcantarillado sanitario; a esto se le añade que configurando las unidades se puede controlar la unidad de trabajo y el número de unidades adecuado para el diseño.

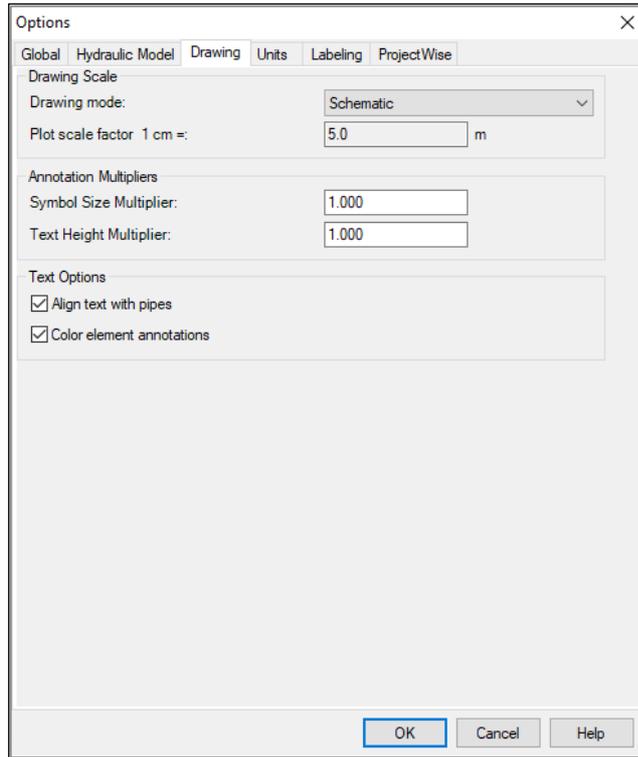


Figura 36. Definimos el modo de dibujo.

Elaboración: los autores - Software SewerCAD.

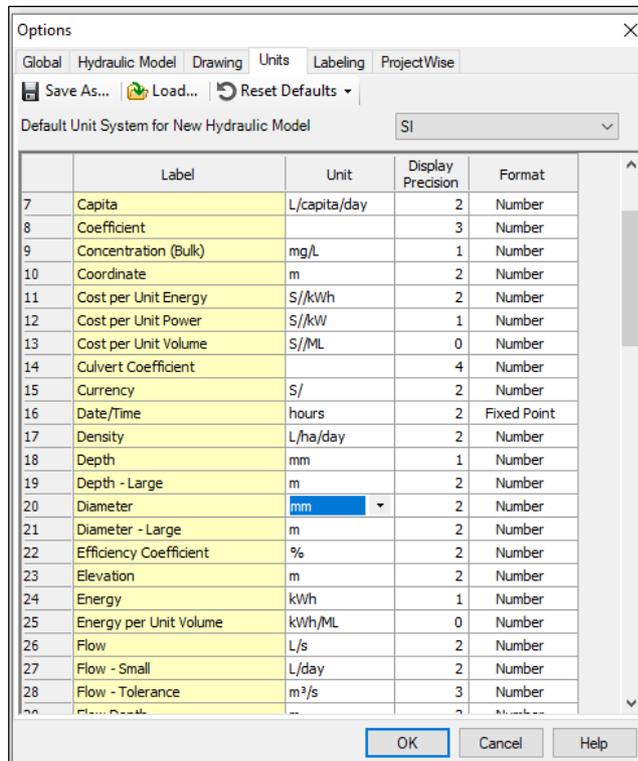


Figura 37. Configuración de unidades.

Elaboración: los autores - Software SewerCAD

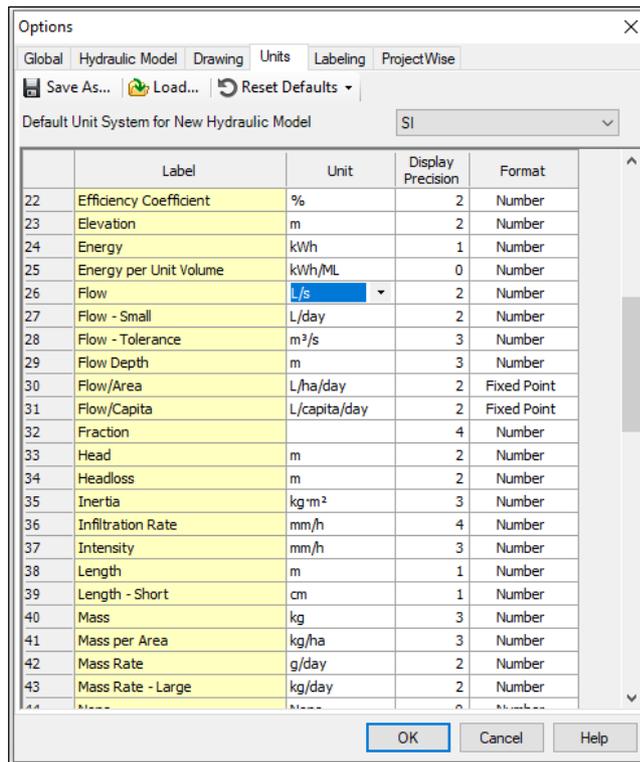


Figura 38. Configuración de etiquetas para tuberías, buzones y la PTAR.

Elaboración: los autores - Software SewerCAD

Después de realizar las configuraciones básicas para el modelamiento se creó un catálogo de tuberías donde se configuró utilizando los diámetros comerciales que se aprecian en la tabla 18, para ingresar los datos esto se usó a la opción de Conduit catalog.

Tabla 18. Ficha técnica de tubería de alcantarillado, Pavco Wavin

DN	Longitud			Rigidez Kn/m2					
				SN 2		SN 4		SN 8	
				SDR 51		SDR 41		SDR 34	
(mm)	Total (m)	Util (m)	C max (mm)	e (mm)	Peso (kg/tubo)	e (mm)	Peso (kg/tubo)	e (mm)	Peso (kg/tubo)
110	6.0	5.85	75			(*) 3.2	10.42	3.2	10.42
160	6.0	5.83	90	(*) 3.2	15.31	(*) 4.0	19.04	4.7	22.27
200	6.0	5.82	100	(*) 3.9	23.33	(*) 4.9	29.17	5.9	34.94
250	6.0	5.79	115	(*) 4.9	36.63	(*) 6.2	46.11	7.3	54.04
315	6.0	5.75	135	(*) 6.2	58.45	(*) 7.7	72.23	9.2	85.88
355	6.0	5.74	150	(*) 7.0	74.37	(*) 8.7	91.98	10.4	109.41
400	6.0	5.71	155	(*) 7.0	94.63	(*) 9.8	116.82	11.7	138.79

Fuente: Pavco Wavin.

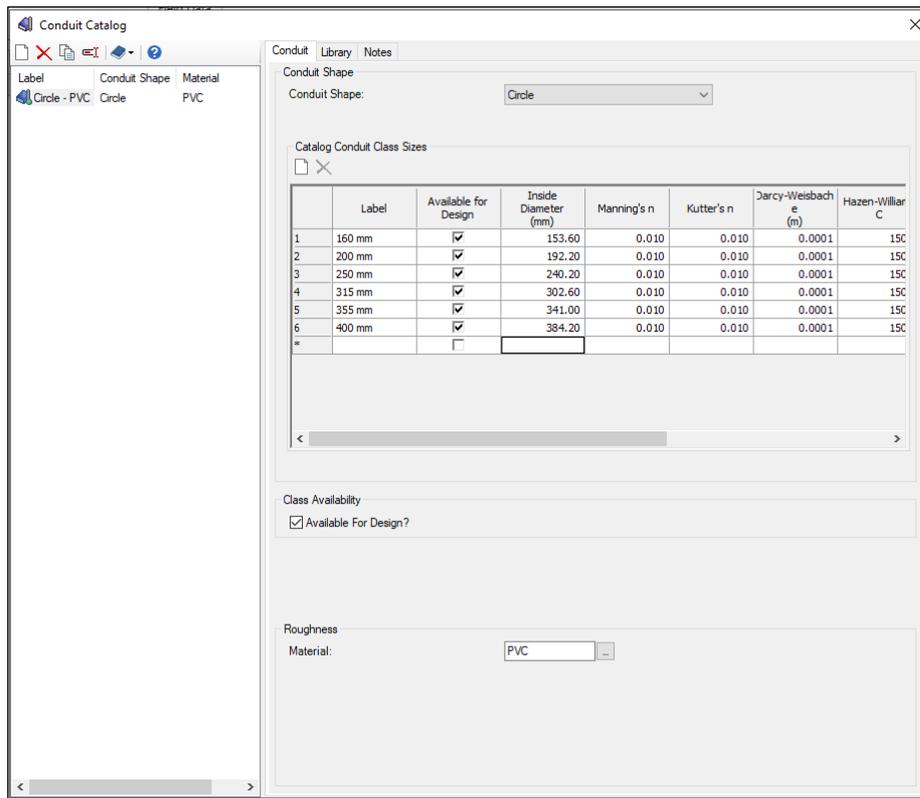


Figura 39. Catálogo de tuberías para el diseño de la red.

Elaboración: los autores - Software SewerCAD

Después de haber insertado los diámetros comerciales se procedió a crear un prototipo de tubería que sirva como referencia para el diseño de la red. Para ello se aplicó la opción prototypes donde seleccionaremos un diámetro de nuestro catálogo, en este caso se usó la tubería de 200mm.

Cabe resaltar que este prototipo no fue el que se utilizó en el diseño final, sino que sirve como referencia para poder crear el dibujo de las redes de alcantarillado, después de correr el programa este mismo diseña y coloca los diámetros necesarios en las redes de alcantarillado para que dichas redes cumplan con los parámetros de diseño establecidos e ingresados al programa.

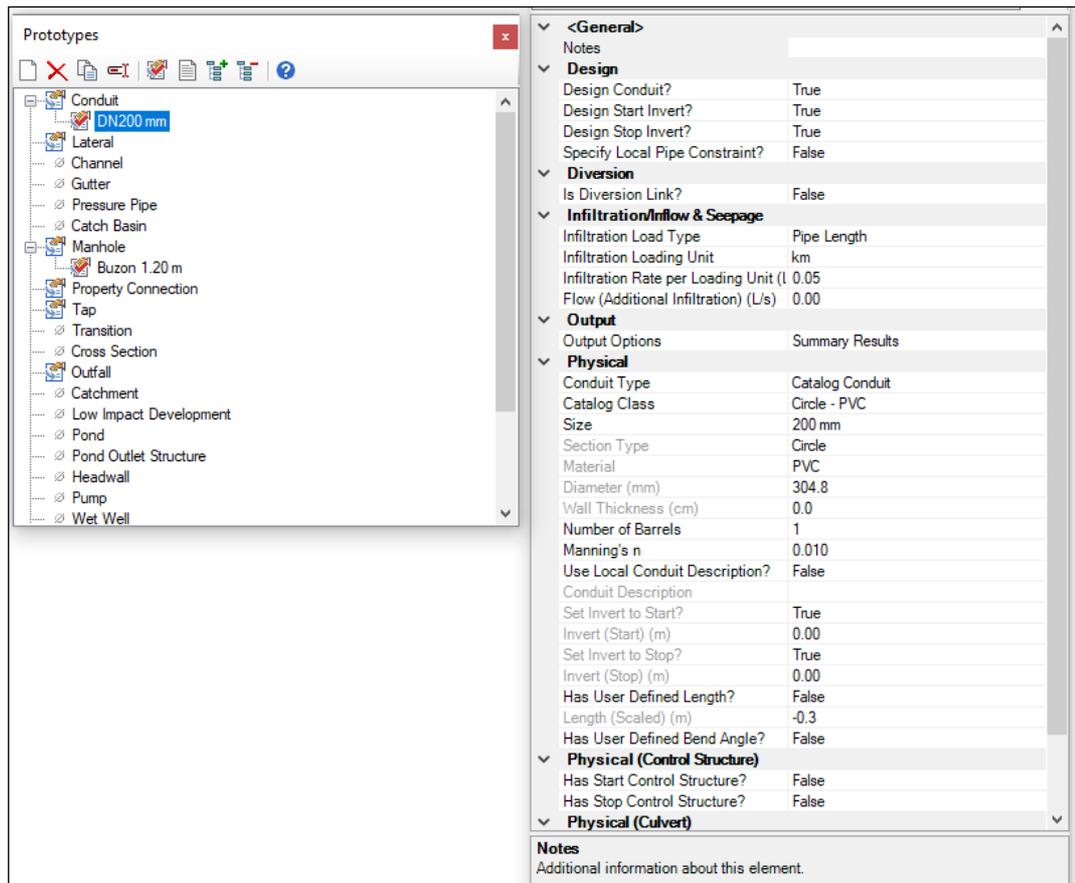


Figura 40. Creación de un prototipo para el diseño.

Elaboración: los autores - Software SewerCAD

Después de haber realizado las configuraciones básicas se definieron los parámetros de diseño del sistema de alcantarillado tomando en cuenta la Norma OS.070. Para definir los parámetros de diseño en el software SewerCAD se usó la herramienta Design Constraint donde se colocó los parámetros de velocidad, cobertura pendiente y tensión tractiva, además se colocó que la tubería trabaja a 3/4 de tubo tal y como lo define la Norma OS.070.

Los parámetros de diseño ingresados guiaron al programa a realizar un diseño que ha cumplido con cada uno de ellos.

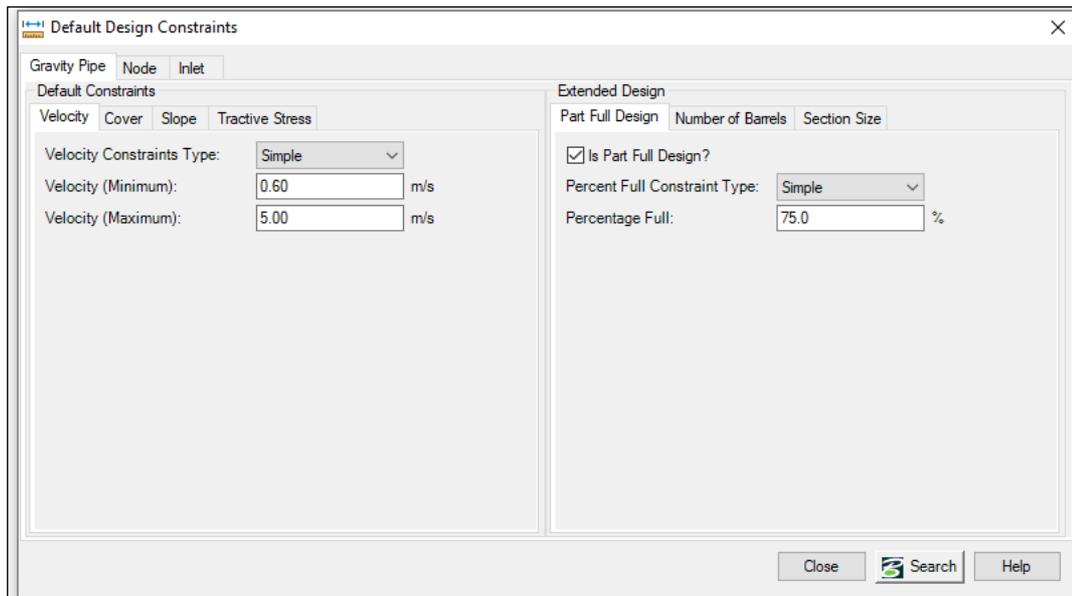


Figura 41. Definición de los parámetros de diseño según Norma OS.070

Elaboración: los autores - Software SewerCAD

Con las configuraciones básicas y la definición de los parámetros de diseño se procedió a crear el modelo, para ello se insertó un archivo de AutoCAD en el formato dxf de los colectores y las conexiones domiciliarias a través de la herramienta Modelbuilder como se muestra en la figura 42.

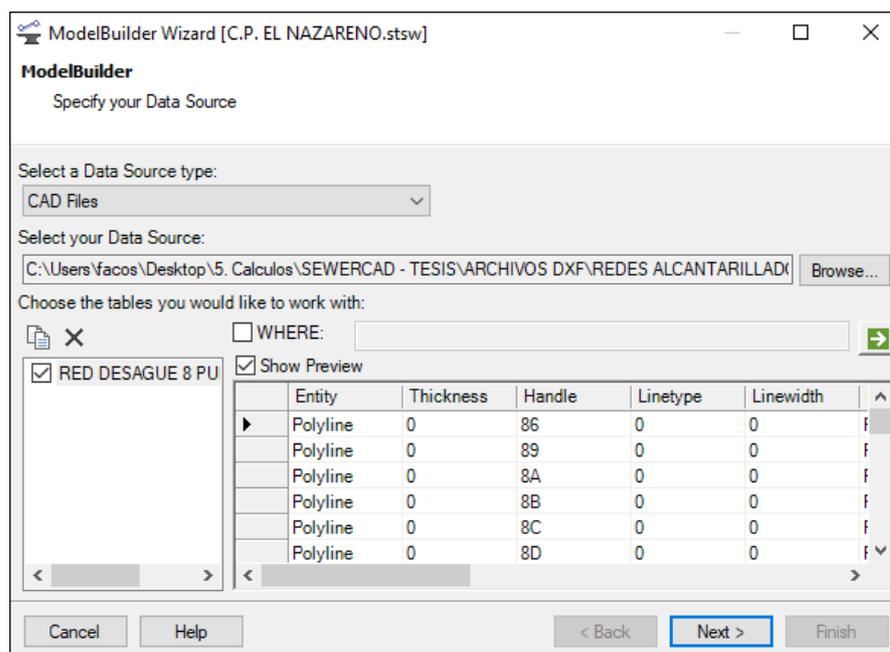


Figura 42. Insertar las redes a través de la herramienta Modelbuilder.

Elaboración: los autores - Software SewerCAD

La red que se ingresó mediante la herramienta Modelbuilder se convirtió de polilíneas como trabajaban en AutoCAD a tuberías y buzones en el software SewerCAD. Además de ello se insertó un archivo dxf de los lotes a través de background layers para usar de referencia del resultado final del modelo

La figura 43 nos muestra tanto los colectores insertados como los lotes que se colocaron como referencia.

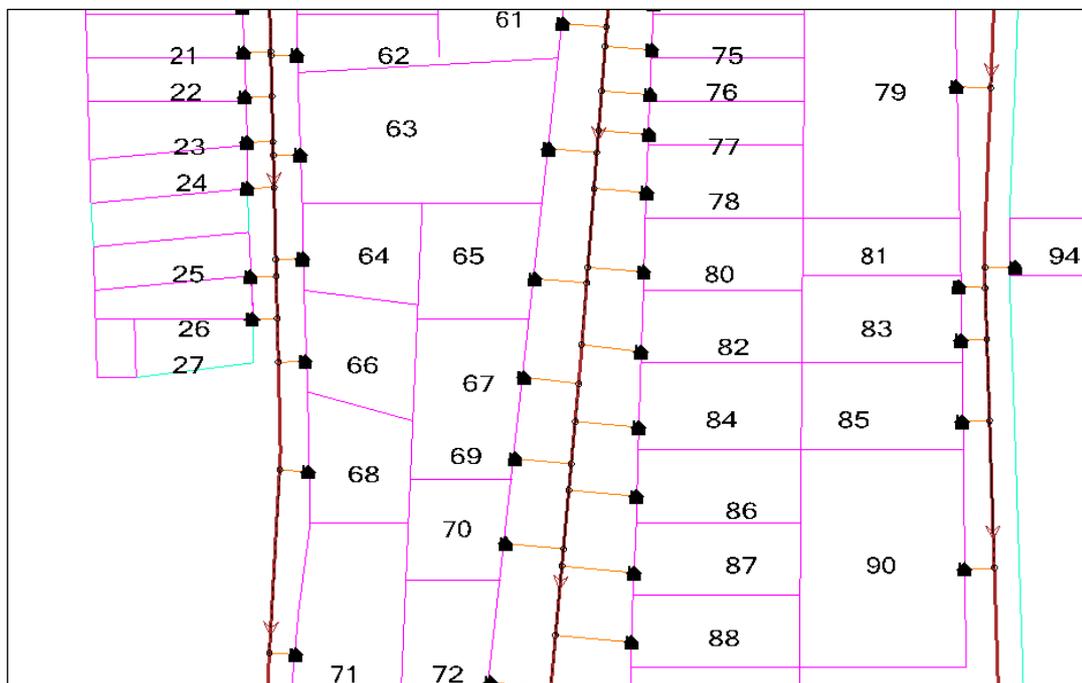


Figura 43. Colectores, buzones, conexiones domiciliarias y lotes en software SewerCAD.

Elaboración: los autores - Software SewerCAD

Para que el software tenga una referencia de altura del terreno se insertaron los contornos creados con las curvas de nivel a través de la herramienta Trex, al insertar estos contornos el software automáticamente añadió cotas a todos los elementos presentes en el diseño.

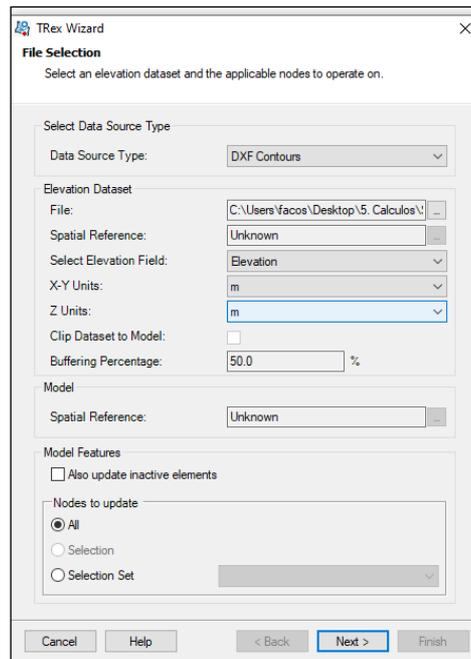


Figura 44. Herramienta **trex** para insertar elevaciones.

Elaboración: los autores - Software SewerCAD.

Después de crear todos los elementos se procedió a asignar el caudal doméstico, infiltración portuberías y de buzones. El caudal doméstico se insertó mediante la herramienta loading como un caudal unitario el cual se encontró a través de la división del caudal doméstico y el número de viviendas.

$$Q_{\text{unitario}} = Q_{\text{mh}} / N^{\circ} \text{ de viviendas}$$

$$Q_{\text{unitario}} = 1.66 \text{ lt/seg} / 101$$

$$Q_{\text{unitario}} = 0.0164 \text{ lt/seg}$$

Se insertó el caudal unitario a través de la herramienta loading en el apartado de Unit Sanitary.

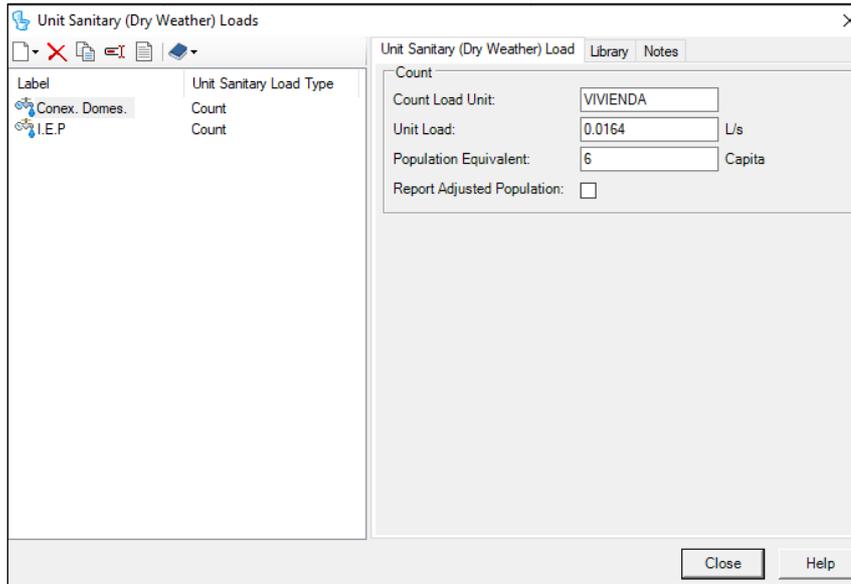


Figura 45. Definición del caudal unitario para conexiones domésticas.

Elaboración: los autores - Software SewerCAD

Luego de definir el caudal unitario, este se asignó a cada una de las conexiones domiciliarias.

P. EL NAZARENO.stsw

Flex Table: Property Connection Table (Current Time: 0.000 hours) (C.P. EL NAZARENO.stsw)

	ID	Label	Elevation (Ground) (m)	Elevation (Invert) (m)	Loading Unit Count	Unit Sanitary Load	Base Flow (L/s)	Sanitary Pattern	Flow (Total Out) (L/s)
120: (Point)-1	120	(Point)-100	9.73	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
121: (Point)-1	121	(Point)-101	9.55	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
122: (Point)-1	122	(Point)-102	9.36	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
123: (Point)-1	123	(Point)-103	9.22	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
124: (Point)-1	124	(Point)-104	9.00	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
125: (Point)-1	125	(Point)-105	8.86	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
126: (Point)-1	126	(Point)-106	8.81	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
127: (Point)-1	127	(Point)-107	8.62	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
128: (Point)-1	128	(Point)-108	8.46	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
129: (Point)-1	129	(Point)-109	8.29	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
130: (Point)-1	130	(Point)-110	8.42	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
131: (Point)-1	131	(Point)-111	8.26	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
132: (Point)-1	132	(Point)-112	8.28	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
133: (Point)-1	133	(Point)-113	8.14	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
134: (Point)-1	134	(Point)-114	8.04	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
135: (Point)-1	135	(Point)-115	8.00	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
136: (Point)-1	136	(Point)-116	7.91	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
137: (Point)-1	137	(Point)-117	7.74	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
138: (Point)-1	138	(Point)-118	7.73	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
139: (Point)-1	139	(Point)-119	7.45	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
140: (Point)-1	140	(Point)-120	7.35	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
141: (Point)-1	141	(Point)-121	7.23	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
142: (Point)-1	142	(Point)-122	7.30	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
143: (Point)-1	143	(Point)-123	7.19	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
144: (Point)-1	144	(Point)-124	7.03	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
145: (Point)-1	145	(Point)-125	7.08	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
146: (Point)-1	146	(Point)-126	7.00	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
147: (Point)-1	147	(Point)-127	6.80	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
148: (Point)-1	148	(Point)-128	7.04	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
149: (Point)-1	149	(Point)-129	6.50	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00
150: (Point)-1	150	(Point)-130	7.50	0.00	0.000	Conex. Domes.	0.00	Fixed	0.00

02 of 102 elements displayed

Figura 46. Asignación del caudal unitario a las conexiones domiciliarias.

Elaboración: los autores - Software SewerCAD

Se insertó el caudal de infiltración calculado en el apartado 4.3.2.1 tanto para las tuberías como para los buzones. El dato ingresado en el software fue la tasa de infiltración dada en lt / (seg*km) y lt / (seg*buzón) respectivamente.

Infiltration Load Type	Infiltration Loading Unit	Infiltration Rate per Loading Unit (L/s)
Pipe Length	km	0.05

Figura 47. Tasa de infiltración por longitud de tuberías.

Elaboración: los autores - Software SewerCAD

Label ▲	Inflow Type	Fixed Load (L/s)
Bz-1	Fixed Load	0.0044

Figura 48. Tasa de infiltración por buzones.

Elaboración: los autores - Software SewerCAD

Después de haber realizado las configuraciones preliminares, definir los parámetros e insertar los caudales, el programa procedió a realizar el cálculo del sistema de alcantarillado automáticamente.

Para ello primero se verificó que no existe ningún problema en el diseño, mostrando un mensaje con el enunciado que no hay errores. Luego de ello se corrió el programa a través de la opción computer para obtener los resultados completos del sistema mostrando las cotas de los buzones, diámetro de las tuberías, velocidad y tensión tractiva, a continuación, en la figura 49 se muestra un tramo diseñado en el software SewerCAD. El Anexo N°09, plano SW-01 muestra los resultados completos en planta.

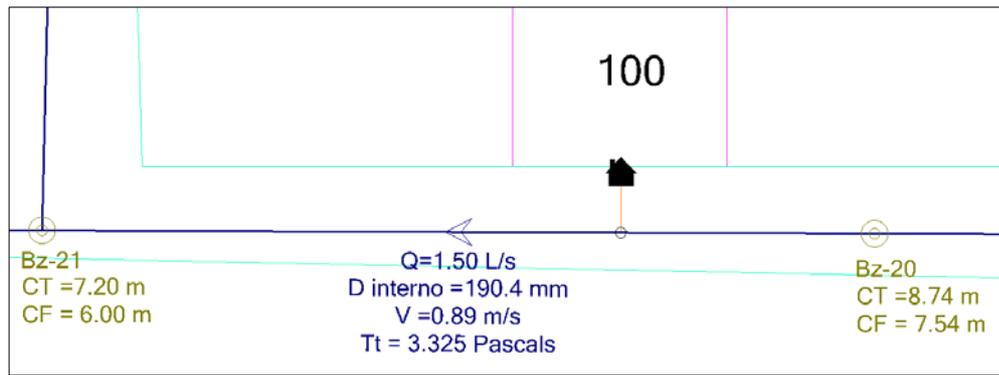


Figura 49. Cálculos del software SewerCAD después de correr el programa.

Elaboración: los autores - Software SewerCAD

4.5 Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales

A continuación, se muestra cuáles fueron los datos y los procedimientos que se llevaron a cabo en el trabajo de gabinete para obtener un diseño del sistema de tratamiento óptimo para el centro poblado El Nazareno, contemplando los parámetros de diseño ya antes definidos en la Norma OS. 090, Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, RNE.

Se ha diseñado una planta de tratamiento que cuenta con un pretratamiento a través de una cámara de rejillas, como tratamiento primario un tanque Imhoff y un tratamiento de lodos con un lecho de secado teniendo así una disposición final en dos pozos de percolación.

4.5.1 Cámara de rejillas

La **cámara de rejillas** se diseñó considerando los siguientes datos y procedimientos:

- Población actual = 468 hab.
- Tasa de crecimiento = 1.21%
- Periodo de diseño = 20 años
- Caudal de diseño = 1.94 lt/seg
- Población futura = 596 hab.
- Dotación = 150 lt/hab/día.

Consideraciones de diseño determinadas en el inciso 5.3.1.5 de la Norma OS. 090. Cálculo de rejas para el caudal máximo:

- Caudal de diseño = 0.00194 m³/seg
- Espesor de barra, e = 6.35mm – ¼”
- Separación de barras, a = 25.4mm - 1”
- Velocidad en rejas, v = 0.6 m/s
- Coeficiente de Manning , n= 0.013
- Ancho de canal asumiendo, b = 0.55m

En el primer paso se halló la eficiencia de barra, para ello se usó la siguiente formula:

$$E = \frac{a}{e + a}$$

Reemplazando:

$$E = \frac{25.4}{(6.35 + 25.4)}$$

$$E = 0.80$$

Paso seguido se encontró la velocidad inicial aguas arriba, para ello se eligió una velocidad de paso en rejas limpias para este caso se ha optado por el valor de velocidad 0.60m/s, usando la siguiente formula:

$$V_o = E * V$$

Reemplazando:

$$V_o = 0.8 * 0.6$$

$$V_o = 0.48m/s$$

Como tercer paso se determinó el número de barras, a través de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{(b - a)}{(e + a)}$$

Reemplazando:

$$n = \frac{(550 - 25.4)}{(25.4 + 6.35)}$$

$$n = 16.52$$

Se halló el área útil en rejas, con la siguiente formula:

$$Au = \frac{Q_{\text{máx}}}{V_{\text{rejas}}}$$

Reemplazando:

$$Au = \frac{0.00194}{0.6}$$

$$Au = 0.0032m^2$$

Área total:

$$At = \frac{Au}{E}$$

Reemplazando:

$$At = \frac{0.0032}{0.8}$$

$$At = 0.004m^2$$

- **Características del canal**

Se determinó las características hallando el tirante hidráulico máximo:

$$y_{\text{max}} = \frac{At}{b}$$

Reemplazando:

$$y_{\text{max}} = \frac{0.004}{0.55}$$

$$y_{\text{max}} = 0.0073m$$

Luego se calculó el Radio hidráulico (Rh), a través de la siguiente formula:

$$Rh = \frac{At}{b + (2 * y)}$$

Reemplazando:

$$Rh = \frac{0.004}{0.55 + (2 * 0.0073)}$$

$$\mathbf{Rh = 0.0071m}$$

Se determinó la pendiente mediante la siguiente formula:

$$S = \left(\frac{Q_{m\acute{a}x} * n}{Rh^{\frac{2}{3}} * At} \right)^2$$

$$S = \left(\frac{0.00194 * 0.013}{0.0071^{\frac{2}{3}} * 0.004} \right)^2$$

$$\mathbf{S = 0.0291 \%}$$

- **Características del by-pass**

Primero se calculó el tirante de agua sobrepuesto al vertedero en el bypass, asumiendo H1 como diámetro del emisor 0.20m:

$$H = H1 + y_{max}$$

Reemplazando:

$$H = 0.20 + 0.0073$$

$$H = 0.2073 \approx 0.30m$$

Luego se calculó la longitud para el bypass mediante la siguiente formula:

$$Q = 1.70 * L * H^{1/5}$$

$$L = \frac{0.00194}{1.70 * 0.30^{1/5}}$$

$$L = 0.00145m$$

Se asumió una longitud mínima de 0.30m

Paso seguido se realizó el cálculo de pérdida de carga cuando la cámara de rejas presenta un ensuciamiento del 50 %, con ayuda de la

fórmula de pérdida de carga de Metcalf y Eddy, en la formula se encontró el valor 1.43 que representa un coeficiente de descarga empírico que considera pérdidas por turbulencias y remolinos:

$$Hf = 1.43 * \frac{(2 * v)^2 - V_0^2}{2 * g}$$

Reemplazando:

$$Hf = 1.43 * \frac{(2 * 0.6)^2 - 0.48^2}{2 * 9.81}$$

$$**Hf = 0.088m**$$

Se cumplió evitando sobrepasar el valor mínimo que nos denota la Norma OS.090 de 0.15m de perdida de carga.

Para calcular la altura de las rejillas se asumió un borde libre de 0.15m y se sumó el tirante de agua máximo.

$$Hrej = y_{max} + Bl$$

$$Hrej = 0.0073 + 0.15$$

$$Hrej = 0.16m$$

Se asumió un Hrej mínimo de 0.25m

Así mismo se determinó la longitud de la rejilla dividiendo la Hrej entre el seno del ángulo que se colocaran las rejillas:

$$Lr = \frac{Hrej}{\text{sen}\phi}$$

$$Lr = \frac{0.25}{\text{sen}45}$$

$$Lr = 0.35m$$

- **Volumen de material retenido**

Sabiendo que el volumen de agua diario presentado en m3 es:

$$Vol = 1940m^3$$

La cantidad del material cribado se determinó con ayuda de la tabla 7, se tiene una abertura de rejillas de 25.4mm entonces se consideró el valor de 25mm el cual hace referencia a una cantidad de material cribado o retenido sobre metro cúbico de agua residual de:

$$\alpha = 0.023lt/m^3$$

Después de determinar estos valores, se halló el volumen de material retenido multiplicando la cantidad de material cribado por el volumen de agua diaria:

$$Vr = \alpha * Vol$$

$$Vr = 0.023 * 1940$$

$$Vr = \mathbf{0.045m^3}$$

- **Dimensiones del canal**

Se determinó la longitud faltante que es la longitud a través de la siguiente fórmula, asumiendo el tiempo de retención de agua en las rejillas de 8.80 segundos:

$$L = \frac{Q * tr}{B * ymax}$$

$$L = \frac{0.00194 * 8.8}{0.55 * 0.0073}$$

$$L = \mathbf{4.25}$$

El ancho que se asumió desde el inicio:

$$B = \mathbf{0,55m}$$

A continuación, en la tabla 19 se detalla los resultados obtenidos para el diseño de la cámara de rejillas.

Tabla 19. Resultados para la cámara de rejas.

Item	Unidad	Resultado
Tiempo de retención	<i>seg</i>	8.80
Caudal de diseño	<i>m³/s</i>	0.0019
Tirante hidráulico	<i>m</i>	0.0073
Número de barras	<i>N</i>	16
Diametro de barras	<i>pulg</i>	1/4
Ancho asumido	<i>m</i>	0.55
Área	<i>m²</i>	2.34
Longitud	<i>m</i>	4.25

Elaboración: los autores

4.5.2 Tanque Imhoff

Abarcando el tratamiento primario, se diseñó el tanque Imhoff bajo los siguientes datos y procedimientos de la Norma OS.090.

Datos:

- Población actual = 468 hab.
- Tasa de crecimiento = 1.21%
- Periodo de diseño = 20 años
- Caudal de diseño = 0.83 lt/seg
- Población futura = 596 hab.
- Dotación = 150 lt/hab/día.
- Coeficiente de retorno (C.) = 80%
- Tiempo de retención hidráulica (TRH) = 2 hrs.
- Temperatura = 20 °C
- Agua de infiltración = 5%

Primero se procedió al diseño de la cámara del sedimentador contemplando valores e índices de las Norma OS. 090.

- **Sedimentador**

Como primer paso se definió como caudal de diseño al caudal medio horario.

$$Q_{\text{diseño}} = 71.52 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 2.98 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Se consideró un valor de carga superficial de:

$$CS = 1 \frac{\text{m}^3}{(\text{m}^2 * \text{hora})}$$

El área del sedimentador se obtuvo aplicando la división del caudal de diseño sobre el valor de carga superficial:

$$A = \frac{Q_{\text{diseño}}}{CS}$$

$$A = \frac{2.98}{1}$$

$$A = 2.98 \text{ m}^2$$

Para hallar el volumen del sedimentador se multiplicó el tiempo de retención hidráulica en el sedimentador el cual es dos horas por el caudal de diseño expresado en metros cúbicos por hora:

$$vol = TRH * Q_{\text{diseño}}$$

$$vol = 2 * 2.98$$

$$vol = 5.96 \text{ m}^3$$

Para hallar la pendiente del fondo, según la Norma OS. 090 la inclinación de los lados en "V" respecto al eje central puede variar de 50% a 60%, se optó por un 56.18%.

$$\text{Pendiente de fondo} = 56.18^\circ$$

Para hallar los lados del tanque se realizó el procedimiento matemático de suposiciones con valores relacionados. Tomando la siguiente condición:

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

$$A = 4 * B^2$$

Despejando la base:

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

Reemplazamos el área:

$$B = \sqrt{\frac{2.98}{4}}$$

$$B = 0.86m$$

Aproximando:

$$\mathbf{B = 1.10m}$$

Despejamos L con la condición mencionada:

$$L = 4 * B$$

$$L = 3.45m$$

Aproximando al entero mayor:

$$\mathbf{L = 4.40m}$$

Para hallar la altura 1 (h1) del tanque Imhoff se siguió el siguiente procedimiento matemático:

$$\text{tang } \emptyset = \frac{h1}{\left(\frac{B}{2}\right)}$$

Reemplazando B= 1.00m y el ángulo 56.18°:

$$h1 = \text{tang}(56.18^\circ) * \frac{1.10}{2}$$

$$h1 = 0.82m$$

Aproximando:

$$\mathbf{h1 = 0.85m}$$

Para hallar el volumen 1 (V1) del sedimentador, por tener forma de triángulo se realizó la multiplicación de sus lados y se dividió entre dos:

$$V1 = L * B * h1/2$$

$$V1 = 1.1 * 4.40 * \frac{0.85}{2}$$

$$V1 = 2.06m^3$$

El volumen 2 (V2) es la resta del volumen del sedimentador menos el volumen 1:

$$V2 = V_{\text{sedimentador}} - V1$$

$$V2 = 5.96 - 2.06$$

$$V2 = 3.90m^3$$

Como la parte 2 del tanque tiene una forma cuadrada, teniendo el volumen, se puede encontrar la altura perteneciente a esta parte 2 (h2):

$$h2 = \frac{V2}{L * B}$$

Reemplazando:

$$h2 = \frac{3.90}{4.40 * 1.10}$$

$$h2 = 0.81$$

Aproximando:

$$h2 = 0.85m$$

Para hallar la velocidad horizontal, se utilizó la siguiente formula:

$$v_{\text{horizontal}} = \left(\frac{Q_{\text{diseño}}}{0.5 * B * h1} \right) / 86400 * 100$$

Reemplazando:

$$vh = \left(\left(\frac{71.52}{0.5 * 1.10 * 0.85} \right) 86400 \right) * 100$$

$$vh = 0.177cm/seg$$

Como segunda parte del diseño del tanque Imhoff se procedió al diseño del área de digestión de lodos

- **Digestor**

Para hallar el volumen del digestor de lodos se tomó en cuenta

el factor de capacidad relativa que encontramos en la siguiente tabla 20:

Tabla 20. Factor de capacidad relativa (fcr).

Factor de Capacidad Relativa (fcr)			
COD	Temperatura (°C)	Fact.Capac. Relativ.	Tiempo de Digest. lodo[días]
1	5	2.00	110.00
2	10	1.40	76.00
3	15	1.00	55.00
4	20	0.70	40.00
5	>25	0.50	30.00

Fuente: Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, Norma OS.090, RNE.

Entonces como el C.P. El Nazareno posee una temperatura de 20°C se la considera un fcr de 0.70. También se contempló un espesor de paredes de 15cm. El espacio mínimo que existe entre la pared de sedimentador al digestor es de 1.0m.

Para hallar el volumen de digestor de lodos se empleó la siguiente fórmula:

$$V_{\text{digestor de lodos}} = \frac{70 * p_{ob} * f_{cr}}{1000}$$

Reemplazando:

$$V_{\text{digestor de lodos}} = \frac{70 * 596 * 0.70}{1000}$$

$$V_{\text{digestor de lodos}} = 29.20m^3$$

- **Con respecto a las áreas tenemos**

Área superficial es la sumatoria de los anchos de las áreas de ventilación y del sedimentador por el largo del sedimentador:

$$A_s = 3.40 * 4.40$$

$$A_s = 14.96m^2$$

Área de ventilación es el largo del sedimentador por el ancho

del área de ventilación, por dos:

$$Av = (4.4 * 1.0) * 2$$

$$Av = 8.80m^2$$

Para calcular las alturas dentro del digestor, se usó las siguientes formulas:

$$\text{tang } \phi = \frac{h1}{\left(\frac{B}{2}\right)}$$

$$h1 = \text{tang}(30^\circ) * \frac{3.40}{2}$$

$$\mathbf{h1 = 1.00m}$$

Para hallar el volumen 1 (V1) del sedimentador, por tener forma de triángulo se realizó la multiplicación de sus lados y se dividió entre dos:

$$V1 = L * B * h1/2$$

$$V1 = 4.40 * 3.40 * \frac{1.00}{2}$$

$$\mathbf{V1 = 7.48m^3}$$

El volumen 2 (V2) es la resta del volumen del digestor menos el volumen 1:

$$V2 = V_{\text{digestor}} - V1$$

$$V2 = 29.20 - 7.48$$

$$\mathbf{V2 = 21.72m^3}$$

Como la parte 2 del digestor posee una forma cuadrada, teniendo el volumen, se encontró la altura perteneciente a esta parte (h2):

$$h2 = \frac{V2}{L * B}$$

Reemplazando:

$$h2 = \frac{21.72}{4.40 * 3.40}$$

$$h2 = 1.45m$$

Asumiendo:

$$\mathbf{h2 = 1.50m}$$

Como ultimas consideraciones para finalizar con el diseño se contempló:

- Borde libre: 0.45m
- Espacio entre el sedimentador y digester 0.50m, por Norma OS. 090
- Frecuencia de extracción de lodos= 40 días, por tabla 20

Volumen de lodos, por Norma OS. 090:

$$V_{lodos} = (0.26 * pob * frec. extrac. lodos) / 1000$$

Donde:

Valor de fango dirigido húmedo por lt/hab/día = 0.26

Población = 596 hab.

Frecuencia de extracción de lodos. = 40 días

$$V_{lodos} = (0.26 * 596 * 40) / 1000$$

$$V_{lodos} = 6.20m^3$$

4.5.3 Lecho de secados de lodos

Para determinar el diseño del lecho de secado se consideraron los siguientes datos, según la Norma OS. 090:

- Población de diseño = 596 hab.
- Caudal de diseño = 71.52 m³/día
- Temperatura = 20 °C
- Contribución per cápita = 70.00 gr.SS/hab/día.
- Porcentaje de solidos contenidos en lodo = 10%
- Profundidad de aplicación Ha = 0.40m
- Densidad de lodos = 1.04 kg/lt

Se encontró la carga de sólidos, con ayuda de la siguiente fórmula:

$$C = \frac{pob * Cp}{1000}$$

Reemplazando:

$$C = \frac{596 * 70}{1000}$$

$$C = 41.72 \text{ kgSS.día}$$

Para determinar la masa de sólidos en el lodo (msd), se usó la fórmula:

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

Reemplazando:

$$msd = ((0.5 * 0.7 * 0.5) + (0.5 * 0.3)) * 41.72$$

$$msd = 13.56 \text{ kgSS.día}$$

Volumen diario de lodos digeridos (Vld):

$$Vld = \frac{msd}{\%de \text{ solidos en lodos} * \text{densidad de lodo}}$$

$$Vld = \frac{13.56}{10 * 1.04}$$

$$Vld = 130.38m^3$$

Volumen de extracción de lodos (Vel), se identificó en la tabla 20 la digestión de lodos correspondiente a la temperatura de 20°C. Entonces el tiempo de digestión de lodos es 40 días.

$$Vel = \frac{Vld * \text{digestión de lodos}}{1000}$$

Reemplazando:

$$Vel = \frac{130.38 * 40}{1000}$$

$$Vel = 5.22m^3$$

Área de lecho de secado:

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

Reemplazando:

$$A = \frac{5.22}{0.40}$$

$$A = 13.04m^2$$

Se determinó el dimensionamiento del lecho de secado, acotando lo denotado en la Norma OS. 090, que para instalaciones grandes de áreas >10m², el ancho varía en el rango de 3 a 6m

Ancho de lecho de secado = 3.00m

Longitud de lecho de secado = 4.30m

4.5.4 Pozo de percolación

Dando inicio al diseño del pozo de percolación es necesario contar con un test de percolación del terreno en cuestión, por ello se realizó una inspección en el terreno donde se ha proyectado la planta de tratamiento en el centro poblado El Nazareno, tomando el tiempo que se demora el suelo en infiltrar el descenso de 1cm de agua, dando como resultado el tiempo de 1 minuto, calificando como una clase de terreno medios según la tabla 10.

También se ha considerado verificar la existencia de tuberías, pozos o cuerpo de agua como ríos o lagunas, ratificando que no existen estas menciones en los alrededores a la zona.

Como primer paso para el diseño se determinó el coeficiente de infiltración con la curva para determinar la capacidad de absorción del suelo, representado en la figura 19, dándonos como resultado un coeficiente R:

$$R = 120 \text{ lt/m}^2/\text{día}$$

Paso seguido se halló el área de absorción en m² para ello se usó la siguiente formula que nos denota la Norma IS. 020:

$$A = \frac{Q}{R}$$

El caudal se determinó considerando el Q_{med} por un porcentaje de aporte de 21% para el pozo de percolación, entonces:

$$Q = Q_{med} * 21\%$$

$$Q = 0.83 * 21\%$$

$$Q = 0.1743 \text{ lt/seg}$$

$$Q = 15059.52 \text{ lt/día}$$

Reemplazando los datos encontrados en la fórmula de área de absorción o percolación:

$$A = \frac{15059.52}{120}$$

$$A = 125.50\text{m}^2$$

El paso final es determinar las dimensiones de los pozos de percolación para satisfacer el área de percolación encontrada, para ello se consideró 2 pozos de percolación con diámetro efectivo de 4m y una profundidad desde la cota de fondo hasta la tapa de ingreso de 5m.

El área efectiva de percolación de cada pozo es la siguiente:

$$A_p = 2 * \pi * r * h$$

Donde:

A_p = área de percolación del pozo

r = radio del pozo

h = profundidad del pozo

Reemplazando:

$$A_p = 2 * \pi * 2 * 5$$

$$A_p = 63.00m^2$$

Entonces los dos pozos de percolación suman un área de percolación de 126m² satisfaciendo el área de percolación requerida de 125.5m². A continuación en la tabla 21 se muestran el resumen de los resultados obtenidos en el cálculo para los pozos de percolación .

Tabla 21. Resultados de pozos de percolación

Item	Unidad	Resultado
Caudal de diseño	<i>lt/día</i>	15059.52
Coefficiente de absorción	<i>lt/m²/día</i>	120.00
Número de pozo	<i>N</i>	2.00
Diametro de pozo	<i>m</i>	4.00
Profundidad de pozo	<i>m</i>	5.00
Área de percolación por pozo	<i>m²</i>	63.00

Elaboración: los autores

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 Topografía

El levantamiento de campo realizado en el Centro poblado El Nazareno nos arrojó un total de 1690 puntos los cuales se encuentran en el **Anexo N°04** -- descritos a detalle. Con estos se realizó el plano topográfico de la zona de estudio obteniendo como resultado lo mostrado en la figura 50 y más a detalle en el **Anexo N°09**, plano PT-01.



Figura 50. Plano topográfico del centro poblado El Nazareno.

Elaboración: los autores

También se han realizado los perfiles longitudinales correspondientes, estos se encuentran detallados en el **Anexo N°09**, plano PL-01, PL-02, PL-03 y PL-04.

5.2 Estudio de Suelos

Después de realizar las calicatas, tomar muestras y analizarlas en un laboratorio se obtuvieron los siguientes resultados.

5.2.1 Registro de perforaciones

Calicata 01: Red de alcantarillado

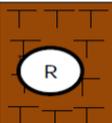
	COTA (m)	PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLO	NATURALEZA DEL TERRENO	MUESTRAS	OBSERVACIONES
		0,00		MATERIAL DE RELLENO, NO CLASIFICADO		
		0.45				
		2.00		GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLA DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA COLOR VERDUZCO CON MANCHAS BLANCAS CONSISTENCIA DURA W: 15.95%	M - 1	

Figura 51. Perfil estratigráfico de calicata 01

Fuente: Estudio de suelos centro poblado El Nazareno, EGEL

Calicata 02: Red de alcantarillado

COTA (m)	PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLO	NATURALEZA DEL TERRENO	MUESTRAS	OBSERVACIONES
	0,00	 R	MATERIAL DE RELLENO, NO CLASIFICADO		
	0.20				
	1.00	 SC	ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLA DE ARENA Y ARCILLA COLOR MARRON OSCURO CONSISTENCIA SEMI DURA W: 11.57%	M - 1	
	2.00				
		 GC	GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLA DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA COLOR VERDUZCO CON MANCHAS BLANCAS CONSISTENCIA DURA W: 13.96%	M - 2	

Figura 52. Perfil estratigráfico de calicata 02

Fuente: Estudio de suelos centro poblado El Nazareno, EGEL.

Calicata 03: Planta de tratamiento

COTA (m)	PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLO	NATURALEZA DEL TERRENO	MUESTRAS	OBSERVACIONES
	0,00	 R	MATERIAL DE RELLENO, NO CLASIFICADO		
	0.40				
	2.00	 GC	GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLA DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA COLOR BEIGE OSCURO CON MANCHAS VERDUZCAS CONSISTENCIA DURA W: 17.33%	M - 1	

Figura 53. Perfil estratigráfico de calicata 03

Fuente: Estudio de suelos centro poblado El Nazareno, EGEL.

5.2.2 Nivel freático

No se ha encontrado nivel freático en ningunas de las calicatas realizadas, las cuales tienen una profundidad de 2mts.

Tabla 22. Tabla de nivel freático

Calicata	Nivel freático
C-1	No presenta
C-2	No presenta
C-3	No presenta

Elaboración: los autores

5.2.3 Corte directo

En la calicata C-3 que se refiere a la calicata donde se diseñó la planta de tratamiento se ha realizado el ensayo de corte directo donde se ha determinado la capacidad admisible de 1.17 kg/cm², porque sobre este estrato de apoya la subestructura de la planta de tratamiento.

Tabla 23. Tabla de parámetros de corte directo

Calicata	Prof. (mts)	Φ	C (kg/ cm²)	Y (kg/cm³)	Qa (kg/cm²)
C-3	1.00	15.30	0.32	1.94	0.98
C-3	1.50	15.30	0.32	1.94	1.08
C-3	2.00	15.30	0.32	1.94	1.17

Elaboración: los autores

5.2.4 Análisis químico del suelo

Todos los materiales del suelo tienen un efecto agresivo a los componentes del concreto. Este efecto se encuentra en función de la presencia de elementos químicos que actúan en el concreto y el acero de refuerzo, provocando impactos destructivos y nocivos en las estructuras.

Los resultados obtenidos son los siguientes; el PH en promedio es 6.77, el promedio de las sales totales es 14912, de los cloruros es 9350.67, de los sulfatos es 5901.33. A continuación, en la tabla 24 se muestran los resultados del análisis.

Tabla 24. Tabla de análisis químico

Calicata	Prof. (mts)	P.P.M			
		PH	Sales totales	Cloruros	Sulfatos
C-1	2	6.8	15252	9568	6278
C-2	2	6.8	15252	9498	6174
C-3	2	6.7	14232	8989	5252

Elaboración: los autores

En el Anexo N°05 se adjunta el estudio de suelos completo realizado para la presente investigación por el Laboratorio EGEL.

5.3 Sistema de alcantarillado

5.3.1 Redes de alcantarillado

Se realizó el diseño del sistema de alcantarillado en el software SewerCAD respetando los parámetros de diseño de acorde a la Norma OS.070. La figura 54 muestra la distribución de la red de alcantarillado obtenida en el software SewerCAD. **Anexo N°09**, plano SW-01.

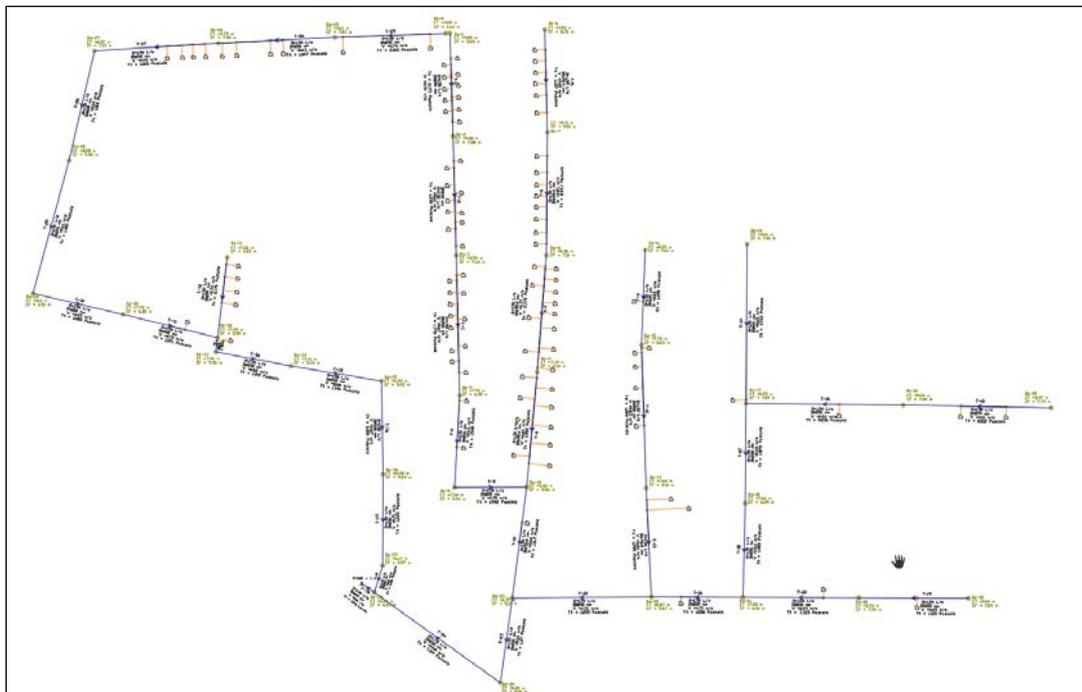


Figura 54. Diseño de red de alcantarillado software SewerCAD.

Elaboración: los autores

A continuación, se muestra en la tabla 25, las características finales como longitud, diámetro, pendiente, velocidad, y tensión tractiva de las redes de alcantarillado sanitario por cada tramo, estos resultados han sido obtenidos después de realizar el diseño y análisis por el software SewerCAD.

Tabla 25. Resultados de tuberías del software SewerCAD

Item	Longitud	Diámetro	Pendiente	Caudal	Velocidad	Tensión tractiva
(T)	(m)	(mm)	(%)	(lt/s)	(m/s)	(Pa)
T-1	53.40	200.00	1.498	1.50	0.74	2.173
T-2	62.00	200.00	0.871	1.50	0.61	1.430
T-3	72.70	200.00	1.155	1.50	0.67	1.778
T-4	47.70	200.00	0.964	1.50	0.63	1.548
T-5	53.40	200.00	0.393	1.50	0.60	1.127
T-6	63.90	200.00	2.114	1.50	0.83	2.843
T-7	60.70	200.00	1.680	1.50	0.77	2.375
T-8	60.00	200.00	0.967	1.50	0.63	1.552
T-9	37.10	200.00	1.295	1.50	0.70	1.942
T-10	58.10	200.00	0.671	1.50	0.66	1.167
T-11	49.40	200.00	0.769	1.50	0.62	1.298
T-12	74.30	200.00	0.740	1.50	0.63	1.260
T-13	56.70	200.00	0.759	1.50	0.60	1.285
T-14	82.80	200.00	0.387	1.50	0.65	1.176
T-15	78.40	200.00	0.421	1.50	0.61	1.118
T-16	80.80	200.00	0.433	1.50	0.62	1.016
T-17	51.70	200.00	1.237	1.50	0.69	1.875
T-18	48.90	200.00	0.920	1.50	0.62	1.488
T-19	56.30	200.00	0.533	1.50	0.65	1.119
T-20	59.50	200.00	2.588	1.50	0.89	3.325
T-21	47.10	200.00	0.701	1.50	0.71	1.206
T-22	71.50	200.00	0.699	1.50	0.72	1.205
T-23	44.40	200.00	0.383	1.57	0.64	1.127
T-24	79.90	200.00	0.163	1.58	0.60	1.109
T-25	57.00	200.00	1.490	1.50	0.74	2.165
T-26	60.00	200.00	0.583	1.50	0.63	1.047
T-27	63.70	200.00	0.486	1.50	0.60	1.005
T-28	58.40	200.00	0.497	1.50	0.64	1.018
T-29	71.50	200.00	0.518	1.50	0.61	1.002
T-30	47.60	200.00	0.610	1.50	0.65	1.083
T-31	50.10	200.00	0.459	1.50	0.70	1.071
T-32	42.00	200.00	1.500	1.50	0.74	2.176
T-33	7.40	200.00	0.405	1.50	0.60	1.208
T-34	39.20	200.00	0.561	1.50	0.62	1.015
T-35	47.30	200.00	0.656	1.50	0.64	1.146
T-36	48.40	200.00	0.413	1.50	0.67	1.001
T-37	47.50	200.00	0.548	1.50	0.71	1.225
T-38	14.60	200.00	0.687	1.50	0.61	1.188
T-39	8.10	200.00	0.866	1.94	0.66	1.596

Elaboración: los autores

Analizando la tabla 25, el total de tramos de tuberías que posee el sistema de alcantarillado son 39 tramos, la longitud máxima que cada tramo es de 82.80 metros, cumpliendo la consideración máxima de la Norma OS. 070, que denota una distancia máxima de 100 m entre buzones.

Las tuberías tienen un diámetro nominal de 200mm, comercialmente de 8 pulgadas de material PVC – SN4 con una longitud de tuberías total de 2119.20m. El caudal se ha considera 1.5 lt/s como caudal mínimo por tramo y caudal máximo, 1.94 lt/s siendo el caudal de diseño definido.

Como velocidad mínima y máxima tenemos 0.60 m/s y 0.89 m/s respectivamente, cumpliendo el parámetro mínimo de velocidad 0.60 m/s denotado en la Norma OS. 070.

Con respecto a la tracción tractiva, el indicador mínimo en el sistema de alcantarillado es 1.001Pa, respetando la tracción tractiva mínima establecida en la Norma OS. 070 de 1.0Pa.

Para complementar la red de tubería se ha elaborado secciones transversales en las calles del centro poblado El Nazareno, ver en el Anexo N°09, plano ST-01.

5.3.2 Buzones

Como instalaciones complementarias tenemos los buzones de inspección, los cuales son 38 buzones pertenecientes al sistema de alcantarillado sanitario.

En la tabla 26 se muestran las características de cada buzón como cota de tapa, cota de fondo y dimensiones. La cota de tapa más alta es 9.92 m.s.n.m. y la cota de fondo más baja es 4.87 m.s.n.m. Como altura de buzones la mínima es 1.20m y la máxima es 1.60m.

El diámetro interno y externo de todos los buzones son 1.20m y 1.60m respectivamente, se ha considerado como espesor de buzones 0.20m y el material es concreto.

Tabla 26. Resultados de buzones obtenidos del software SewerCAD

Item	Cota de tapa	Cota de fondo	Altura	Diámetro	
				Interno	Externo
(Bz)	(m.s.n.m)	(m.s.n.m)	(m)	(m)	(m)
Bz-1	9.88	8.68	1.20	1.20	1.60
Bz-2	9.08	7.88	1.20	1.20	1.60
Bz-3	8.54	7.34	1.20	1.20	1.60
Bz-4	7.70	6.50	1.20	1.20	1.60
Bz-5	7.24	6.04	1.20	1.20	1.60
Bz-6	9.92	8.72	1.20	1.20	1.60
Bz-7	9.71	8.51	1.20	1.20	1.60
Bz-8	8.36	7.16	1.20	1.20	1.60
Bz-9	7.34	6.14	1.20	1.20	1.60
Bz-10	6.86	5.56	1.30	1.20	1.60
Bz-11	8.23	7.03	1.20	1.20	1.60
Bz-12	7.75	6.65	1.10	1.20	1.60
Bz-13	7.60	6.10	1.50	1.20	1.60
Bz-14	8.61	7.41	1.20	1.20	1.60
Bz-15	8.97	7.77	1.20	1.20	1.60
Bz-16	8.64	7.44	1.20	1.20	1.60
Bz-17	8.29	7.09	1.20	1.20	1.60
Bz-18	7.64	6.45	1.20	1.20	1.60
Bz-19	9.04	7.84	1.20	1.20	1.60
Bz-20	8.74	7.54	1.20	1.20	1.60
Bz-21	7.20	6.00	1.20	1.20	1.60
Bz-22	6.87	5.67	1.20	1.20	1.60
Bz-23	6.37	5.17	1.20	1.20	1.60
Bz-24	6.20	5.00	1.20	1.20	1.60
Bz-25	9.03	7.83	1.20	1.20	1.60
Bz-26	8.78	7.48	1.30	1.20	1.60
Bz-27	8.57	7.17	1.40	1.20	1.60
Bz-28	8.28	6.88	1.40	1.20	1.60
Bz-29	8.11	6.51	1.60	1.20	1.60
Bz-30	7.72	6.22	1.50	1.20	1.60
Bz-31	7.82	6.62	1.20	1.20	1.60
Bz-32	7.49	5.99	1.50	1.20	1.60
Bz-33	7.46	5.96	1.50	1.20	1.60
Bz-34	7.14	5.74	1.40	1.20	1.60
Bz-35	6.93	5.43	1.50	1.20	1.60
Bz-36	6.58	5.23	1.35	1.20	1.60
Bz-37	6.17	4.97	1.20	1.20	1.60
Bz-38	6.07	4.87	1.20	1.20	1.60
Bz-A	9.88	8.68	1.20	1.20	1.60

Elaboración: los autores

En la siguiente figura 55 se muestra el corte transversal del buzón de inspección con el respectivo detalle de sus dimensiones, para más detalles ver Anexo N°09, plano D-01.

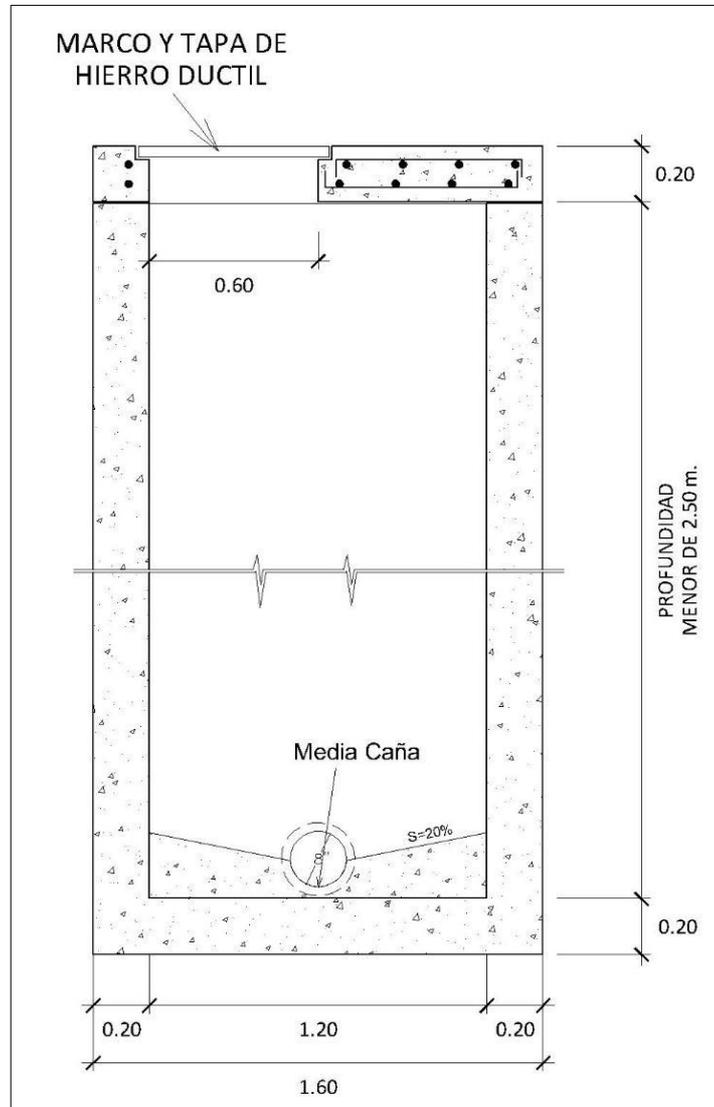


Figura 55. Detalle típico de buzones.

Elaboración: los autores

5.3.3 Conexiones Domiciliarias

El número de conexiones domiciliarias totales del diseño equivale a 101, estas conexiones se dan a través de un accesorio llamado cachimba que conecta la descarga de aguas residuales desde la vivienda hasta el colector, a través de una tubería de PVC de diámetro 160mm, se

complementa con una caja de registro de dimensiones de 60cm x 30cm. En el Anexo N°09, plano CD-01 se muestra la distribución en planta de las conexiones domiciliarias.

En la figura 56 se muestra el detalle de la conexión domiciliar conectada al colector con su respectiva caja de registro. Para más detalle ver Anexo N°09, plano D-02.

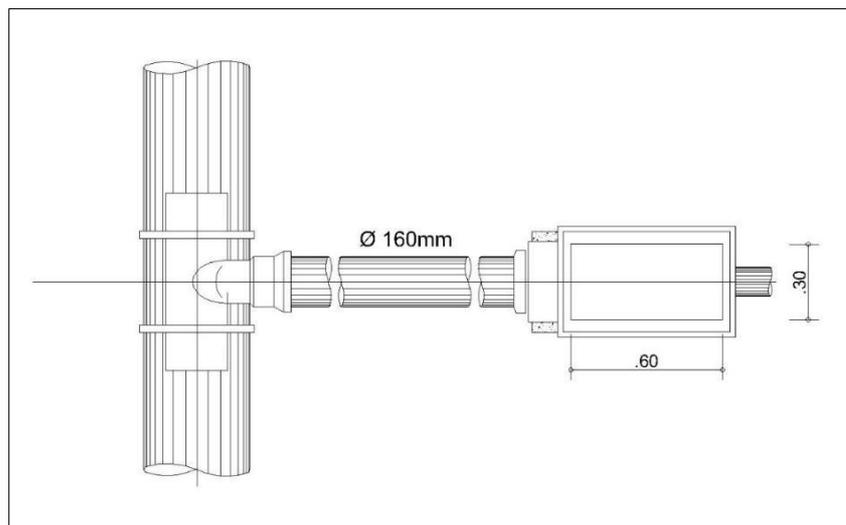


Figura 56. Detalle típico de conexiones domiciliarias.

Elaboración: los autores

5.4 Planta de tratamiento

Como resultado al sistema de tratamiento se ha diseñado una planta de tratamiento que cuenta con tres procedimientos primordiales para eliminar los microorganismos contaminantes de las aguas residuales, para optimizar la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5) en las aguas tratadas.

A continuación, se divide las tres fases que cuenta la planta de tratamiento, como pretratamiento tenemos; la cámara de rejillas, el tratamiento primario se basa en un tanque Imhoff y por último el tratamiento de lodos se realiza a través de un lecho de secados de lodo que tiene una disposición final en dos pozos percolación. En el **Anexo N°09**, plano PT-01 se muestra la distribución en planta de la planta de tratamiento de aguas residuales.

5.4.1 Pretratamiento - Cámara de rejas

La primera fase de la planta de tratamiento es el pretratamiento que en este caso es realizado por una cámara de rejas, teniendo por principal función retener los sedimentos y elementos flotantes de tamaño considerable en las aguas residuales para evitar que estas entren en los procedimientos siguientes del sistema y generen atascamientos o sedimentación en instalaciones consecuentes.

Como resultados de la cámara de rejas se ha considerado detallar sus consideraciones de diseño; Tiempo de retención 8.8 segundos para un caudal de diseño de 0.0019m³/s y sus dimensiones de la estructura de cámara como ancho de 0.55m, longitud de 4.25m y un tirante hidráulico de 0.0073m, complementarán 16 barras de ¼" de diámetro. En la tabla 27 se resumen los resultados mencionados con respecto a la cámara de rejas.

Tabla 27. Resultados del pretratamiento – cámara de rejas.

Item	Unidad	Resultado
Tiempo de retención	seg	8.80
Caudal de diseño	m ³ /s	0.0019
Tirante hidráulico	m	0.0073
Número de barras	N	16
Diámetro de barras	pulg	1/4
Ancho asumido	m	0.55
Área	m ²	2.34
Longitud	m	4.25

Elaboración: los autores

A continuación, se muestra en la figura 57, el detalle de la cámara de rejas, así como sus dimensiones. En el Anexo N°09, plano PT-05 se encuentra el detalle de la cámara de rejas.

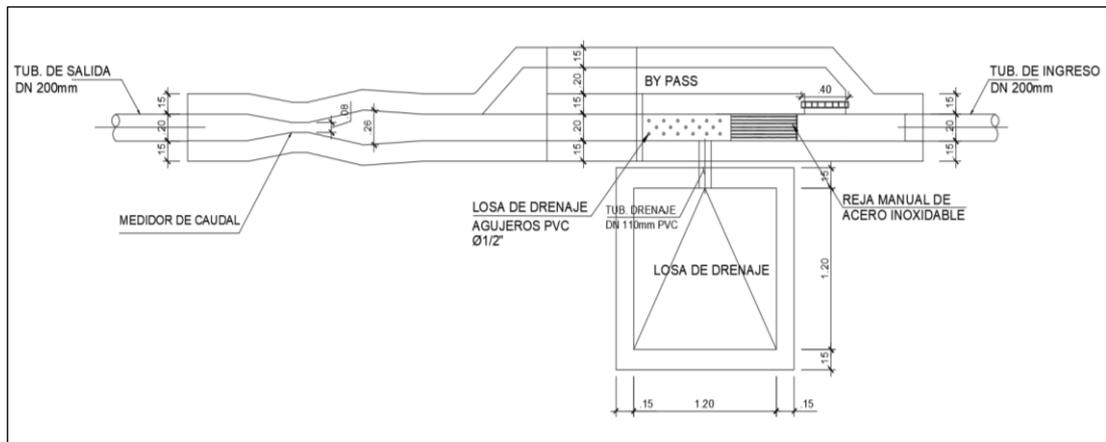


Figura 57. Detalle cámara de rejas.

Elaboración: los autores

5.4.2 Tratamiento primario - Tanque Imhoff

Para el tratamiento primario se ha diseñado un tanque Imhoff para un caudal de 0.83 lt/seg, garantizando su eficacia y funcionamiento de eliminar gran porcentaje de la materia orgánica de las aguas residuales y lograr disminuir los niveles de DBO5 en 20% a 45%. El tanque Imhoff cuenta de dos partes importantes para completar su procedimiento de digestión, el sedimentador y el digestor de lodos.

En la siguiente tabla 28 se detallan los parámetros de diseño más importantes, y los volúmenes de las partes del tanque Imhoff.

Tabla 28. Resultados del tratamiento primario – tanque Imhoff.

Item	Unidad	Resultado
Población de diseño	hab.	596
Caudal de diseño	lt/seg	0.83
Periodo de diseño	años	20
Tiempo de retención hidráulico	hrs	2.0
Temperatura	°C	20
Volumen de sedimentador	m ³	5.96
Volumen del digestor	m ³	29.20
Volumen de lodos	m ³	6.20

Elaboración: los autores

A continuación, se representa en la figura 58 los detalles del tanque Imhoff diseñado para la presente investigación. Para mayor detalle ver Anexo N°09, plano PT-02.

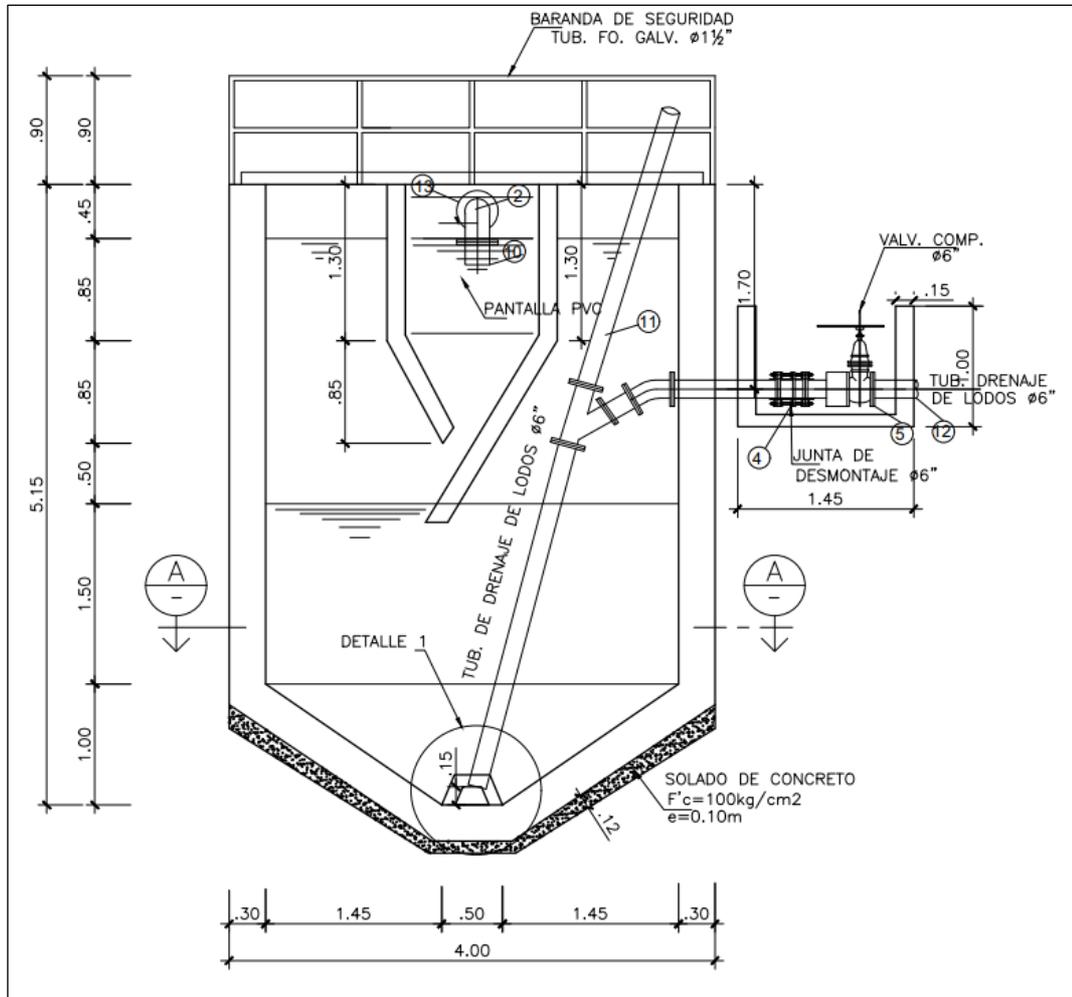


Figura 58. Detalle tanque Imhoff.

Elaboración: los autores

5.4.3 Tratamiento de lodos - Lecho de secado de lodos

El tratamiento de lodos se basa en un lecho de secado, el cual tiene a la par un disposición final en dos pozos de percolación, como principal ventaja encontramos que el costo de inversión para ejecutar el lecho de secado es mínimo así que es viable para el proyecto, el mantenimiento también se realiza esporádicamente.

A continuación, en la tabla 29, se muestran las consideraciones de diseño para el lecho de secado de lodos, así como las dimensiones obtenidas.

Tabla 29. Resultados del tratamiento de lodos – lecho de secado de lodos

Ítem	Unidad	Resultado
Población de diseño	hab.	596
Caudal de diseño	m ³ /día	71.52
Periodo de diseño	años	20
Temperatura	°C	20
Contribución percapita	gr.SS/hab/día	70
Profundidad de aplicación	m	0.40
Ancho de lecho	m	3.00
Longitud de lecho	m	4.30

Elaboración: los autores

Se muestra un corte del lecho de secado de lodos en la figura 59 donde se muestran las partes que lo conforman, para un mayor detalle se adjunta un plano detallado en el Anexo N°09, plano PT-04.

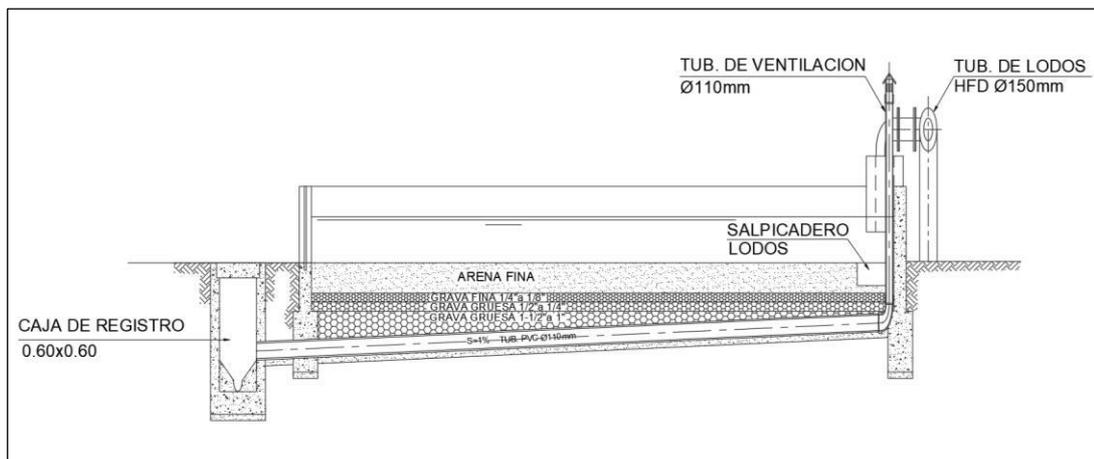


Figura 59. Corte lecho de secado de lodos

Elaboración: los autores

5.4.4 Instalaciones complementarias – Pozo de percolación

Teniendo en cuenta que en la zona de estudio no se cuenta con ningún afluente y/o cuerpo receptor para la disposición final de las aguas

residuales ya tratadas y por las cualidades de infiltración del suelo, se ha considerado un sistema de infiltración de aguas a través de pozos percoladores.

Con los cálculos realizados se obtuvo que son necesarios dos pozos de percolación los cuales infiltraran de manera adecuada todo el caudal procedente del tanque Imhoff y del lecho de secado. Estos pozos tienen un diámetro de 4.00 m y una profundidad de 5.00 m, su revestimiento es con ladrillos con dimensiones de 12x9x23cm y una capa de relleno de grava de 1/2" en las paredes laterales y fondo. A continuación, en la figura 60 se presentan los detalles de dichos pozos para mayor detalle ver Anexo N°09, plano PT-01.

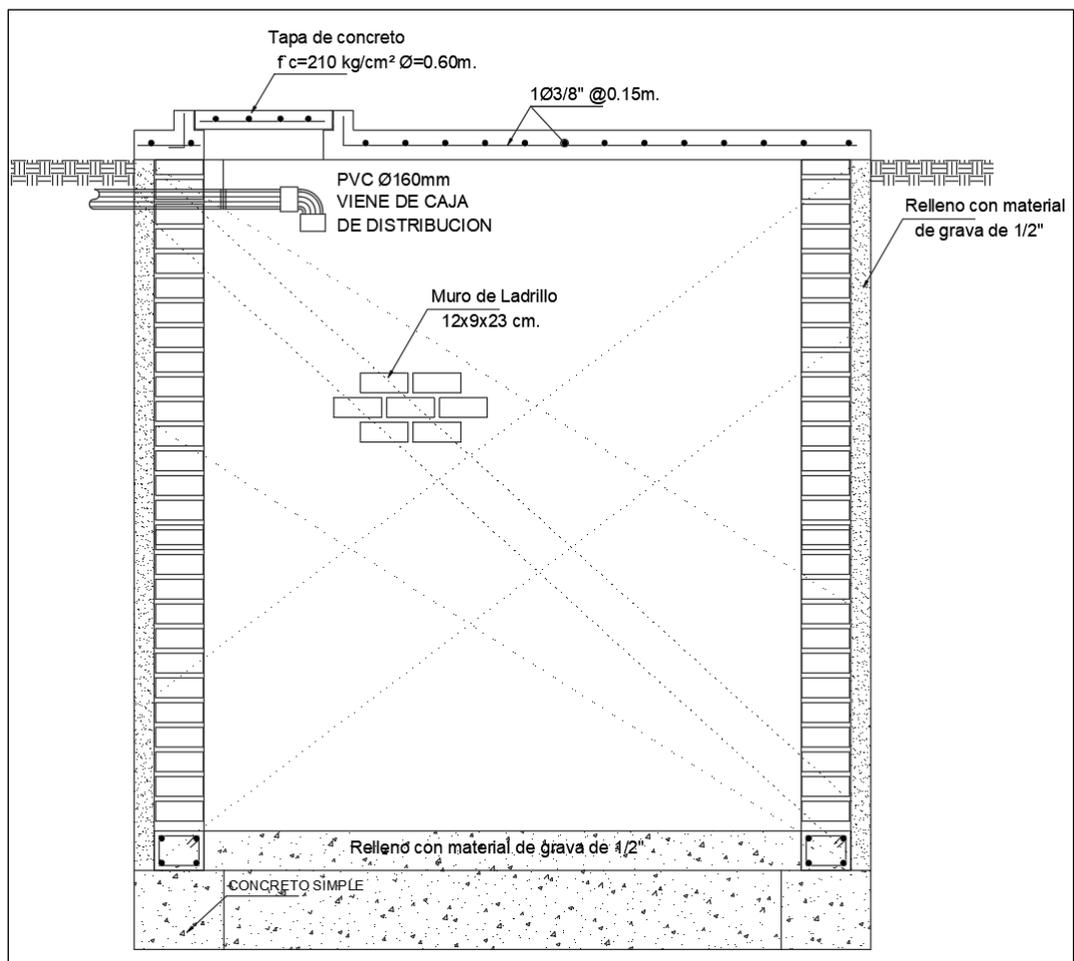


Figura 60. Pozo percolador – Corte.

Elaboración: los autores

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN

6.1 Contrastación de hipótesis

6.1.1 Hipótesis específica H-1

Tabla 30. Tabla de discusión de resultados H-1

Hipótesis planteada	Experiencia obtenida	Observación
Las condiciones topográficas y de suelos son favorables para realizar el diseño del sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales para mejorar la disposición de excretas en el centro poblado El Nazareno, distrito de San José, provincia y región Lambayeque.	Al realizarse el estudio topográfico se ha podido determinar una topografía llana. Después de realizar las calicatas para el estudio de suelos se ha identificado el perfil estratigráfico según la clasificación SUCS de Grava arcillosa (GC), nivel freático por debajo de los 2m de profundidad	La topografía es ideal para diseñar un sistema de alcantarillado que trabaje por gravedad. Las propiedades físicas y mecánicas del suelos son propias para diseñar los sistemas

Elaboración: los autores

Por ello la realización de los estudios de topografía y suelos han sido de suma importancia, porque se ha verificado que las condiciones del terreno y propiedades del suelo son las más favorables para realizar el diseño del sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales para lograr mejorar la disposición de excretas en el centro poblado El Nazareno; de esta forma validando la hipótesis planteada.

Al realizarse el estudio topográfico se ha podido determinar una topografía llana, propicia para diseñar un sistema de alcantarilla que pueda trabajar recolectando y transportando las aguas residuales íntegramente con la fuerza gravitatoria sin necesidad de la implementación de estaciones de bombeo o impulsión haciendo el sistema de alcantarillado sanitario una opción viable para su posterior ejecución.

Después de realizar las calicatas para el estudio de suelos se ha identificado el perfil estratigráfico según la clasificación SUCS de Grava arcillosa (GC), del suelo de la localidad, siendo el ideal para realizar excavaciones de zanjas y demás actividades que permitan ejecutar el proyecto, así también se ha sabido que no se ha encontrado el nivel freático a una profundidad de 2m, deduciendo que se puede encontrar a partir de los 2.5 a más metros de profundidad. Con respecto a la capacidad admisible del suelo en la calicata destinada a la planta de tratamiento se tiene un índice de 1.17 kg/cm², capacidad suficiente para trabajar con las estructuras propuestas para las instalaciones de la planta de tratamiento. Correspondiente al análisis químico realizado el PH del suelo varía entre 6.7 a 6.8, los cloruros van desde 8989 hasta 9568 y los sulfatos van desde 5252 hasta 6278, siendo estos valores considerados no agresivos para las estructuras propuestas como tuberías y obras complementarias en el sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.

6.1.2 Hipótesis específica H-2

Tabla 31. Tabla de discusión de resultados H-2

Hipótesis planteada	Experiencia obtenida	Observación
Los parámetros de diseño son población, periodo, dotación, demanda, variación de consumo y caudales de diseño para el sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales para mejorar la disposición de excretas en el centro poblado El Nazareno, distrito de San José, provincia y región Lambayeque	Los parámetros de diseño definidos son; el periodo de diseño de 20 años, la dotación de 150 lt/hab/día, población de diseño es 596 hab., la variación de consumo se denota por 1.3 y 2.0 para máximo diario y máximo horario respectivamente, el caudal de diseño final de 1.94 lt/seg	Se comprueba que los parámetros de diseño son población, periodo, dotación, variación de consumo y caudales de diseño para realizar el diseño óptimo del sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales

Elaboración: los autores

Se comprueba que los parámetros de diseño son población, periodo, dotación, variación de consumo y caudales de diseño para realizar el diseño óptimo del sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales para lograr mejorar la disposición de excretas en el centro poblado El Nazareno; de esta forma validando la hipótesis planteada.

Se ha identificado y determinado los parámetros de diseños ideales para garantizar la eficiencia del sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales, como el periodo de diseño de 20 años considerando la vida útil de los materiales empleados a lo largo del sistema y planta de tratamiento, así mismo como la dotación de 150 lt/hab/día, siendo la idónea por la condición de lotes y clima de la localidad. Para determinar la población de diseño se ha optado por seguir el procedimiento aritmético, obteniendo una población de diseño de 596 habitantes para el periodo establecido considerando la tasa de crecimiento de 1.21% del centro poblado El Nazareno. Como variación de consumo se han establecido los coeficientes máximo diario de 1.3 y máximo horario de 2. También se obtenido el caudal de diseño final de 1.94 lt/seg considerando el coeficiente de retorno establecido en la Norma OS. 070. Después de obtener todos los

parámetros de diseño pertinentes se puede garantizar el diseño eficiente del sistema de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales.

Se comprueba que los parámetros de diseño son población, periodo, dotación, variación de consumo y caudales de diseño para realizar el diseño óptimo del sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales para lograr mejorar la disposición de excretas en el centro poblado El Nazareno.

6.1.3 Hipótesis específica H-3

Tabla 32. Tabla de discusión de resultados H-3

Hipótesis planteada	Experiencia obtenida	Observación
El cálculo y diseño hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario será el más adecuado para mejorar la disposición de excretas en el centro poblado El Nazareno, distrito de San José, provincia y región Lambayeque.	Los resultados del calculo y diseño hidraulico son; las tuberías son de material PVC de un diámetro de 200mm, con una longitud de tubería de 2119.20mts, cuenta también con 38 buzones de inspección con dimensiones de 1.20m de diámetro con una altura de 1.60m.	Se ratifica que el diseño realizadon para el sistema de alcantarillado sanitario del centro poblado El Nazareno será el más adecuado para lograr mejorar la disposición de excretas en la localidad de estudio.

Elaboración: los autores

Por lo tanto, se puede deducir que el diseño realizado en la presente investigación para el sistema de alcantarillado sanitario del centro poblado El Nazareno será el más adecuado para lograr mejorar la disposición de excretas en la localidad de estudio; de esta forma validando la hipótesis planteada.

Se ha diseñado el sistema de alcantarillado sanitario con ayuda del programa SewerCAD, diseño el cual trabaja íntegramente por gravedad, todas las tuberías son de material PVC – SN4, de un diámetro de 200mm, con una longitud de tubería de 2119.20mts, cuenta también con 38 buzones

de inspección con dimensiones de 1.20m de diámetro con una altura máxima de 1.60m. Se ha verificado con el programa SewerCAD que todas las pendientes, velocidades y tensiones tractivas por tuberías, cumplan con las especificaciones mínimas denotadas en la Norma OS. 070 para que el sistema pueda recoger y transportar las aguas residuales sin ningún problema de estancamiento o sedimentaciones de tuberías que puedan afectar directamente al funcionamiento y desempeño.

6.1.4 Hipótesis específica H-4

Tabla 33. Tabla de discusión de resultados H-4

Hipótesis planteada	Experiencia obtenida	Observación
<p>El cálculo y diseño hidráulico de la planta tratamiento de aguas residuales cumplirá con mejorar la disposición de excretas en el centro poblado El Nazareno, distrito de San José, provincia y región Lambayeque.</p>	<p>El diseño definido para la planta de tratamiento se basa en tres procesos, el pretratamiento mediante una estructura de cámara de rejillas. El tratamiento primario consta de un tanque Imhoff, por último el tratamiento de lodos que consta de un lecho de secados y como disposición final dos pozos de percolación</p>	<p>Tomando en cuenta las cualidades y especificaciones del sistema de tratamiento se puede confirmar que el cálculo y diseño hidráulico presentado de la planta de tratamiento de aguas residuales cumplirá la función de mejorar la disposición de excretas en el centro poblado El Nazareno.</p>

Elaboración: los autores

Tomando en cuenta las cualidades y especificaciones mencionadas se puede ratificar que el cálculo y diseño hidráulico presentado de la planta de tratamiento de aguas residuales cumplirá la función de mejorar la disposición de excretas en el centro poblado El Nazareno; de esta forma validando la hipótesis planteada.

El diseño definido para la planta de tratamiento de aguas residuales se basa en tres procesos, el primero es el pretratamiento donde se busca eliminar residuos flotantes de dimensiones considerables, mediante una estructura de cámara de rejillas de mantenimiento manual. El segundo proceso es el tratamiento primario, donde por objeto es eliminar el

mayor porcentaje de agentes contaminantes, consta de un tanque Imhoff el cual ha sido diseñado con una llegada de caudal de 0.83 lt/seg y se divide en dos partes, el sedimentador con un volumen de 5.96m³ y el digestor de lodos que abarca un volumen de 29.20m³. Y por último el tratamiento de lodos que consta de un lecho de secados de dimensiones de 3.00m de ancho y 4.30m de largo y como disposición final en dos pozos de percolación con diámetro de 4.00m y profundidad de 5.00m.

6.2 Comparación con antecedentes

Para desarrollar la comparativa de resultados se ha considerado dos antecedentes nacionales esto con la finalidad de identificar las diferencias en los resultados de las investigaciones con relación en las muestras y poblaciones de estudios, desarrolladas bajo la normativa peruana.

Como primera comparación de resultados tenemos al antecedente de **Benito Orihuela**, investigación realizada en la Universidad Nacional de Piura, año 2018

Tuvieron como resultado para una población actual de 1306 habitantes con un caudal de diseño de 3.50lt/seg. Con un periodo de diseño de 20 años; Obtuvieron un sistema de alcantarillado sanitario con una longitud total de 12 395.4m que trabaje por gravedad, el material de las tuberías es de PVC, con un diámetro de 200mm en todos sus tramos. Con respecto a los buzones de inspección, cuenta con 268 buzones, con una profundidad máxima de diseño es de 2.70m, con un diámetro interno de 1.20m.

La investigación no abarca el diseño de un sistema o planta de tratamiento, pero si deja una recomendación relacionada a esta, implementar una laguna facultativa ubicada a 500m del límite urbano para evitar olores fétidos en la población y que con ayuda de la topografía de la localidad puedan llegar las aguas residuales por fuerza gravitatoria.

Comparando los parámetros de diseño de la investigación mencionada, con los de la presente tesis, se puede encontrar la primera diferencia en la población actual de la localidad la cual es mayor con una diferencia de 838 habitantes, la segunda diferencia radica en el caudal de diseño el cual es mayor en 1.56 lt/seg. Con respecto al periodo de diseño, se contempla la misma cantidad de años, el material elegido para las tuberías de las redes es la misma, PVC, el diámetro de las tuberías es el mismo de 200mm. La longitud de tubería tiene una diferencia de 10 276.2m. La cantidad de buzones se diferencian en 230, la profundidad máxima de buzón se diferencia de 1.10m, pero cuentan con el mismo diámetro interno de 1.20m.

Enfocando en el sistema de tratamiento de aguas residuales, Benito recomienda implementar una laguna de facultativa y en la presente investigación se realiza el diseño de una planta de tratamiento con tres procesos, pretratamiento mediante cámara de rejillas, tratamiento primario basado en un tanque Imhoff y un tratamiento de lodos plasmado en un lecho de secado de lodos con disposición final en dos pozos de percolación. Garantizando la mitigación de los agente dañinos y contaminantes en las aguas residuales.

A continuación, mostramos en la tabla 34, un resumen de las comparativas mencionadas líneas arriba.

Tabla 34. Cuadro comparativo con antecedente de **Benito**

Item	Unidad	Benito	Acosta y Delgado
Población actual	<i>hab.</i>	1306	468
Periodo de diseño	<i>año</i>	20	20
Caudal de diseño	<i>Lt/seg</i>	3.50	1.94
Material de tub.	<i>mat.</i>	PVC	PVC
Fuerza de trabajo	<i>f</i>	Gravedad	Gravedad
Diámetro de tub.	<i>mm</i>	200.00	200.00
Número de buzones	<i>num</i>	268	38
Diámetro int. de Buzón	<i>m</i>	1.20	1.20
Profundida max. de buzón	<i>m</i>	2.70	1.60

Elaboración: los autores

Para la comparación con el antecedente internaciones se ha elegido la investigación de **Arambolo y Reyes, 2018**, desarrollada en la Universidad Nacional Pedro Henrique Ureña en el país de República Dominicana.

Esta investigación tuvo como especificaciones de diseño una población actual de 1062 habitantes, con un caudal de diseño de 3.30 lt/seg, el periodo de diseño definido fue para 30 años, el material que usaron para la red de tuberías es PVC, la dotación doméstica empleada es de 150 lt/hab/día.

Como resultados obtuvieron un sistema que trabaje netamente por gravedad con una longitud de tubería de 10 563.50m, con un diámetro de tubería de 200mm. Además, cuenta con 189 cajas de inspección de dimensiones de 0.50m de ancho y largo con una profundidad máxima de 0.90m.

Con respecto al sistema de tratamiento de aguas residuales, no proponen ningún diseño, ya que sus aguas recolectadas por las redes de alcantarillado sanitario serán convertidas en tres caudales, 0.24, 0.19 y 2.87lt/seg, de aporte para un colector principal el cual transporta las aguas residuales en una planta de tratamiento existente de mayor envergadura.

Comparando con el sistema diseñado en la presente investigación, identificamos la principal diferencia de la población la cual varía en 594 habitantes, también encontramos diferencia de 1.36lt/seg en el caudal de diseño, la longitud de tubería se diferencia en 8444.5 m, así como en el periodo de diseño que se diferencian en 10 años. Encontramos similitud en la dotación de 150 lt/hab/día y el material PVC utilizado en las tuberías.

El antecedente de **Arambolo y Reyes, 2018**, presenta como instalaciones complementarias, cajas de inspección de dimensiones de 0.50m de ancho y largo con profundidad de 0.90m a diferencia de los buzones de inspección que forman parte del sistema de alcantarillado de la presente investigación.

Como último punto de comparación **Arambolo y Reyes, 2018**, no diseñan sistema de tratamiento de aguas residuales, simplemente aprovechan la ubicación de la localidad y dirigen sus caudales de aporte hacia un colector principal existente el cual transporta las aguas residuales a una planta de tratamiento existente, sin embargo, la presente investigación muestra una planta de tratamiento especial para la localidad de estudio.

A continuación, se muestra en la tabla 35 un resumen de las diferencias entre las investigaciones expuestas líneas arriba.

Tabla 35. Cuadro comparativo con antecedente de **Arambolo y Reyes**

Item	Unidad	Arambolo y Reyes	Acosta y Delgado
Población actual	<i>hab.</i>	1062	468
Periodo de diseño	<i>año</i>	30	20
Caudal de diseño	<i>Lt/seg</i>	3.30	1.94
Material de tub.	<i>mat.</i>	PVC	PVC
Fuerza de trabajo	<i>f</i>	Gravedad	Gravedad
Diámetro de tub.	<i>mm</i>	200.00	200.00
Instalaciones complementarias	–	Cajas de inspección	Buzones de inspección
Número de cajas/buzones	<i>num</i>	189	38
Dimensiones de cajas/buzón	<i>m</i>	0.50x0.50	1.20
Profundida max. de caja/buzón	<i>m</i>	0.90	1.60
Sistema de tratamiento	<i>sist.</i>	–	Planta de tratamiento

Elaboración: los autores

CONCLUSIONES

1. El diseño del sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales presenta las siguientes características que permiten mejorar la disposición de excretas en el centro poblado El Nazareno, distrito de San José, provincia y región Lambayeque:
 - a. Red de alcantarillado
 - b. Pretratamiento – Cámara de rejas
 - c. Tratamiento primario – Tanque Imhoff
 - d. Tratamiento de lodos – Lecho de secado
 - e. Disposición final – Pozo percolador

2. De acuerdo con los resultados topográficos y el estudio de suelos, se ha determinado condiciones favorables para realizar el diseño; topografía con cotas de nivel que oscilan entre 4.12 y 10.47 m.s.n.m. permitiendo diseñar el sistema de alcantarillado sanitario que funcione íntegramente por fuerza gravitacional. También se ha podido constatar que predomina el tipo de suelo GC - grava arcillosa según la clasificación SUCS. Además, no se ha encontrado nivel freático a dos metros de profundidad, el PH varía de 6.7 a 6.8 y la capacidad admisible del suelo en la calicata 3 es 1.17kg/cm².

3. Para realizar el diseño más adecuado y mejorar la disposición de excretas; se diseñó un sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales para un periodo de 20 años con los siguientes parámetros de diseño:

- a. Población de 596 habitantes,
 - b. Dotación de 150lt/hab/día
 - c. Caudal de 1.94lt/seg
4. El cálculo y diseño hidráulico realizado para el sistema de alcantarillado sanitario consiste en una red de tuberías de 2 119.20m de longitud total, el material destinado es PVC – SN4, con un diámetro de tuberías de 200mm como velocidad y tracción tractiva mínima encontramos 0.60m/s y 1.001pa respectivamente. Así mismo como instalaciones complementarias, posee 38 buzones de inspección, los cuales tiene 1.20m de diámetro interno con un espesor de buzones de 0.20m y una profundidad máxima de 1.60m.
 5. El cálculo y diseño hidráulico ejecutado para el sistema de tratamiento de aguas residuales, consiste en una planta de tratamiento, constituida por tres procesos, en primera instancia cuenta con el pretratamiento mediante una cámara de rejillas, seguido por el tratamiento primario que se basa en un tanque Imhoff con volumen de sedimentador de 5.96m³ y volumen de digestor de lodos de 29.20m³. Como parte final del tratamiento cuenta con un lecho de secado de lodos con dimensiones de 3.00m ancho y 4.30m de largo, el cual desemboca en dos pozos de percolación de diámetro efectivo 4.00m y profundidad de 5.00m.
 6. El sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales diseñado en la investigación contempla los indicadores y parámetros mínimos de velocidades, pendientes y tensión tractiva, definidos en las Normativas Peruanas vigentes como la Norma OS. 100, Norma OS. 070, Norma OS. 090 y Norma IS.020.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar equipos topográficos con mayor tecnología como drones o puntos geodésicos para reducir los errores al ejecutar el levantamiento topográfico y tener mayor precisión en el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario.
2. Profundizar las calicatas del estudio de suelos hasta encontrar el nivel freático y tener el conocimiento certero de este nivel.
3. Determinar la tasa de crecimiento con data recogida en campo a través de encuestas o verificada en entidades como el INEI, para evitar inconvenientes al determinar la población de diseño.
4. Identificar el clima de la zona de estudio para determinar la dotación precisa para el diseño del sistema de alcantarillado.
5. Elevar el caudal de aporte de la población futura, para que aumenten las velocidades en la red de tuberías. Además, cumplir las especificaciones plasmadas como diámetros, materiales, dimensiones y ubicaciones en los planos del sistema de alcantarillado sanitario en una posterior ejecución.
6. Analizar otro tipo de tratamiento de aguas residuales a medida que la población y sus actividades económicas cambien en el futuro.
7. Realizar el presupuesto estimado a la fecha de ejecución del proyecto

para mitigar errores en los análisis de costos unitarios, esto por la volátil economía que afronta la situación actual del país.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Fuentes Electrónicas

AEAS, (1984). *Manual de la cloración*. Madrid, España. Recuperado de <https://www.asoaeas.com/sites/default/files/Documentos/AEAS.%20Manual%20de%20la%20Cloracion.pdf>.

Benito, H. (2018). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario en el centro poblado de Culqui, Laureles y el caserío de Culqui Alto en el distrito de Paimas, provincia de Ayabaca, Piura*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Piura. Piura, Perú.

Bravo, R., García, N., Morales, V. y Ramírez, A. (2012). *Análisis Granulométrico*. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México. Obtenido de <http://cozumel.fi-a.unam.mx/~pinilla/Proyectos/2012-2/PE/05.pdf>

Crespo, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones – 5a ed.* México: Limusa. Obtenido de <http://es.slideshare.net/adonay553/crespo-villalaz-carlos-mecánica-de-suelos-y-cimentaciones-5ed>

Das, B. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Cengage Learning.

INEI (2017), Perú Resultados Definitivos de los Censos Nacionales 2017. Lima, Perú. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/lib1544/.

- Fernández, S. (2015). *Tratamiento y disposición de aguas residuales de plantas de tratamiento de agua potable en Chile*. Tesis de pregrado. Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.
- Fibras y normas de Colombia S.A.S. (2020). *Tratamientos Anaerobios, Reactor o Tanque RAFA*. Colombia. Obtenido de <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/reactor-o-tanque-uasb-o-rafa/>.
- Fondo Nacional del Ambiente (2010). *Oportunidades de mejoras ambientales por el tratamiento de aguas residuales en el Perú*. Lima, Perú. Obtenido de <https://www.yumpu.com/es/document/read/16509154/opciones-tecnologicas-para-el-tratamiento-de-aguas-foam>.
- Fuentes, J. (2012). *Topografía*. Editorial Red Tercer Milenio. Estado de México. Obtenido de <http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/ingenieria/Topografia.pdf>
- Gobierno Regional de Lambayeque (2018). *Plan Regional de Saneamiento Lambayeque 2018 – 2021*. Lambayeque, Perú.
- Guerra, J. (2018). *Mecánica de suelos. Conceptos básicos y aplicaciones*. España: Dextra.
- León, J., Salinas, E., Zepeda, M. (2017). *Diseño de red de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento del municipio de Turín, departamento de Ahuachapán, El Salvador*. Tesis de pregrado. Universidad del Salvador, Santa Ana, El Salvador.
- López Cualla, R. (2000). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados quinta edición*. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Santa fé de Bogota. Colombia. Obtenido de https://www.academia.edu/38610655/Elementos_de_Dise%C3%B1o_para_Acueductos_y_Alcantarillados_Ing_Ricardo_Alfredo_L%C3%B3pez_Cualla_.
- Mamani & Yataco (2017). *Estabilización de suelos arcillosos aplicando la ceniza de madera de fondo, producto de ladrilleras artesanales en el departamento de Ayacucho*. Tesis de pregrado. Universidad de San

Martin de Porres. Lima, Perú. Obtenido de <http://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/3635>.

Ministerio de Economía y Finanzas (2004). *Parámetros de Diseño de Infraestructuras de agua y saneamiento para centros poblados rurales*. Lima, Perú. Obtenido de https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/instrumentos_metod/saneamiento/_3_Parametros_de_dise_de_infraestructura_de_agua_y_saneamiento_CC_PP_rurales.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). *Manual de Carreteras, suelos geología, geotecnia, y pavimentos R.D. N°10-2014-MTC/14*. Lima, Perú. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). *Manual de Ensayo de Materiales R.D. N°18-2016-MTC/14*. Lima, Perú. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_5%20%20EM-2016.pdf.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2017). *Manual de operación y mantenimiento de la cámara de rejillas y desarenadores*. Huancavelica, Perú. Obtenido de http://minos.vivienda.gob.pe:8081/Documentos_SICA/modulos/FTA/SECCION%20IV/4.14/2133093816_MANUAL%20DE%20OPERACION%20Y%20MANTENIMIENTO%20ACOBAMBA.pdf

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones. Consideraciones Básicas de Diseño de Infraestructuras Sanitarias OS. 100* Lima, Perú.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones. Plantas de tratamiento de aguas residuales OS. 090* Lima, Perú.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones. Tanques Sépticos IS. 020* Lima, Perú.

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones. Redes de aguas residuales OS. 070* Lima, Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Sistema de diagnóstico sobre abastecimiento de agua y saneamiento en el ámbito rural*. Recuperado de <http://datas.vivienda.gob.pe/>.
- Montes de Oca (1989). *Topografía. Cuarta edición*. Editorial Ediciones Alfaomega S.A. Distrito Federal, México. Recuperado de <https://es.slideshare.net/LuisAngelGarciaFlore/topografia-miguel-montes-de-oca>.
- Navarro, J. (2013), *Proyecto integral para el abastecimiento de agua potable, alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales en la localidad Zacualpan de Carmen Sánchez, Veracruz*. Tesis de pregrado. Universidad Autónoma de México, Veracruz, México.
- Organización Mundial de la Salud y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (2019). *Progresos en materia del agua potable, saneamiento, e higiene: informe de actualización del 2017 y línea base de los objetivos de desarrollo sostenible ODS*. Suiza. Obtenido de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/260291/9789243512891-spa.pdf?sequence=1>.
- PUCP. (2012). *Guía del Laboratorio de Mecánica de Suelos*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/220604119/2-PUCPGuia-de-Laboratorio-de-Mecanica-de-Suelos-2013-1-DensPg61-64>.
- Reyes, L. & Arambolo, J. (2018). *Diseño de sistema de alcantarillado sanitario condominial para el barrio de La Yuca de Los Ríos*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña. Santo Domingo, República Dominicana.
- Rotoplas (2020). *¿Cómo funciona un biodigestor autolimpiable?* México. Obtenido de <https://rotoplas.com.ar/como-funciona-un-biodigestor-autolimpiable/>.
- Santamaría, J., & Sanz, T. (2005). *Manual de prácticas de Topografía*

y *Cartografía*. La Rioja, España. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11537/2452>.

Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado. (2014). *Alcantarillado Sanitario*. En SIAPA, *Lineamientos Técnicos para factibilidades*. México.

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento y Cooperación Alemana Deutsche Gesellschaft Fur Internationale Zusammenarbeit. (2015). *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento*. Lima, Perú.

Torres, W. (2020). *Diseño de la planta de tratamiento de agua residuales del centro poblado tambo real – Distrito de Pitipo, Provincia de Ferreñafe, Departamento de Lambayeque*. Tesis de posgrado. Universidad Señor de Sipán, Lambayeque, Perú.

Trojan UV Water Confidence (2021). *Desinfección UV para aguas residuales*. Ontario, Canadá. Recuperado de <https://www.trojanuv.com/es/aplicaciones/aguasresiduales>.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2019). *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2019: No dejar a nadie atrás*. Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367304/>

United States Agency International Development (2018). *Guía de referencia de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales utilizados en Centro América*. San Salvador, El Salvador, Centro América. Recuperado de http://www.sica.int/busqueda/busqueda_archivo.aspx?Archivo=odoc_73992_1_23102012.pdf.

ANEXOS

Anexo N°01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Anexo N°02: ENCUESTAS A ESPECIALISTAS

Anexo N°03: PADRÓN POBLACIONAL

Anexo N°04: DATA TOPOGRÁFICA

Anexo N°05: ESTUDIO DE SUELOS

Anexo N°06: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE LABORATORIO

Anexo N°07: DOCUMENTOS

Anexo N°08: GALERÍA TOPOGRÁFICA

Anexo N°09: PLANOS