Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ciencias Físicas
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos

Diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado para la Asociación de Vivienda Santa Rosa- distrito de Ventanilla – Callao, usando los programas Watercad y Sewercad

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos

AUTOR

Pedro Miller TICONA TALAVERANO

ASESOR

Dr. Douglas Donal SARANGO JULCA

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Ticona, P. (2022). *Diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado para la Asociación de Vivienda Santa Rosa- distrito de Ventanilla – Callao, usando los programas Watercad y Sewercad*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas, Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Pedro Miller Ticona Talaverano
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	73604839
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Douglas Donal Sarango Julca
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	07136313
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-7963-1507
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Reuter Arturo Aliaga Díaz
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07229778
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Miguel Ernesto Arámbulo Manrique
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07418845
Datos de investigación	
Línea de investigación	A.2.5.2. Recursos Hídricos
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Callao Distrito: Ventanilla Asociación de vivienda: Santa Rosa Latitud: -11.863594 Longitud: -77.11368

Año o rango de años en que se realizó la investigación	2012 - 2016
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería mecánica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.01

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
(Universidad del PERÚ, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS EN LA MODALIDAD VIRTUAL PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO DE FLUIDOS

Siendo las 19:00 horas del viernes 8 de julio de 2022, en la Sala de Sesión Virtual de la Facultad de Ciencias Físicas, bajo la Presidencia de Ing. REUTER ARTURO ALIAGA DÍAZ (Presidente), Ing. MIGUEL ERNESTO ARÁMBULO MANRIQUE (Miembro) y el Dr. Ing. DOUGLAS DONAL SARANGO JULCA (Asesor), se dio inicio a la Sesión Pública Virtual de Sustentación de Tesis para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos, mediante la Modalidad de Titulación M-1 - Por Sustentación y aprobación de Tesis Profesional, del Bachiller:

PEDRO MILLER TICONA TALAVERANO

El Presidente del Jurado en primer lugar dio lectura al documento formal que designa al Jurado y aprueba el acto de sustentación de la Tesis, así como del Resumen del Expediente e invitó al citado Bachiller a realizar la presentación y exposición de su Tesis titulada:
"DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO PARA LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA SANTA ROSA- DISTRITO DE VENTANILLA – CALLAO, USANDO LOS PROGRAMAS WATERCAD Y SEWERCAD".

Concluida la exposición del candidato y luego de las preguntas de rigor por parte del Jurado, el Presidente del Jurado con el apoyo de la Unidad de Informática, invitó al Bachiller y al público a abandonar momentáneamente la Sala de Sesión Virtual, para dar paso a la deliberación y calificación por parte del Jurado.

Al término de la deliberación el Presidente de Jurado invitó al candidato y al público en general a pasar a la Sala de Sesión Virtual, para dar lectura al Acta de Calificación, en cuyo contenido se ha registrado la nota obtenida por el bachiller, la misma que ha sido de:

..... ….17.....	.....DIECISIETE.....
(NÚMERO)	*(LETRAS)*

Habiendo concluido la Sustentación de la Tesis, el Presidente del Jurado remitirá el Acta al Vicedecano Académico de la Facultad de Ciencias Físicas, quien la suscribirá dando fe de la realización del acto virtual de manera remota.

El Acta de Calificación será remitida al Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos, quien a su vez solicitará la aprobación del Consejo de Facultad para el otorgamiento del Título Profesional y su elevación al Consejo Universitario para conferir el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos al Bachiller PEDRO MILLER TICONA TALAVERANO.

Siendo las 20:00 horas, se dio por concluido el acto académico, expidiéndose tres (03) Actas originales de la Sustentación de la Tesis.

Ciudad Universitaria, 8 de julio de 2022



ING. REUTER ARTURO ALIAGA DÍAZ
PRESIDENTE DEL JURADO



ING. MIGUEL ERNESTO ARÁMBULO MANRIQUE
MIEMBRO DEL JURADO



DR. ING. DOUGLAS DONAL SARANGO JULCA
ASESOR

UNMSM
Firmado digitalmente por LOZANO BARTRA Whualkuer Enrique FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 21.07.2022 16:08:10 -05:00

DR. WHUALKUER ENRIQUE LOZANO BARTRA
VICEDECANO ACADÉMICO FCF

Datos de la plataforma virtual institucional del acto de sustentación:
https://us06web.zoom.us/j/84214767801?pwd=emxWbjBjNTB0eVAzUCtTWm9yQ3VpUT09
ID: ID de reunión: 842 1476 7801
Código de acceso: 238478
Grabación archivada en el siguiente enlace:
https://fb.watch/elqgn9cOil/

Anexo 1

Informe de evaluación de Originalidad

1. Facultad de Ciencias Físicas
2. Escuela/Unidad de Posgrado
   Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos
3. Autoridad Académica que emite el informe deoriginalidad
   El Director de la EPIMF
4. Apellidos y nombres de la autoridad académica
   Sarango Julca Douglas Donal
5. Operador del programa Informático desimilitudes
   Dr. Ing. Douglas Sarango Julca
6. Documento evaluado (1)
   "DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO PARA LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA SANTA ROSA- DISTRITO DE VENTANILLA – CALLAO, USANDO LOS PROGRAMAS WATERCAD Y SEWERCAD"
7. Autor del documento (2)
   PEDRO MILLER TICONA TALAVERANO
8. Fecha de recepción del documento 10/07/22
9. Fecha de aplicación del programa informático de similitudes 20/07/22
10. Software utilizado
    - Turnitin (X)
    - Ithenticate
    - Otro (especificar)
11. Configuración del programa detector de similitudes
    - Excluye textos entrecomillados
    - Incluye Bibliografía
    - Excluye cadenas menores a 40 palabras
12. Porcentaje de similitudes según programa detector de similitudes[3]
    8%
13. Fuentes originales de las similitudes encontradas[4]
    Ver Anexo
14. Observaciones
    Ninguna
15. Calificación de originalidad
    - Documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones (X)
    - Documento cumple criterios de originalidad, con observaciones
    - Documento no cumple criterios de originalidad
16. Fecha del Informe 22/07 /22

FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Director U.N.M.S.M

UNMSM

Firmado digitalmente por SARANGO JULCA Douglas Donal FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 25.07.2022 23:25:55 -05:00

DR. ING. Douglas Sarango Julca
DIRECTOR (e) DE LA EPIMF

---

1 Tesis para grado o título de pregrado, Tesis para posgrado. Otro (especificar)
2 Apellidos y Nombres completos
3 En letras y números
4 Indicarlas en orden decreciente y su respectivo porcentaje

Dedicatoria

Este logro es la realización de uno de mis objetivos y el comienzo de un nuevo periodo en mi vida profesional, por lo que estoy muy orgulloso de dedicarme a ellos:

Gracias a Dios, por permitir que hasta el día de hoy cuente con la compañía de mis padres Pedro Ticona y Delia Talaverano, ellos son el apoyo incondicional para lograr mis metas y la razón para sobrellevar los inconvenientes que se interponen en mi camino.

A mis hermanos Silvia, Juan, Mónica, Maritza y Brenda por apoyarme en todo momento y brindarme su confianza desde el primer momento en el que tome la decisión de estudiar. Gracias.

Agradecimientos

Quiero agradecer de manera especial a mi centro de estudios, la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por las enseñanzas brindadas durante mi etapa de formación profesional, también por todas las experiencias vividas dentro de ella.

También agradecer a la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos, en particular a los docentes que nos brindan un excelente aprendizaje y una preparación adecuada para el alumnado.

Así mismo quiero extender mi agradecimiento de manera especial a mi asesor Dr. Douglas Donal Sarango Julca, por compartir sus conocimientos y su constante apoyo durante todo el desarrollo de la presente tesis.

Resumen

El objetivo de este estudio es desarrollar el Diseño Hidráulico del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado para la Asociación de Vivienda Santa Rosa en el distrito de Ventanilla-Callao, utilizando los programas de computación "Watercad" para las redes de agua potable y "Sewercad" para las redes de alcantarillado.

La red de agua potable se compone de un reservorio con un caudal suficiente y constante para satisfacer las necesidades de la Asociación de Viviendas Santa Rosa. La conducción de agua se caracterizó por una red de tuberías, y para la distribución de agua se creó una red de tuberías formando un sistema de malla para poder abastecer de agua potable a toda la asociación de viviendas.

El sistema de alcantarillado se compone de una red de tuberías proyectadas que descargan en los buzones de las zonas circundantes que cuentan con el servicio.

Para la evaluación de los resultados de la modelación se evaluaron las normas OS.050 y OS.070. En el diseño hidráulico de las redes de distribución de agua potable, la presión estática más alta fue de 44,1 mca, la mínima de 14,4 mca y la velocidad máxima de 1,29 m/s. El caudal mínimo a considerar en el diseño hidráulico de las redes de alcantarillado es de 1,5 l/s, y la tensión de tracción mínima obtenida es de 1,02 Pa.

Se respetan los diámetros mínimos establecidas en el Reglamento Nacional de Edificación para la distribución de redes de agua potable y alcantarillado sanitario.

PALABRAS CLAVES: Diseño, Abastecimiento, Agua, Alcantarillado, Hidráulica, Redes de distribución, Saneamiento, Modelamiento.

Abstract

The objective of this study is to develop the Hydraulic Design of the Drinking Water Supply and Sewerage System for the Santa Rosa Housing Association in the district of Ventanilla-Callao, using the computer programs "Watercad" for the drinking water networks and "Sewercad" for the sewerage networks.

The drinking water network consists of a reservoir with a sufficient and constant flow to meet the needs of the Santa Rosa Housing Association. The water conduction was characterized by a network of pipes, and for the water distribution a network of pipes was created forming a mesh system in order to be able to supply drinking water to the entire housing association.

The sewerage system is composed of a network of projected pipes that discharge into the mailboxes of the surrounding areas that have the service.

For the evaluation of the modeling results, OS.050 and OS.070 standards were evaluated. In the hydraulic design of the potable water distribution networks, the highest static pressure was 44.1 mca, the minimum was 14.4 mca and the maximum velocity was 1.29 m/s. The minimum flow rate to be considered in the hydraulic design of the sewerage networks is 1.5 l/s, and the minimum tensile stress obtained is 1.02 Pa.

The minimum diameters established in the National Building Regulations for the distribution of drinking water and sanitary sewerage networks are respected.

KEY WORDS: Design, Supply, Water, Sewage, Hydraulics, Distribution Networks, Sanitation, Modeling.

Tabla de Contenido

Resumen **4**

Abstract **5**

Índice de Figuras **10**

Índice de Tablas **12**

Capítulo I. Introducción **14**

1.1 Situación problemática 14

1.2 Propósito del estudio 16

1.3 Unidades de estudio 17

1.4 Formulación del problema 18

1.4.1 Problema General 18

1.4.2 Problemas específicos 18

1.5 Justificación 18

1.6 Limitaciones 26

1.7 Definición de términos 26

1.8 Objetivos 26

1.8.1 Objetivo general 26

1.8.1 Objetivos específicos 26

1.9 Hipótesis 27

1.9.1 Hipótesis general 27

1.9.2 Hipótesis específicas 27

Capítulo II. Marco Teórico **29**

2.1 Antecedentes 29

2.1.1 Internacionales.....29

2.1.2 Nacionales.....30

2.2 Bases Teóricas.....30

2.2.1 Descripción básica de un sistema de agua potable.....30

2.2.2 Análisis de redes malladas de tuberías.....32

2.2.3 Parámetros de diseño.....34

2.2.4 Descripción básica de un sistema de alcantarillado.....35

2.2.5 Partes de un Sistema de Alcantarillado.....35

2.2.6 Normas Para proyectos de sistemas de desagües sanitarios.....36

2.2.7 Consideraciones del reglamento de edificaciones.....37

2.2.8 Programas para el diseño de redes de distribución de abastecimiento de agua y alcantarillado.....40

2.2.9 Watercad.....40

2.2.10 Sewercad.....41

Capítulo III. Metodología.....43

3.1 Tipo de investigación.....43

3.2 Población y muestra.....43

3.3 Técnicas e instrumentos.....43

3.4 Metodología para el desarrollo de la propuesta del diseño hidráulico del sistema de agua potable y alcantarillado.....44

3.4.1 Recolección de datos.....44

3.4.2 Definición de parámetros de diseño 44

3.4.3 Modelamiento de redes de agua potable y alcantarillado.....44

3.4.4 Análisis de los resultados del modelamiento hidráulico 45

3.4.5 Elaboración del diseño final 45

3.5 Aspectos éticos.....46

Capítulo IV. Resultados y Discusión 51

4.1 Descripción del área de estudio 51

4.1.1 Geografía 51

4.1.2 Ubicación geográfica.....52

4.2 Parámetros iniciales y cálculos previos para el diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado 57

4.2.1 Análisis de la demanda.....57

4.2.2 Densidad.....57

4.2.3 Población 57

4.2.4 Determinación de la Tasa de Crecimiento.....57

4.2.5 Proyección de la población – Total 59

4.2.6 Período de diseño 60

4.2.7 Consumos 62

4.2.8 Estimación de la Demanda 63

4.2.9 Demanda de Agua Potable 64

4.2.10 Demanda de Alcantarillado 69

4.3 Desarrollo del diseño hidráulico con el programa Watercad para las redes de agua potable 74

4.3.1 Consideraciones para el diseño hidráulico de las redes de Agua Potable obtenidos con el programa Watercad.....74

4.3.2 Procedimiento del Modelamiento hidráulico en el programa Watercad 74

4.3.3 Resultados del Modelamiento de las redes de agua potable.....81

4.4 Desarrollo del diseño hidráulico con el programa Sewercad para las redes de alcantarillado sanitario.....83

4.4.1 Consideraciones para el diseño hidráulico de las redes de Alcantarillado obtenidos con el programa Sewercad v 8i 83

4.4.2 Procedimiento del Modelamiento hidráulico en el programa Sewercad v 8i...85

4.4.3 Resultados del Modelamiento de las redes de alcantarillado 91

4.5 Análisis e interpretación de resultados para las redes de agua potable 93

4.6 Análisis e interpretación de resultados para las redes de alcantarillado sanitario ..95

4.7 Desarrollo de planos con la propuesta del diseño hidráulico para las redes de agua potable y alcantarillado sanitario.....96

Conclusiones 98

Recomendaciones 101

Referencias Bibliográficas.....102

Anexos 104

Índice de Figuras

Figura 1 *Plano temático de redes existentes de Agua Potable en el área de estudio.* 21

Figura 2 *Plano temático de redes existentes de Alcantarillado en el área de estudio* 22

Figura 3 *Avenida Héroe de la Guerra del Pacifico con calle Diego Ferrer, sin presencia de redes de abastecimiento de agua potable y alcantarillado.* 23

Figura 4 *Avenida Héroe de la Guerra del Pacifico con calle José Baquijano, sin presencia de redes de abastecimiento de agua potable y alcantarillado*. 23

Figura 5 *Avenida Héroe de la Guerra del Pacifico con calle Enrique Palacios, sin presencia de redes de abastecimiento de agua potable y alcantarillado* 24

Figura 6 *Avenida Héroe de la Guerra del Pacifico con calle M. Rodríguez, sin presencia de redes de abastecimiento de agua potable y alcantarillado*. 24

Figura 7 *Avenida Héroe de la Guerra del Pacifico con calle M. Rodríguez, sin presencia de redes de abastecimiento de agua potable y alcantarillado* 25

Figura 8 *Avenida Héroe de la Guerra del Pacifico, sin presencia de redes de abastecimiento de agua potable y alcantarillado.* 25

Figura 9 *Componentes del sistema de Agua Potable*..... 32

Figura 10 *Componentes del sistema de Alcantarillado Sanitario* 36

Figura 11 *Diagrama procesos para el modelamiento hidráulico*..... 46

Figura 12 *Ubicación departamental del área a intervenir en la Tesis*..... 53

Figura 13 *Provincia de Callao, ubicación distrital del área a intervenir en la Tesis*..... 53

Figura 14 *Localización distrital del área a intervenir en la Tesis* 54

Figura 15 *Localización sectorial del área a intervenir en la Tesis.* 55

Figura 16 *Vista satelital del área a intervenir en la Tesis*..... 56

Figura17 *Imagen del modelamiento hidráulico en Watercad 1* 75

Figura18 *Imagen del modelamiento hidráulico en Watercad 2* 76

Figura19 *Imagen del modelamiento hidráulico en Watercad 3* 77

Figura20 *Imagen del modelamiento hidráulico en Watercad 4* 78

Figura21 *Imagen del modelamiento hidráulico en Watercad 5.* 79

Figura22 *Imagen del modelamiento hidráulico en Watercad 6* 80

Figura 23 *Imagen del modelamiento hidráulico en Watercad 7.* 81

Figura 24 *Interfaz del programa Watercad para el Modelamiento hidráulico.* 82

Figura25 *Imagen del modelamiento hidráulico en Sewercad 1.* 86

Figura26 *Imagen del modelamiento hidráulico en Sewercad 2* 87

Figura27 *Imagen del modelamiento hidráulico en Sewercad 3* 88

Figura28 *Imagen del modelamiento hidráulico en Sewercad 4* 89

Figura29 *Imagen del modelamiento hidráulico en Sewercad 5.* 90

Figura30 *Imagen del modelamiento hidráulico en Sewercad 6.* 91

Figura 31 *Interfaz del programa Sewercad para el Modelamiento hidráulico* 92

Índice de Tablas

Tabla 1 *Identificación de unidades de uso en la asociación de vivienda Santa Rosa* 17

Tabla 2 *Matriz de consistencia* 48

Tabla 3 *Matriz de Operacionalización de variables* 50

Tabla 4 *Censos del INEI Provincia Callao* 58

Tabla 5 *Desarrollo Método Aritmético Provincia del Callao* 58

Tabla 6 *Desarrollo Método Geométrico Provincia del Callao* 59

Tabla 7 *Información base y parámetros para la zona de presión 1* 60

Tabla 8 *Información base y parámetros para la zona de presión 2* 60

Tabla 9 *Información de proyección de cobertura de los servicios* 61

Tabla 10 *Información de conexiones existentes al año 2019 por categorías* 62

Tabla 11 *Información de consumos per cápita por conexión* 62

Tabla 12 *Factores para la demanda y el volumen de almacenamiento de reservorios* 64

Tabla 13 *Parámetros de Diseño* 64

Tabla 14 *Demanda de Agua Potable Total para la zona de presión 1* 65

Tabla 15 *Demanda de Agua Potable Total para la zona de presión 2* 67

Tabla 16 *Demanda de Alcantarillado Total para la zona de presión 1* 70

Tabla 17 *Demanda de Alcantarillado Total para la zona de presión 2* 72

Tabla 18 *Valores de velocidad, caudal, longitud y diámetro de tubería para el tramo "P-73"* .. 82

Tabla 19 *Valores de gradiente hidráulica y presión para el nodo "J-92"* 83

Tabla 20 *Valores del coeficiente de rugosidad* 84

Tabla 21 *Valores de tensión tractiva, velocidad, pendiente, longitud y diámetro de tubería para el tramo "R-98"* 92

Tabla 22 *Valores de gradiente hidráulica, cotas y altura para el buzón "B-101"* 93

Tabla 23 *Cuadro de Distancias Máximas según Diámetros*..... 96

Capítulo I. Introducción

1.1 Situación problemática

La disponibilidad de agua potable es y seguirá siendo una prioridad absoluta, ya que todos los seres humanos necesitan agua para mantener la vida y la salud.

El artículo 7 de la Constitución Política del Perú señala: Toda persona tiene derecho a la protección de su salud, la de su familia y la de la comunidad, y el deber de contribuir a su promoción y defensa. (Congreso de la República del Perú, 1993). Gestionar inversiones en proyectos que permitan el acceso a los servicios de agua potable y saneamiento, ejerciendo este derecho en beneficio de todos.

El propósito principal de esta tesis es identificar el problema y sus causas, los objetivos del proyecto, las posibles soluciones al problema y una evaluación de estas opciones.

Rodríguez (2001) menciona que la disponibilidad de agua para consumo y uso es crucial para prevenir la propagación de enfermedades gastrointestinales y advertir al público. Para garantizar y salvaguardar la disposición del agua en los sistemas, se deben aplicar tratamientos de potabilización al agua antes de su distribución al consumidor para hacerla apta para su consumo y uso.

Marianof (2001) menciona que, pese a todo este cuadro crítico, estas comunidades demuestran empeño en corregir su escenario, existiendo una fuerte demanda por la prestación de agua potable. Una de las pocas alternativas al alcance de estas comunidades consiste en que se "urbanicen", para constituir un grupo poblacional que les permita adecuarse a las ofertas tecnológicas de las instituciones y obtener servicios básicos como luz eléctrica o agua.

En 2008, Regal indica que el agua es buena para la digestión, pero es necesario que tenga en disolución unos gases y sales, por lo general los sulfatos y carbonatos. El problema es el exceso

de estas sustancias, que dejan de ser gratas al gusto y es peligroso para el organismo humano. Por lo tanto, para ser considerada potable, el agua debe ser clara, incolora, sin partículas en suspensión, inodora, fresca y bien aireada.

Vierendel (2009) comenta que el crecimiento de la población debe ajustarse y justificarse de acuerdo con las características de la localidad las circunstancias socioeconómicas y la tendencia de desarrollo. La población de cada fase de diseño debe armonizarse con la zonificación, la densidad de población y las iniciativas de desarrollo regional.

Oxfam (2021) nos menciona que entre siete y ocho millones de peruanos que no cuentan con agua potable. Perú es una de las veinte naciones con más recursos hídricos del mundo. Sin embargo, este tipo de recursos se distribuye de forma desigual en todo el territorio y puede que no se ubiquen en lugares de mayor demanda.

En el Perú, todavía hay de siete a ocho millones de peruanos sin agua potable, Lima es la ciudad más vulnerable: es la segunda capital del mundo en estar ubicada en el desierto, con una precipitación anual de solo 9 mm. El río Rímac es la principal fuente de agua y electricidad para la población de Lima y Callao, y también es la cuenca hidrográfica con peor degradación ambiental.

En Lima, por ejemplo, 1,5 millones de residentes carecen de acceso al agua potable y sistemas de alcantarillado. Los pueblos jóvenes y los pequeños asentamientos humanos carecen de servicios de agua y alcantarillado, creando un marcado contraste entre las zonas urbanas y las suburbanas.

Estos ciudadanos utilizan camiones cisterna para abastecerse de agua y los camiones cisterna les venden recursos a precios elevados, que, en comparación con las personas con conexiones familiares, pagan el doble.

Quienes no puedan acudir a sus hogares deben utilizar el agua de manera razonable, es decir, restringir la higiene personal, limpiar sus casas y ropa y su consumo.

El sistema de suministro de agua y el sistema de saneamiento están estrechamente relacionados. El riego suele ser problemático, debido en parte al envejecimiento de las infraestructuras y en parte a la insuficiente utilización por parte de la población.

Ante esta situación, un grupo de organizaciones ha tomado diversas medidas para proteger este recurso y preparar a las poblaciones más vulnerables para hacer frente al estrés hídrico que sufren, que puede agravarse como consecuencia de los desastres naturales.

Estos esfuerzos se reúnen en un ciberespacio denominado WASH.PE (Componentes de Promoción de Agua, Saneamiento y Depuración), en el que participan la Municipalidad Metropolitana de Lima, entidades públicas y privadas, y la sociedad civil, incluidas las ONG; reconociendo sus propias responsabilidades y capacidades institucionales, pretende especializarse en el trabajo de preparación y respuesta ante desastres para el agua, el saneamiento ambiental y la promoción del saneamiento en Lima.

1.2 Propósito del estudio

Las motivaciones para redactar el presente documento de tesis titulada: "Diseño Hidráulico del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado para la Asociación de Vivienda “Santa Rosa”- distrito de Ventanilla- Callao, usando los Programas Watercad y Sewercad ", son:

- Inexistencia del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado.
- Inapropiados hábitos y prácticas de higiene, en relación al uso del agua.

En la actualidad existen distintas formas de disposición de excretas en las viviendas, puesto que se construyen por esfuerzo propio de acuerdo a las posibilidades económicas de los pobladores, en consecuencia, se cuentan con algunas letrinas antiguas y pozos ciegos de diferente

estructura: unas son de esteras, otras con calaminas. Además, existen viviendas que no posee ningún sistema de saneamiento o eliminación de excretas y hacen sus necesidades en el campo abierto o al aire libre, lo que supone una amenaza para las personas, sobre todo para los jóvenes, que son más susceptibles de contraer trastornos infecciosos y/o dermatológicos.

La asociación de viviendas carece tanto de redes de suministro de agua potable como de un sistema de recogida de materia orgánica. Para reducir la incidencia de las enfermedades gastrointestinales causadas por la falta de servicios básicos, la máxima prioridad de la población es disponer de un servicio continuo y óptimo.

1.3 Unidades de estudio

Las habilitaciones intervenidas en el presente estudio son las que carecen de los servicios de agua potable y alcantarillado brindados por Sedapal (ver Anexo N°1).

La relación de habilitaciones beneficiadas se muestra a continuación:

Tabla 1

Identificación de unidades de uso en la asociación de vivienda Santa Rosa

Descripción de Lotes en Plano	Habilitación Santa Rosa
Área verde	8
Invasión	5
Social	3
Domestico	830
Comercial	10
Estatal	1
Multifamiliar	3
Total	860

Fuente: Plano de lotización de la asociación de vivienda Santa Rosa. 2018

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Problema General

¿En qué medida influye el diseño hidráulico con los softwares Watercad y Sewercad en un sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado para la Asociación de vivienda "Santa Rosa" – Distrito de Ventanilla-Callao?

1.4.2 Problemas específicos

- ✓ ¿Cuáles son los parámetros iniciales y cálculos previos para el diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado para la Asociación de vivienda Santa Rosa?
- ✓ ¿Cuáles son todos los parámetros hidráulicos a usar en el programa Watercad para las redes de agua potable de la Asociación de vivienda Santa Rosa, de acuerdo con la Norma para Redes de Distribución de Agua para Consumo Humano (OS.050)?
- ✓ ¿Cómo diseñar con el programa Sewercad todos los parámetros hidráulicos para las redes de alcantarillado sanitario de la Asociación de vivienda Santa Rosa, de acuerdo con la Norma para Redes de Aguas Residuales (OS.070)?
- ✓ ¿Cómo elaborar los planos con la propuesta del diseño hidráulico para redes de agua potable y alcantarillado sanitario para la Asociación de vivienda Santa Rosa?

1.5 Justificación

- ✓ **Justificación teórica:**

El presente trabajo e investigación está orientado al diseño hidráulico de sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario, haciendo uso de los programas Watercad y Sewercad.

Software empleado para el diseño hidráulico del Sistema de Agua Potable: El modelamiento hidráulico se ha desarrollado en el programa Watercad v 8i.

Este software aprovecha la continuidad de la teoría de la masa y la energía. Las ecuaciones utilizan un método eficaz para liberalizar los términos no lineales y un algoritmo eficiente para calcular las matrices. Este método acomoda eficientemente las líneas cerradas, las válvulas reguladoras de presión, las válvulas de retención, los componentes con menor caída de presión, las bombas y los suministros múltiples. (Guía para el diseño de redes de distribución en WaterCad, 2015)

Software empleado para el diseño hidráulico del Sistema de Alcantarillado: La metodología que se está siguiendo para evaluar el sistema existente de alcantarillado a través del modelamiento hidráulico es a través del programa Sewercad v 8i, utilizándose el modelo matemático Implicit, basado en una solución implícita que ha demostrado una mayor estabilidad numérica en una serie de escenarios, incluyendo relieves y estructuras de control, condiciones forzadas, flujo inverso, etc.

Siendo un modelo de flujo completamente dinámico y no permanente para el análisis de Sistemas de Drenaje Sanitario, Pluvial y/o Urbano Combinado. (Guía para el diseño de redes de Alcantarillado sanitario en SewerCAD, 2015)

- ✓ **Justificación practica:**

Esta investigación será valiosa para futuros estudios e investigaciones, ya que proporciona una orientación procedimental y metodológica y una base teórica para futuros estudios.

- ✓ **Justificación por conveniencia:**

Esta investigación es conveniente porque proporciona una alternativa de solución a la asociación de viviendas Santa Rosa ante el problema de desabastecimiento de agua potable y

alcantarillado. Ya que el periodo de elaboración de un estudio de expediente técnico puede durar varios años, debido a que se realizan en grupos de varios sectores.

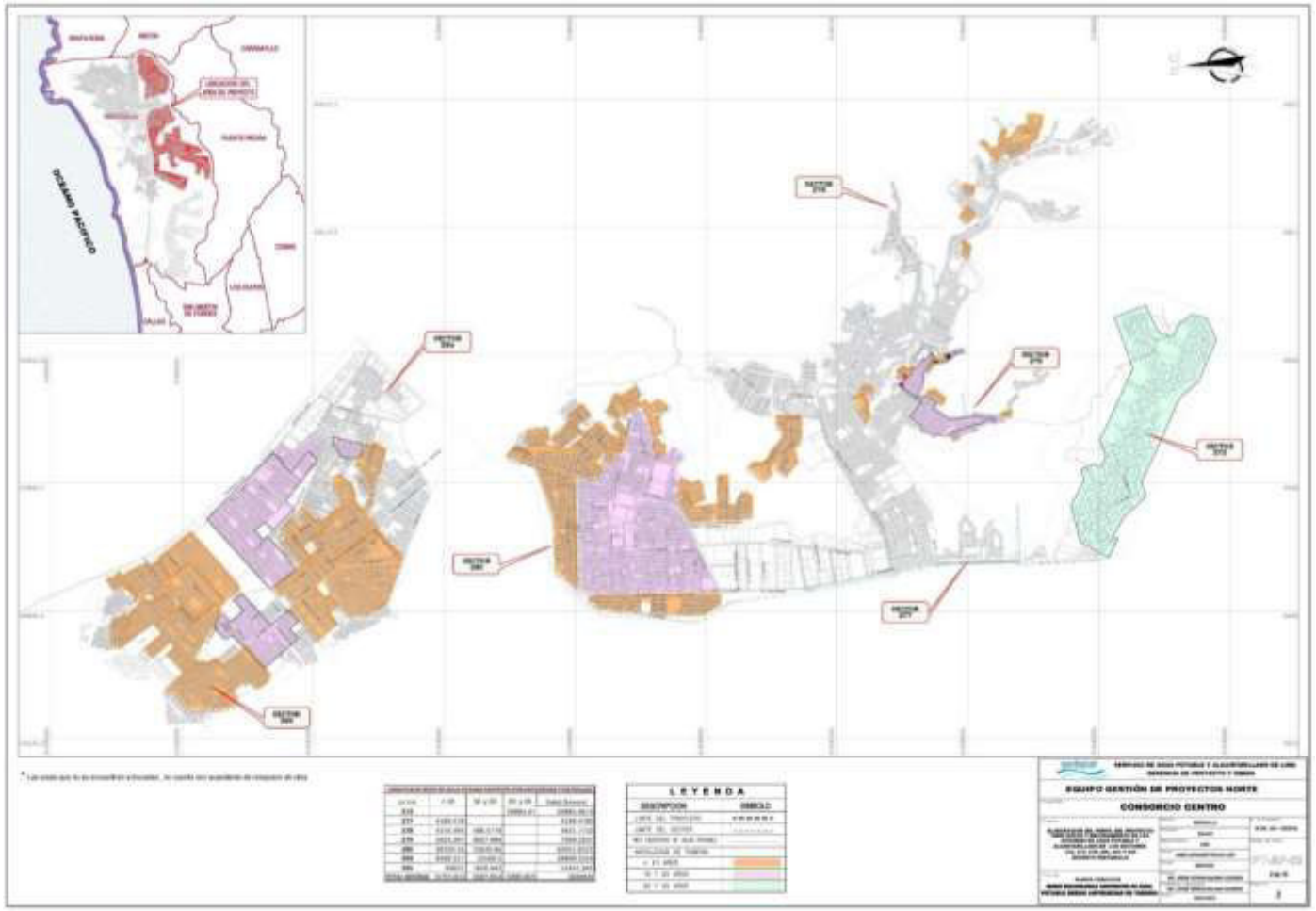
- ✓ **Justificación social:**

Actualmente la población de la asociación de vivienda "Santa Rosa"- distrito de Ventanilla-Callao, no cuenta con los servicios básicos de agua potable y alcantarillado sanitario, ver Figuras 3, 4, 5, 6, 7 y 8. Lo que se busca es que en un futuro la asociación de vivienda Santa Rosa se pueda beneficiar y pueda mejorar las condiciones de vida, reduciendo los problemas de salubridad.

Existen estudios previos sobre la zona de estudio, donde se observa la ausencia de redes y conexiones de agua potable y alcantarillado. Uno de ellos es el estudio de pre inversión a nivel de perfil del proyecto: "Ampliación y Mejoramiento de los Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de los Sectores 273, 277, 278, 279, 280, 394 y 395 – Distrito de Ventanilla", ver Figuras 1 y 2.

Figura 1

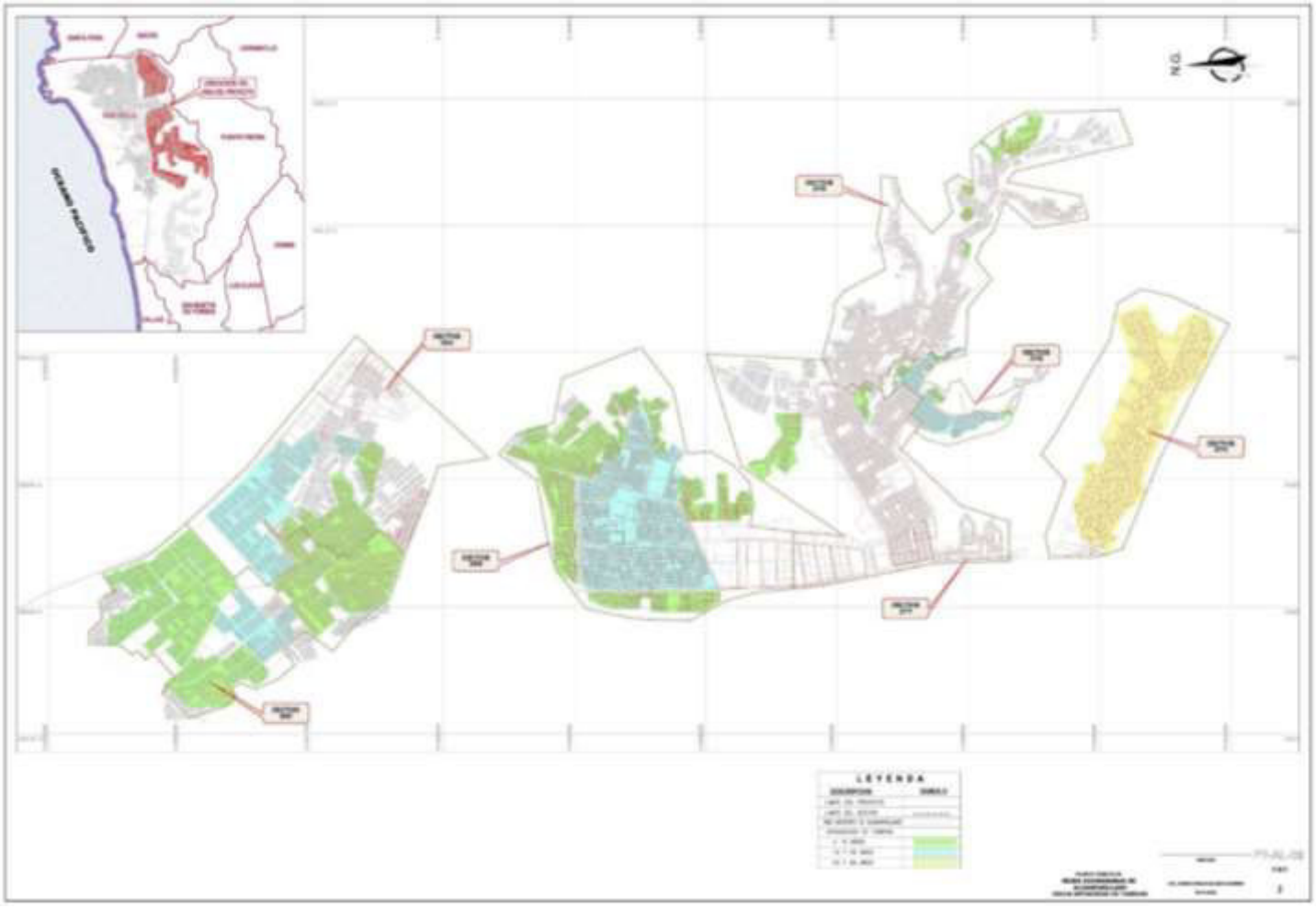
Plano temático de redes existentes de Agua Potable en el área de estudio.



Fuente: Ampliación y Mejoramiento de los Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de los Sectores 273, 277, 278, 279, 280, 394 y 395 – Distrito de Ventanilla

Figura 2

Plano temático de redes existentes de Alcantarillado en el área de estudio.



Fuente: Ampliación y Mejoramiento de los Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de los Sectores 273, 277, 278, 279, 280, 394 y 395 – Distrito de Ventanilla

Figura 3

Avenida Héroe de la Guerra del Pacifico con calle Diego Ferrer, sin presencia de redes de abastecimiento de agua potable y alcantarillado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4

Avenida Héroe de la Guerra del Pacifico con calle José Baquijano, sin presencia de redes de abastecimiento de agua potable y alcantarillado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5

Avenida Héroe de la Guerra del Pacifico con calle Enrique Palacios, sin presencia de redes de abastecimiento de agua potable y alcantarillado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 6

Avenida Héroe de la Guerra del Pacifico con calle M. Rodríguez, sin presencia de redes de abastecimiento de agua potable y alcantarillado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 7

Avenida Héroe de la Guerra del Pacifico con calle M. Rodríguez, sin presencia de redes de abastecimiento de agua potable y alcantarillado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 8

Avenida Héroe de la Guerra del Pacifico, sin presencia de redes de abastecimiento de agua potable y alcantarillado.



Fuente: Elaboración propia

1.6 Limitaciones

La presente investigación no presenta limitaciones.

1.7 Definición de términos

Para comprender mejor la metodología y la progresión de esta investigación, es necesario identificar algunas ideas fundamentales:

- IGN: Instituto Geográfico Nacional.

- SEDAPAL: Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima.

- SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.

- ANA: Autoridad Nacional del Agua.

- IGN: Instituto Geográfico Nacional.

1.8 Objetivos

1.8.1 Objetivo general

Realizar el diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado para la Asociación de vivienda "Santa Rosa"- distrito de Ventanilla- Callao, usando los programas Watercad y Sewercad.

1.8.1 Objetivos específicos

- ✓ Identificación de los parámetros iniciales y cálculos previos para el diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado para la Asociación de vivienda Santa Rosa.

- ✓ Diseñar con el programa Watercad todos los parámetros hidráulicos para las redes de agua potable de la Asociación de vivienda Santa Rosa, de acuerdo con la Norma para Redes de Distribución de Agua para Consumo Humano (OS.050).
- ✓ Diseñar con el programa Sewercad todos los parámetros hidráulicos para las redes de alcantarillado sanitario de la Asociación de vivienda Santa Rosa, de acuerdo con la Norma para Redes de Aguas Residuales (OS.070).
- ✓ Elaboración de planos con la propuesta del diseño hidráulico para redes de agua potable y alcantarillado sanitario para la Asociación de vivienda Santa Rosa.

1.9 Hipótesis

1.9.1 Hipótesis general

Se realizó el diseño hidráulico con los programas Watercad y Sewercad del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado para la Asociación de vivienda "Santa Rosa"- distrito de Ventanilla- Callao.

1.9.2 Hipótesis específicas

- ✓ Se identificaron los parámetros iniciales y cálculos previos para el diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado para la Asociación de vivienda Santa Rosa.
- ✓ Con el programa Watercad se diseñaron todos los parámetros hidráulicos para las redes de agua potable de la Asociación de vivienda Santa Rosa, de acuerdo con la Norma para Redes de Distribución de Agua para Consumo Humano (OS.050).
- ✓ Con el programa Sewercad se diseñaron todos los parámetros hidráulicos para las redes de alcantarillado sanitario de la Asociación de vivienda Santa Rosa, de acuerdo con la Norma para Redes de Aguas Residuales (OS.070).

- ✓ Se elaboraron los planos con la propuesta del diseño hidráulico para redes de agua potable y alcantarillado sanitario para la Asociación de vivienda Santa Rosa.

Capítulo II. Marco Teórico

2.1 Antecedentes

2.1.1 Internacionales

Masiel R. y Jhon F. (2014) en su investigación afirman que la herramienta EPA SWMM tiene un potente algoritmo de cálculo que permite modelar alcantarillas de cualquier tamaño o forma. El programa modela y evalúa las alcantarillas, pero no proporciona recomendaciones sobre la pendiente, los diámetros o las longitudes óptimas de las secciones. Para mejorar u optimizar la alcantarilla, se realizan métodos como el de prueba y error a discreción del diseñador, de acuerdo con las normas técnicas aplicables, con el fin de crear circunstancias óptimas para el buen funcionamiento de la alcantarilla.

Hugo Bartolín (2013) en su investigación, explica que la versión básica de GISRed emula gran parte de la funcionalidad de EPANET 2 en el entorno SIG y proporciona una serie de herramientas que subsanan las deficiencias de EPANET en cuanto a la entrada y manipulación de los datos del modelo de red, ofreciendo múltiples soluciones para la carga y edición de datos, así como para el uso de los resultados de la simulación del modelo de red.

Víctor Alcocer (2007) en su investigación menciona que actualmente los modelos de simulación ofrecen grandes ventajas computacionales, sin embargo, presentan dos limitantes: 1) Ningún modelo comercial incluye un enfoque realista de la demanda (estocástico), 2) Todos simulan la calidad del agua omitiendo el término dispersivo incluido en la ecuación transporte. También comenta que, para 2088 nodos y 3014 tramos de tuberías, las series de consumo para cada uno de los nodos sería necesario emplear el modelo PRP, por lo que el proceso resultaría laborioso para implementarlo.

2.1.2 Nacionales

Francesca J. y Kildare S. (2014) en su investigación desarrolla el diseño hidráulico en plantillas de Excel, lo cual hace complejo el cálculo ya que tenemos que introducir cotas del terreno, longitud de tuberías y pendientes. Estas tareas se realizan de manera rápida con los programas Watercad y Sewercad, ya que nos permite trabajar directamente con las curvas de nivel del terreno, sin importar el área de superficie o la magnitud del proyecto.

Judith H. y Oscar L. (2018) en su investigación mencionan que Python es un lenguaje de programación muy conocido, a comparación de otros lenguajes cuyas funciones para cada comando ya están definidas. También menciona la complejidad del software Python, lo cual trajo consigo obstáculos en la programación, por tal motivo el autor recomienda a los ingenieros reforzar los cocimientos de programación.

Oscar Olivari (2008) en su investigación, señala que el programa Watercad era más que adecuado debido a su manejo flexible, edición y análisis rápidos del proceso de simulación hidráulica, que es bastante más completo que Epanet. Además, señala que Sewercad era un programa excelente porque analiza eficazmente las redes de alcantarillado y ofrece alternativas viables para el proyecto.

2.2 Bases Teóricas

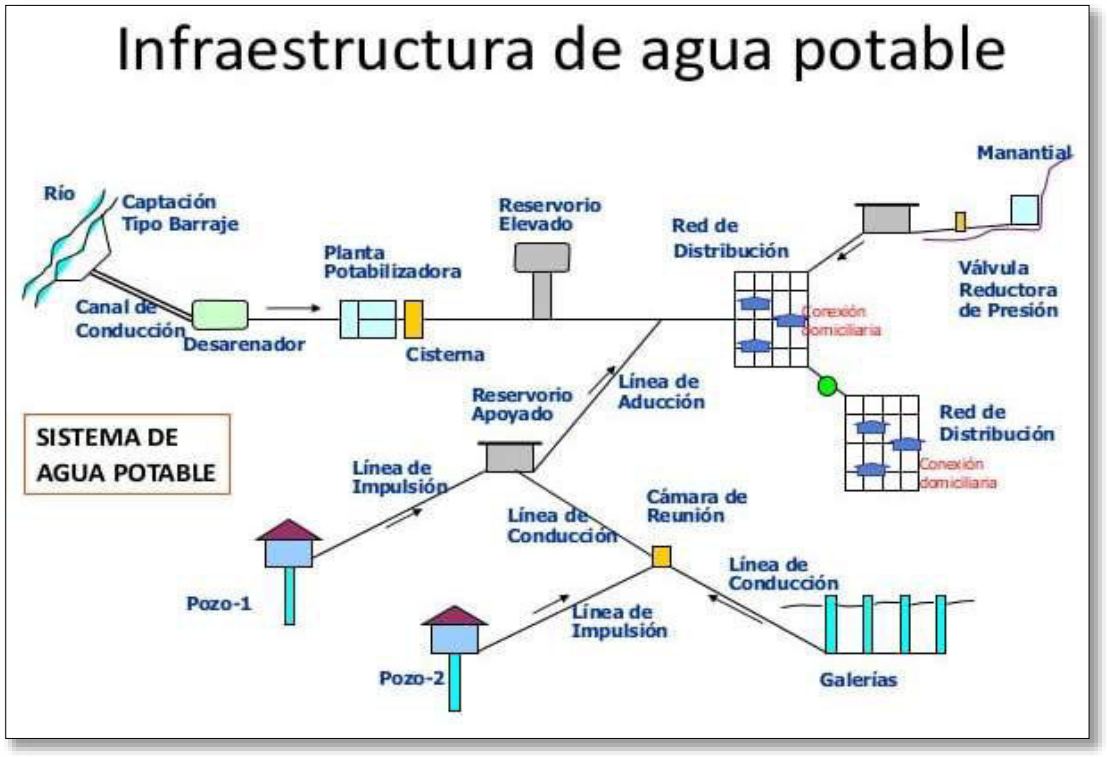
2.2.1 Descripción básica de un sistema de agua potable

- ✓ **Línea de Conducción:** Son elementos y estructuras que tienen conexión de las captaciones con los reservorios, independientemente de que el agua pase por plantas de tratamiento.

- ✓ **Línea de Aducción:** Son elementos y estructuras que tienen conexión del reservorio con la red de distribución.
- ✓ **Reservorio:** Infraestructura que se destina a acumular agua para el consumo humano, comercial, estatal y social. Estos reservorios pueden ser de regulación, de reserva, de mantenimiento de presión o una combinación de ellas.
- ✓ **Redes de Distribución:** Red de tuberías principales y ramales de distribución que suministran agua potable a los hogares.
- ✓ **Válvula de Purga:** En los puntos más bajos de una red o tubería se instala una válvula para evitar la acumulación de sedimentos y permitir el vaciado de la tubería.
- ✓ **Zonas de Presión:** Las zonas de presión son áreas del sistema definidas por cotas absolutas entre un límite inferior y un límite superior donde la presión de servicio no supera la presión nominal de la tubería (50 mca).

Figura 9

Componentes del sistema de Agua Potable.



Fuente: Google

2.2.2 Análisis de redes malladas de tuberías

- ✓ **Balance de Ecuación de Circuito: Método de Hardy Cross**

(Valdivia, 2018) menciona que el método fue desarrollado por el ingeniero norteamericano Hardy Cross. El método se basa en la suposición y posterior corrección de los caudales en cada una de las tuberías de la red. Como se conocen todas las características de las tuberías (d, Ks, ∑Km, l), el método es un procedimiento de verificación aproximada del diseño. La corrección de los caudales en cada ciclo de cálculo se realiza de la siguiente manera: Primero se supone un error ΔQi en el circuito i. Por ende, para este tubo las pérdidas reales son:

Se sabe que la fórmula de corrección de gastos de Hardy Cross es:

$$\Delta Q = -\frac{\sum k|Q|LQ}{2\sum K|Q|L} \qquad (1)$$

Donde:

ΔQ = Corrección que se debe hacer al gasto del tramo.

$\sum K|Q|LQ$ = Suma de las pérdidas por fricción en el circuito

Q = Gasto en el tramo, positivo a favor del giro de las manecillas del reloj, (en adelante, a favor del circuito) y negativo en contra.

L = Longitud del tramo.

$|Q|$ = Valor absoluto del gasto en el tramo.

K = Constante que incluye el coeficiente de pérdida por fricción (Darcy-Weisbach o Manning) y el diámetro de la tubería.

$$K = \frac{f}{12.1\,D^5} \quad \text{(Darcy–Weisbach)} \qquad (2)$$

$$K = \frac{10.29\,n^2}{D^{16/3}} \quad \text{(Manning)} \qquad (3)$$

Siguiendo la metodología aplicada en 1984 y 1989 (Vázquez, 1984 y Vázquez y Ojeda, 1989), el autor demostró que existe una opción económica si la red se diseña de forma que el producto permanezca constante en cada sección. La ecuación (1) y la aplicación del método simplificado de Hardy Cross proporcionan una opción adicional que, en comparación con los diseños producidos por los artículos de referencia, da lugar a diseños más deseables. Por consiguiente, el criterio de diseño económico está implícito en esta metodología.

Entonces, si K $|Q|$ es constante en cada tramo, la ecuación (1) se escribe

$$\Delta Q = -\frac{K|Q|\sum LQ}{2K|Q|\sum L}$$

y al simplificarse, se obtiene

$$\Delta Q = -\frac{\sum LQ}{2\sum L} \qquad (4)$$

En otras palabras, antes de determinar el tamaño de las tuberías, se puede utilizar el método de Hardy Cross para evaluar los gastos de las partes de la red cerrada. Y una vez conocidos estos gastos, se pueden diseñar las tuberías si se incluye como dato la suma de las pérdidas por fricción a favor del circuito (o en contra, los resultados son los mismos) en el circuito exterior, ya que representa las pérdidas totales en el circuito exterior, a partir de las cuales se calculan estos gastos:

$$\sum he \sum K|Q|LQ \qquad (5)$$

$$K|Q| = \frac{\sum he}{\sum LQ} = C \qquad (6)$$

Siendo K |Q| constante en cada tramo, se despeja

$$K = \frac{C}{|Q|} \qquad (7)$$

Para calcular los diámetros teóricos en los tramos se requieren las siguientes ecuaciones

$$D = \left(\frac{f}{12.1K}\right)^{1/5} \quad \text{(Darcy–Weisbach)} \qquad (8)$$

$$D = \left(\frac{10.29n^2}{K}\right)^{3/16} \qquad (9)$$

Para concluir, se sabe que estos diámetros teóricos son aproximados respecto a los diámetros comerciales

2.2.3 Parámetros de diseño

- ✓ **Población de Diseño:** Cantidad de población prevista al final del período de diseño.
- ✓ **Población actual y Tasa de crecimiento:** En función a la Población INEI y Tasas de Crecimiento.
- ✓ **Periodo de Diseño:** El periodo de tiempo durante el cual la infraestructura debe funcionar adecuadamente. Se determinará de acuerdo con la normativa vigente de las autoridades reguladoras del sector.

- ✓ **Caudal Promedio Diario Anual:** Estimación del caudal de agua que se consume en promedio, un habitante durante un año.

2.2.4 Descripción básica de un sistema de alcantarillado

El sistema de alcantarillado consiste en una red de tuberías subterráneas cuyo objetivo es eliminar las sustancias no deseadas que pueden ser transportadas o arrastradas por el agua mediante el transporte hidráulico. Estos sistemas funcionan en condiciones de flujo no uniforme que varía gradualmente o por gravedad.

Pueden ser de dos tipos:

- ✓ **Desagües Sanitario:** Se emplean para eliminar los residuos domésticos e industriales y la basura.
- ✓ **Desagües Pluviales:** Se utilizan para eliminar el agua de las precipitaciones.

2.2.5 Partes de un Sistema de Alcantarillado

- ✓ **Red colectora:** El sistema de alcantarillado se conecta directamente a la red a través de un conducto conocido como conexión domiciliaria. El sistema de alcantarillado se compone de colectores secundarios que aceptan directamente las conexiones domiciliarias. Un colector principal es el colector troncal de la cuenca de drenaje que toma las aguas residuales de los alcantarillados secundarios y las transporta a un emisor.
- ✓ **Interceptor:** Tubería que admite colectores, pero no conexiones directas con la propiedad en todo su recorrido o longitud.
- ✓ **Emisor:** Tuberías diseñadas para transportar las aguas residuales hasta una estación de tratamiento y/o vertido sin recibir aportaciones continuas.

- ✓ **Cuerpo de agua receptor:** Cuerpo de agua donde son vertidos los desagües.

Figura 10

Componentes del sistema de Alcantarillado Sanitario.



Fuente: Google

2.2.6 Normas Para proyectos de sistemas de desagües sanitarios

Reglamento Nacional de Edificaciones

Plantas de Tratamiento de Agua para Consumo Humano (Norma OS.020)

Almacenamiento de Agua para Consumo Humano (Norma OS.030)

Redes de Distribución de Agua para Consumo Humano (Norma OS.050)

Redes de Aguas Residuales (Norma OS.070)

Estaciones de Bombeo de Aguas Residuales (Norma OS.080)

Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (Norma OS.090)

Consideraciones Básicas de Diseño de Infraestructura Sanitaria (Norma OS.100)

2.2.7 Consideraciones del reglamento de edificaciones

- ✓ **Caudal mínimo**

El caudal mínimo para cualquier tramo debe ser de 1,5 l/s cuando se disponga de datos estadísticamente válidos procedentes de investigaciones o ensayos.

- ✓ **Caudal de infiltración**

No es posible evitar la infiltración de aguas subterráneas principalmente freáticas a través de grietas en los colectores, juntas mal terminadas, la conexión de los colectores con las cámaras de inspección o en cámaras que permiten la infiltración de agua.

- ✓ **Caudal de conexiones erradas**

En los caudales de aguas residuales, hay que tener en cuenta los caudales de aguas pluviales procedentes de conexiones defectuosas o inadecuadas, lo que requiere un coeficiente de seguridad del 5 al 10 por ciento del caudal máximo de aguas residuales previsto.

- ✓ **Caudal de diseño**

El caudal de diseño es el caudal máximo de las alcantarillas con un control adecuado en las conexiones domiciliarias. Por lo tanto, el caudal de diseño se establece de la siguiente manera:

$$Q_d = Q_{max} + Q_i + Q_e \qquad (10)$$

- ✓ **Criterios de diseño**

Guía de opciones tecnológicas de MVCS. La eliminación continua de sedimentos de los colectores es costosa y puede dar lugar a problemas en ausencia de mantenimiento. Por lo tanto, se recomienda utilizar siempre pendientes que den lugar a velocidades de autolimpieza en condiciones de flujo críticas, incluso cuando el aumento del costo de construcción de pendientes más pronunciadas dé lugar a costos fijos mayores que el costo adicional de mantenimiento de los colectores si se hubieran construido con pendientes menores.

Existen 2 criterios importantes para el diseño de sistemas de alcantarillado:

- Criterio de la velocidad.

- Criterio de la fuerza tractiva.

✓ **Diámetro mínimo**

El diámetro mínimo no debe ser menor a 100 mm.

✓ **Pendiente mínima**

Calculada para el caudal inicial, la pendiente mínima que debe adoptarse debe proporcionar una tensión media de tracción mínima de 1 Pa. La ecuación identifica la pendiente que satisface esta condición:

$$l_{o\,min} = 0.0055 * {Q_i}^{-0.47} \qquad (11)$$

Donde:

$l_{o\,min}$= Pendiente en m/m.

Q_i= Caudal al inicio del plan en l/s.

Cada tramo debe cumplir el criterio de una tensión media de tracción de al menos 1 Pa, calculada para el caudal inicial y correspondiente a un valor del coeficiente de Manning de n=0.013.

✓ **Pendiente Máxima**

La pendiente máxima permitida corresponde a Vf = 5 metros por segundo. Cuando la velocidad final supera la velocidad crítica (Vc), la altura máxima admisible de la lámina de agua no debe superar el cincuenta por ciento del diámetro del colector para proporcionar una ventilación adecuada. La velocidad crítica se define mediante la siguiente ecuación:

$$V_c = 6\sqrt{g * R_h} \qquad (12)$$

Donde:

g= Aceleración de la gravedad (m/s^2)

R_h= Radio Hidráulico (m)

- ✓ **Condiciones para el dimensionamiento**
  - En cualquier tramo, el caudal mínimo a considerar debe ser de 1,5 l/s.
  - El diámetro mínimo debe ser de al menos 100 milímetros
  - La pendiente mínima: $l_{o\,min} = 0.0055 * Q_i^{-0.47}$
  - La pendiente máxima permitida corresponde a la velocidad final:

    $V_f = 5\ m/s$
  - Cuando la velocidad final supera la velocidad crítica (Vc), la altura máxima permitida de la lámina de agua no debe superar el cincuenta por ciento del diámetro del colector para garantizar una ventilación adecuada del tramo.
  - Para proteger las tuberías de las presiones de abombamiento causadas por los efectos de la carga viva, deben enterrarse a una profundidad que satisfaga un criterio estructural mínimo.

- ✓ **Condiciones para el diseño de la red colectora**

Según (JM Azevedo Netto) Deben cumplirse ciertos criterios y condiciones para el dimensionamiento de las tuberías de la red colectora para facilitar el funcionamiento y el mantenimiento de la red (por razones operativas), entre ellos:

- ✓ **Cámaras de inspección**

Los buzones y buzonetas de inspección pueden servir como cámaras de inspección.

Cuando la profundidad sea inferior a un metro por encima de la clave de la tubería, las cámaras de inspección se instalarán en vías peatonales.

Deben estar diseñadas para colectores con un diámetro máximo de 200 milímetros.

Cuando la profundidad sea superior a 1,00 m por encima de la clave de la tubería, se utilizarán buzones de inspección.

Las cámaras de inspección se instalarán allí donde sean necesarias para la inspección y la limpieza.

2.2.8 Programas para el diseño de redes de distribución de abastecimiento de agua y alcantarillado

Solo algunos de los programas utilizados para el cálculo de redes de distribución de agua potable especifican en esta parte. En el país los primeros programas fueron: Programa Sin Nombre, cuyo autor fue el Ing. Carlos Ruiz Altuna (Ingeniero Boliviano docente de la UNI), desarrollado aproximadamente en 1970 en Fortran IV, el programa y los datos del sistema se consignaban en tarjetas y se procesaba en el primer ordenador que llegó al Perú. Resolvía las redes para la condición estática y utilizaba el método de Hardy Cross con balance de caudales. Programa Sin Nombre, cuyo autor desconozco publicado en la revista Yacu de SENAPA aproximadamente en 1982, desarrollado en Basic. En el programa se ingresaba los datos digitalmente y utilizaba las primeras computadoras personales. Resolvía las redes para la condición estática y utilizaba el método de Hardy Cross con balance de caudales

2.2.9 Watercad

Este es un programa bastante poderoso y amigable. Las simulaciones hidráulicas pueden realizarse en estado estático (análisis en condiciones de flujo uniforme en estado estacionario) o en intervalos de tiempo prolongados (EPS). Mediante el análisis de la descomposición de sustancias conservadoras y no conservadoras, como el cloro y otros productos químicos, es posible realizar investigaciones. Además, puede determinar los tiempos de retención y las edades del agua

en cada una de las salidas de la red y los orígenes del agua de cada fuente para cada uno de los nodos.

Con este software pueden modelarse distintos componentes hidráulicos habituales de las redes de distribución, como válvulas de regulación, estación de bombeo y controladores automáticos sensibles a la presión o el caudal. También es posible evaluar la respuesta de la red a las demandas variables, la calidad variable del agua y las condiciones de emergencia, como un incendio o un racionamiento, utilizando diferentes escenarios. El ingreso de datos es sencillo y flexible, se ingresan en ventanas de WINDOWS. Los nodos pueden ingresar a través de coordenadas en forma directa; igualmente las longitudes de las tuberías. WATERCAD permite la importación de planos base con formato dxf que pueden servir como fondo (o tapiz) del trazado de la red. El programa permite exportar la red y sus resultados en archivos con extensión dxf, genera tablas de resultados que pueden ser personalizados y modificadas según lo que requiere el usuario. El programa utiliza las ecuaciones de Hazen y Williams, la ecuación de Darcy Weisbach, y la ecuación de Colebrooke-White. Además, WATERCAD permite el uso de la ecuación de Manning y emplea el método de la teoría lineal para la solución matemática de la red.

2.2.10 Sewercad

Sewercad utiliza un algoritmo de cálculo de Flujo Gradualmente Variado (GVF), este es un programa para el análisis y diseño de sistemas de drenaje urbano, con un enfoque en Sistemas Sanitarios. Esto significa que el motor de cálculo realiza un análisis de la línea de energía del fluido utilizando el método estándar y teniendo en cuenta las condiciones del flujo (subcrítico, crítico o supercrítico).

Sewercad permite a los usuarios realizar análisis estáticos o cuasi-estáticos (Periodo Extendido). Durante una simulación de Período Extendido, las cargas sanitarias que varían en el

tiempo o los hidrogramas de flujo entrante (que también pueden introducirse directamente) se enrutan a través del sistema de alcantarillado por gravedad para tener en cuenta el tiempo de tránsito del agua debido a la traslación y otras influencias. Sewercad emplea un método conocido como Enrutamiento Convexo, el programa analiza el caudal de cada sección para cada paso de tiempo o fase de cálculo hidráulico en función del caudal de entrada y salida del paso de cálculo anterior.

Sewercad también ofrece la opción de ejecutar un diseño automatizado (optimización del diámetro) de la red en función de factores como el % de capacidad de la tubería, los rangos de velocidad mínima y máxima, la pendiente y la cobertura del colector.

Sewercad también es compatible con MicroStation, AutoCAD y una interfaz independiente conocida como Standalone. Además, Sewercad permite investigar sistemas de gravedad y sistemas híbridos de presión-gravedad.

Capítulo III. Metodología

3.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación es descriptiva, explicativa, no experimental y cuantitativa, ya que el diseño hidráulico de redes de abastecimiento de agua potable y alcantarillado se ha desarrollado con la observación y análisis de los resultados obtenidos por formulas, estadísticas y los programas Watercad v 8i y Sewercad v 8i, donde ninguna de las variables que forman parte del estudio está siendo influenciada.

3.2 Población y muestra

La población está conformada por todas las asociaciones de vivienda que no cuenten con servicios básicos de agua potable y alcantarillado sanitario, pertenecientes a la ciudad de Lima.

La muestra estará conformada por la Asociación de vivienda Santa Rosa perteneciente al distrito de Ventanilla- Callao.

3.3 Técnicas e instrumentos

Se procesó los datos mediante tablas y cuadros estadísticos utilizando los programas Excel y Civil 3D para generar la superficie de la zona de estudio.

Para la fase de diseño se considerarán los criterios del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), las Normas OS.020, 0.30, 0.50, 0.70, 0.80, 0.90, 100 y la guía de opciones tecnológicas para el ámbito urbano. Ver ítem 1.6.6.

Con el resultado de los datos procesados podremos realizar una simulación hidráulica de las redes de agua potable y alcantarillado existente, y poder proponer un diseño acorde a la necesidad de la población, teniendo en consideración la aplicación del software Watercad v 8i y Sewercad v 8i.

3.4 Metodología para el desarrollo de la propuesta del diseño hidráulico del sistema de agua potable y alcantarillado

3.4.1 Recolección de datos

Se recolecto información sobre el área de estudio de entidades tales como Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL), Municipalidad Distrital de Ventanilla, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), Autoridad Nacional del Agua (ANA) y el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Se realizó visitas de campo al área de estudio para la toma de imágenes fotográficas, y entrevistas a los pobladores del área de estudio y a las autoridades locales para conocer la problemática del abastecimiento de agua potable y red de alcantarillado, así como se está evacuando las excretas en situación actual y futura.

3.4.2 Definición de parámetros de diseño

Determinación de los parámetros de diseño, cálculo de la tasa de crecimiento de la población, propuesta metodológica para asignación de caudales, simulación hidráulica para redes de agua potable, esquematización y análisis de flujo para redes de alcantarillado proyectado.

3.4.3 Modelamiento de redes de agua potable y alcantarillado

Para el modelamiento se deberá importar el plano de trazo de redes desde AutoCAD, indicando la denotación de nodos y tuberías, así mismo debemos realizar paralelamente un cálculo manual para determinar los caudales de salida o de nodo, de esta manera poder ingresar juntamente con las cotas de cada nodo, este último será verificado con los puntos geodésicos de cada nudo y elevaciones, asignar el elemento tanque, elemento nudo y elemento tubería para el dibujo.

Para poder ingresar al software establecemos los siguientes objetivos:

- Dibujar un modelo.

- Usar adecuadamente los reportes tabulares (FlexTables).
- Configurar la asignación de cargas sanitarias y usar el centro de control de cargas unitarias.
- Aplicar los factores de mayoración de caudal (Extreme Flow Factors).
- Crear y configurar escenarios.
- Crear y visualizar perfiles.
- Aplicar las herramientas de codificación por color y de anotaciones.

3.4.4 Análisis de los resultados del modelamiento hidráulico

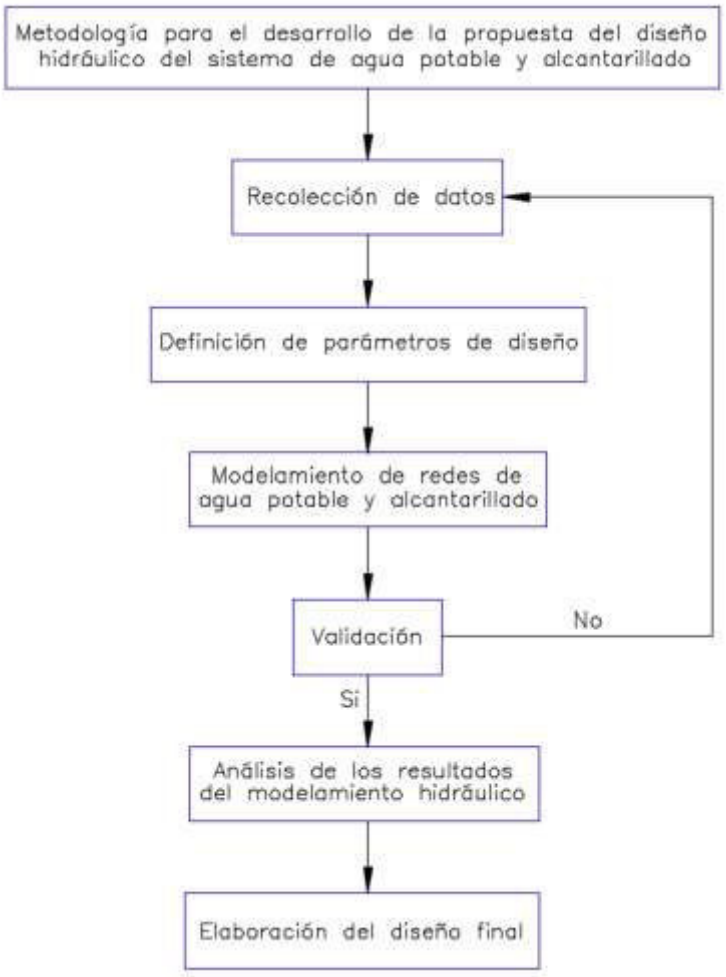
En esta etapa, hacemos el análisis y verificación hidráulica para el sistema de agua potable (revisión de caudales, velocidades mínimas, diámetro interior y presiones) y alcantarillado (caudales, velocidades, pendientes, tensiones tractivas y régimen hidráulico).

3.4.5 Elaboración del diseño final

Comprende la elaboración de planos de las infraestructuras hidráulicas del proyecto.

Figura 11

Diagrama procesos para el modelamiento hidráulico.



Fuente: Elaboración propia

3.5 Aspectos éticos

La presente investigación se basa en principios éticos, se tiene en cuenta el conocimiento previo sobre el área a intervenir en el desarrollo de la tesis, considerando todos los aspectos establecidos al respecto.

El desarrollo de la investigación se considerará la veracidad de los resultados, respeto a la propiedad intelectual, respeto por las personas, beneficencia, justicia, garantizar la transparencia de la investigación y promover la investigación.

Tabla 2
Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	METODOLOGIA
Problema general ¿En qué medida influye el diseño hidráulico con los softwares Watercad y Sewercad en un sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado para la Asociación de vivienda Santa Rosa – Distrito de Ventanilla-Callao? **Problemas específicos** **-** ¿Cuáles son los parámetros iniciales y cálculos previos para el diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado para la Asociación de vivienda Santa Rosa? - ¿Cuáles son todos los parámetros hidráulicos a usar en el programa Watercad para las redes de agua potable de la Asociación de vivienda Santa Rosa, de acuerdo con la Norma para	**Objetivo general** Realizar el diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado para la Asociación de vivienda Santa Rosa- distrito de Ventanilla-Callao, usando los programas Watercad y Sewercad. **Objetivos específicos** - Identificación de los parámetros iniciales y cálculos previos para el diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado para la Asociación de vivienda Santa Rosa. - Diseñar con el programa Watercad todos los parámetros hidráulicos para las redes de agua potable de la Asociación de vivienda Santa Rosa, de acuerdo	**Hipótesis general** Se realizó el diseño hidráulico con los programas Watercad y Sewercad del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado para la Asociación de vivienda Santa Rosa- distrito de Ventanilla- Callao. **Hipótesis específicas** - Se identificaron los parámetros iniciales y cálculos previos para el diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado para la Asociación de vivienda Santa Rosa. - Con el programa Watercad se diseñaron todos los parámetros hidráulicos para las redes de agua potable de la Asociación de vivienda Santa Rosa, de acuerdo con la Norma para Redes de Distribución de Agua para Consumo Humano (OS.050).	El tipo de investigación en la presente tesis es descriptiva, explicativa, no experimental, cuantitativa, ya que el diseño hidráulico de redes de abastecimiento de agua potable y alcantarillado se ha desarrollado con la observación y análisis de los resultados obtenidos por los programas Watercad y Sewercad, donde ninguna de las variables que forman parte del estudio está siendo influenciada.

Redes de Distribución de Agua para Consumo Humano (OS.050)? - ¿Cómo diseñar con el programa Sewercad todos los parámetros hidráulicos para las redes de alcantarillado sanitario de la Asociación de vivienda Santa Rosa, de acuerdo con la Norma para Redes de Aguas Residuales (OS.070)? - ¿Cómo elaborar los planos con la propuesta del diseño hidráulico para redes de agua potable y alcantarillado sanitario para la Asociación de vivienda Santa Rosa?	con la Norma para Redes de Distribución de Agua para Consumo Humano (OS.050). - Diseñar con el programa Sewercad todos los parámetros hidráulicos para las redes de alcantarillado sanitario de la Asociación de vivienda Santa Rosa, de acuerdo con la Norma para Redes de Aguas Residuales (OS.070). - Elaboración de planos con la propuesta del diseño hidráulico para redes de agua potable y alcantarillado sanitario para la Asociación de vivienda Santa Rosa.	- Con el programa Sewercad se diseñaron todos los parámetros hidráulicos para las redes de alcantarillado sanitario de la Asociación de vivienda Santa Rosa, de acuerdo con la Norma para Redes de Aguas Residuales (OS.070). - Se elaboraron los planos con la propuesta del diseño hidráulico para redes de agua potable y alcantarillado sanitario para la Asociación de vivienda Santa Rosa.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3

Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR
Diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable	Es la fuente de abastecimiento que satisface las necesidades de consumo de una población económica en tiempo, forma y calidad, especialmente cuando la topografía del terreno no es nada buena.	Será medido con la facilidad del transporte del agua desde el punto de captación hasta el punto de distribución en condiciones de consumo.	- Topografia del terreno. - La fuente de abastecimiento. - Población	-Nivelación. -Evaluación de la infraestructura del sistema de agua potable. -Diseños definitivos de la captación, conducción y almacenamiento. -Censo.
VARIABLE DEPENDIENTE	**DEFINICIÓN CONCEPTUAL**	**DEFINICIÓN OPERACIONAL**	**DIMENSIÓN**	**INDICADOR**
Abastecimiento de agua potable	Son aquellos que permiten que llegue el agua desde las fuentes naturales, sean subterráneas, superficiales o agua de lluvia, hasta el punto de consumo, con la cantidad de agua potable y calidad requerida	Será medido a través del número de conexiones con medición y sin medición se ha tomado de la información de SEDAPAL	- Cantidad de Agua Potable. - Punto de consumo. - Calidad.	-Analizar la cobertura de agua existente para la demanda poblacional. - Lugar. -Evaluar el sistema mediante parámetros ecológicos.

Fuente: Elaboración propia

Capítulo IV. Resultados y Discusión

4.1 Descripción del área de estudio

4.1.1 Geografía

- ✓ **Relieve**

El relieve del área de estudio se caracteriza por contar con planicies de bajas pendientes (Bajiplanicies), en las partes más bajas formadas por terrazas aluviales y cerros con pendientes moderadas correspondientes a la Formación Cerro Blanco del Grupo Puente Piedra.

- ✓ **Clima**

El clima de la zona de estudio es semicálido, desértico, sin precipitaciones en las cuatro estaciones, húmedo, muy nublado en invierno, y cálido y semicálido en verano. La temperatura media anual promedio se encuentra entre los 18 a 19° C en promedio. En los días más fríos la temperatura roza los 12°C y los más cálidos los 32°C a lo largo de todo el año.

En la zona de estudio, las precipitaciones son escasas, con lloviznas frecuentes que suelen ser de prolongada duración pero nunca intensas, no superando nunca 1 mm por hora. En general, las lloviznas son precipitaciones homogéneas formadas por gotas de diámetro inferior a 0,5 mm que, debido a su lentitud de caída, parecen flotar en el aire y son propensas a ser arrastradas por el viento. La zona de estudio tiene una tasa de precipitación anual inferior a 16 milímetros, lo que es típico de las costas áridas. Como consecuencia del paso de la humedad desde la vertiente oriental, se ve afectada ocasionalmente por las lluvias durante el verano.

4.1.2 Ubicación geográfica

El sector 277 del distrito de Ventanilla en la Provincia Constitucional del Callao contiene la zona de investigación. El distrito de Ventanilla limita por el sur con el Callao y el distrito de San Martín de Porres, siendo el río Chillón su límite natural; por el norte, los cerros existentes lo separan del distrito de Santa Rosa; por el este, limita con el distrito de Puente Piedra; y por el oeste, limita con el Océano Pacífico, ver Figuras 12, 13 y 14.

El área del proyecto se extiende por el sur desde las habilitaciones de Antonia Moreno de Cáceres y hacia el norte por las habilitaciones Felipe de Las Casas II, La Paz II, La Paz III, San Pablo II. Se encuentra delimitado por el lado Oeste por Ciudad Pachacútec, Zona Industrial de Pachacútec, y dividida por la avenida Principal. Por el lado Este con los distritos Puente Piedra, y Ancón, ver Figuras 15 y 16.

Las coordenadas de ubicación para el área de estudio son:

COORDENADA NORTE: 8687555.00

COORDENADA ESTE: 269750.00

ALTITUD: 95.000 m.s.n.m.

Figura 12

Ubicación departamental del área a intervenir en la Tesis.



Fuente: Google

Figura 13

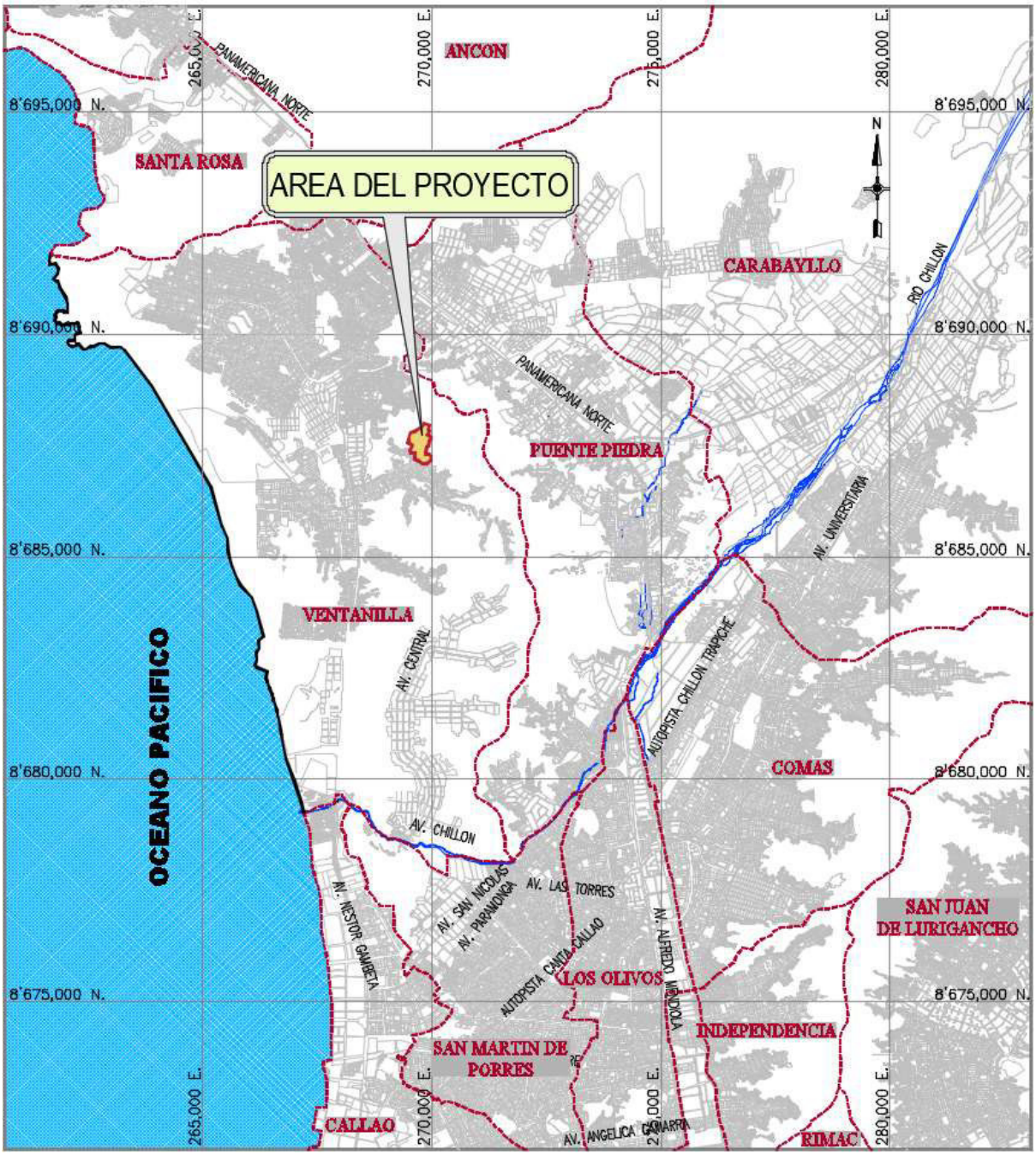
Provincia de Callao, ubicación distrital del área a intervenir en la Tesis.



Fuente: Google

Figura 14

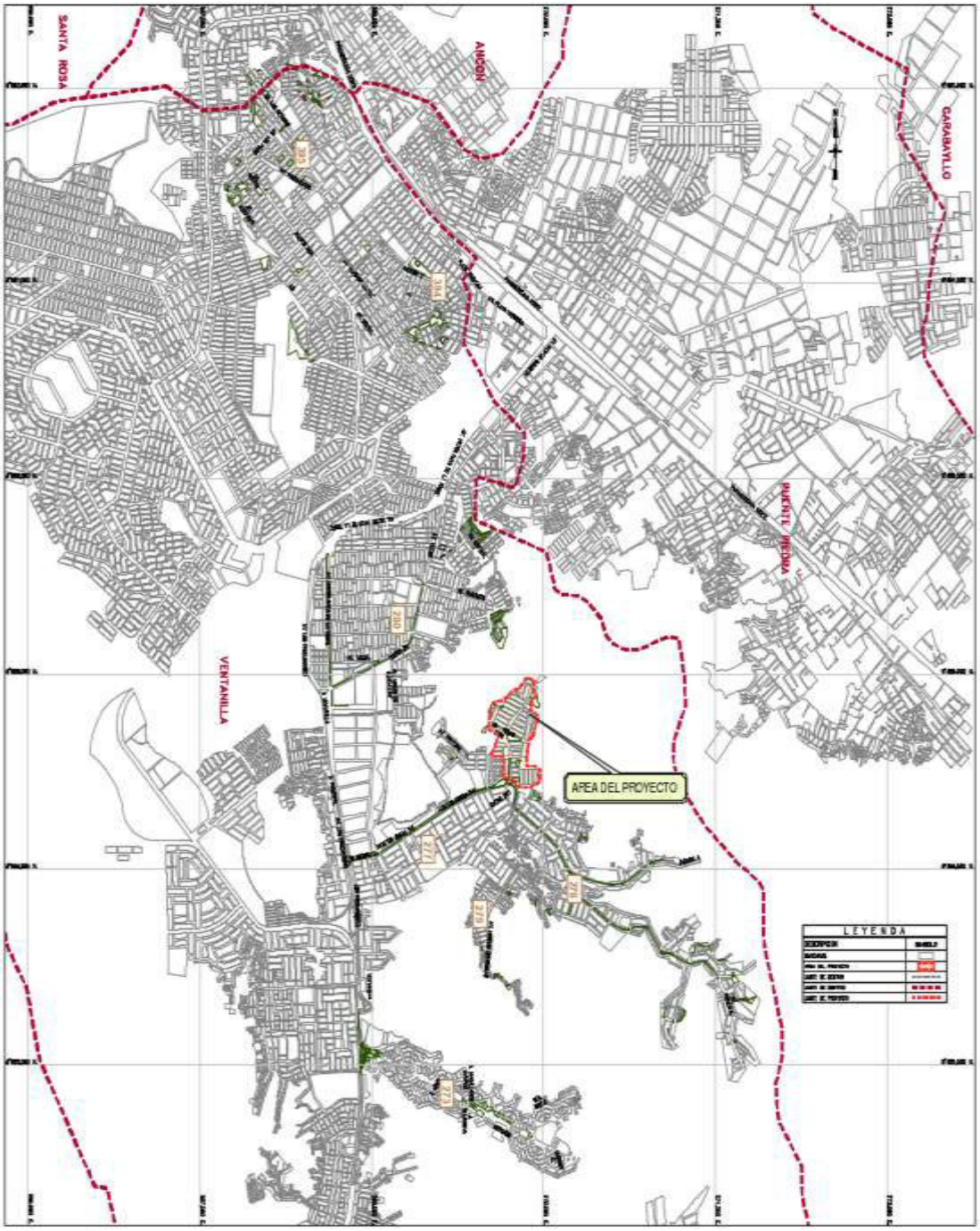
Localización distrital del área a intervenir en la Tesis.



Fuente: Elaboración propia

Figura 15

Localización sectorial del área a intervenir en la Tesis.



Fuente: Elaboración propia

Figura 16

Vista satelital del área a intervenir en la Tesis.



Fuente: Elaboración propia

4.2 Parámetros iniciales y cálculos previos para el diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado

4.2.1 Análisis de la demanda

A continuación, se exponen los supuestos y consideraciones generales utilizadas para determinar la demanda en el ámbito del proyecto:

4.2.2 Densidad

En base a los resultados de la encuesta socioeconómica aplicada a la población, se estimó la densidad de vivienda que resulto de 4.71 hab/viv.

4.2.3 Población

Para este proyecto, las estimaciones de la población de diseño se derivaron utilizando como guía los planes de desarrollo urbano de la Municipalidad de Ventanilla y del Gobierno Regional del Callao.

La población actual ha sido calculada de la multiplicación del número de lotes totales por la densidad de vivienda determinada para el área a intervenir.

La población actual para el área de estudio es de 2,722 habitantes en la zona de presión 1 y de 1,130 habitantes en la zona de presión 2.

4.2.4 Determinación de la Tasa de Crecimiento

Se ha desarrollado la determinación de la tasa de crecimiento para la Provincia Constitucional del Callao en base a los censos del INEI, utilizando los modelos matemáticos conocidos, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 4

Censos del INEI Provincia Callao

CENSO	POBLACION
(Año)	(Habitantes)
1981	443,413
1993	639,729
2007	876,877
2017	1,046,953

Fuente: INEI

Desarrollándose los modelos matemáticos para determinar la tasa de crecimiento para el área de estudio se obtuvieron los siguientes resultados:

- ✓ **Método Aritmético**

Tabla 5

Desarrollo Método Aritmético Provincia del Callao

Curva	Tasa de crecimiento	1981	1993	2007	2017	Sumatoria	Diferencia
Censo		443,413	639,729	876,877	1,046,953	3,006,972	---
1	3.13%	492,382	597,962	797,458	1,046,953	2,934,755	72,217
2	3.00%	503,513	608,859	805,469	1,046,953	2,964,794	42,178
3	3.25%	482,129	587,841	789,901	1,046,953	2,906,824	100,148
4	2.35%	566,844	669,126	847,547	1,046,953	3,130,470	123,498
5	2.80%	521,547	626,318	818,039	1,046,953	3,012,857	5,885
Curva seleccionada:				Po =	1,046,953	habitantes	
				r =	2.80%		

Fuente: Elaboración propia

Por el método aritmético e interpolación de 4 censos del INEI la curva determinada es:

$Pf = Po\ (1+2.80\%t)$

- ✓ **Método Geométrico**

Tabla 6

Desarrollo Método Geométrico Provincia del Callao

Curva	Tasa de crecimiento	1981	1993	2007	2017	Sumatoria	Diferencia
Censo		443,413	639,729	876,877	1,046,953	3,006,972	---
1	2.63%	411,680	561,931	876,877	1,046,953	2,897,441	109,531
2	2.37%	450,275	596,524	828,201	1,046,953	2,921,953	85,019
3	2.38%	448,851	595,266	827,473	1,046,953	2,918,543	88,429
4	2.06%	502,576	641,865	853,871	1,046,953	3,045,265	38,293
5	2.36%	451,991	598,039	829,077	1,046,953	2,926,060	80,912
Curva seleccionada:				Po =	1,046,953	habitantes	
				r =	2.06%		

Fuente: Elaboración propia

Por el método geométrico e interpolación de 4 censos del INEI la curva determinada es:

$Pf = Po\ (1 + 2.06\%)^t$

- ✓ **Elección del Modelo Matemático**

En concordancia con todo el análisis realizado se determinó que la Tasa de Crecimiento más adecuada para el Distrito de Ventanilla es 2.06%, dicha tasa ha sido calculada mediante el Método Geométrico con los datos de los Censos realizados por el INEI correspondientes a los años 1981, 1993, 2007 y 2017 de la Provincia Constitucional del Callao.

4.2.5 Proyección de la población – Total

Con la tasa de crecimiento de 2.06% se realizó la proyección de la población siendo la siguiente:

Tabla 7

Información base y parámetros para la zona de presión 1

Asociación de Vivienda Santa Rosa	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	2,722	2,894
Número de viviendas	578	614
Tasa crecimiento anual de población (%)	2.06	2.06
Densidad por lote (hab/lote)	4.71	4.71
Porcentaje de pérdidas	40.00%	40%
Población actual con conexiones agua (red pública)	0	
Población actual con conexiones desagüe (red pública)	0	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8

Información base y parámetros para la zona de presión 2

Asociación de Vivienda Santa Rosa	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	1,130	1,201
Número de viviendas	240	255
Tasa crecimiento anual de población (%)	2.06	2.06
Densidad por lote (hab/lote)	4.71	4.71
Porcentaje de pérdidas	40%	40%
Población actual con conexiones agua (red pública)	0	
Población actual con conexiones desagüe (red pública)	0	

Fuente: Elaboración propia

4.2.6 Período de diseño

El periodo de diseño óptimo es de 20 años, este viene a ser la cantidad de años durante los cuales la capacidad de producción de un componente de un sistema de agua potable o de alcantarillado satisface la demanda prevista, minimizando así el valor actual de la inversión, la explotación y el mantenimiento durante el periodo de análisis del proyecto.

Tabla 9

Información de proyección de cobertura de los servicios

Año		Cobertura agua (%)	Cobertura desagüe (%)	Pérdidas de agua (%)	Micromedición (%)	
					Domestico	Comercial Industrial Social Estatal
2019	Base	0.00%	0.0%	40.0%	0.00%	0.00%
2020	A	0.00%	0.0%	40.0%	0.0%	0.0%
2021	B	0.00%	0.00%	40.0%	0.0%	0.0%
2022	C	0.00%	0.00%	40.0%	0.0%	0.0%
2023	0	0.00%	0.00%	40.0%	0.0%	0.0%
2024	1	100.00%	100.00%	25.0%	100.0%	100.0%
2025	2	100.00%	100.00%	25.0%	100.0%	100.0%
2026	3	100.00%	100.00%	25.0%	100.0%	100.0%
2027	4	100.00%	100.00%	25.0%	100.0%	100.0%
2028	5	100.00%	100.00%	25.0%	100.0%	100.0%
2029	6	100.00%	100.00%	25.0%	100.0%	100.0%
2030	7	100.00%	100.00%	25.0%	100.0%	100.0%
2031	8	100.00%	100.0%	25.0%	100.0%	100.0%
2032	9	100.00%	100.0%	25.0%	100.0%	100.0%
2033	10	100.00%	100.0%	25.0%	100.0%	100.0%
2034	11	100.00%	100.0%	25.0%	100.0%	100.0%
2035	12	100.00%	100.0%	25.0%	100.0%	100.0%
2036	13	100.00%	100.0%	25.0%	100.0%	100.0%
2037	14	100.00%	100.0%	25.0%	100.0%	100.0%
2038	15	100.00%	100.0%	25.0%	100.0%	100.0%
2039	16	100.00%	100.0%	25.0%	100.0%	100.0%
2040	17	100.00%	100.0%	25.0%	100.0%	100.0%
2041	18	100.00%	100.0%	25.0%	100.0%	100.0%
2042	19	100.00%	100.0%	25.0%	100.0%	100.0%
2043	20	100.00%	100.0%	25.0%	100.0%	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10

Información de conexiones existentes al año 2019 por categorías

Conexión por tipo de usuario	Tipo de medición	Agua potable		Desagüe
		No. De Conex.	Total Conex.	Total Conex.
Doméstico	Con Medidor	0	0	0
	Sin Medidor	0		
Comercial	Con Medidor	0	0	0
	Sin Medidor	0		
Industrial	Con Medidor	0	0	0
	Sin Medidor	0		
Estatal	Con Medidor	0	0	0
	Sin Medidor	0		
Social	Con Medidor	0	0	0
	Sin Medidor	0		
TOTAL		0	0	0

Fuente: Base de datos Sedapal, 2019

4.2.7 Consumos

Analizando los reportes de consumos por unidades de uso del área de estudio, siendo proyectada la demanda también por unidades de uso debido a la presencia de varias edificaciones en el área de estudio.

Tabla 11

Información de consumos per cápita por conexión

Datos de consumo por conexión según categorías	
	(m3/mes/cnx)
Domestico	
Consumo unitario c/medidor	16.67
Consumo unitario s/medidor	18.34
Comercial	
Consumo unitario c/medidor	123.46
Consumo unitario s/medidor	135.81
Industrial	
Consumo unitario c/medidor	268.18
Consumo unitario s/medidor	295.00

Estatal	
Consumo unitario c/medidor	297.78
Consumo unitario s/medidor	327.56
Social	
Consumo unitario c/medidor	18.13
Consumo unitario s/medidor	19.94
Consumo de los no conectados	
Consumo de los no conectados	

Fuente: Elaboración propia

4.2.8 Estimación de la Demanda

La demanda actual se define como la existente en el momento de elaborar el estudio, y la demanda al año 1 se define como la que hipotéticamente se produciría en el primer año de funcionamiento del proyecto. Se han examinado los siguientes factores para calcular la demanda global para la duración del proyecto:

a) Población proyectada

b) Proyección de la cobertura del servicio

c) Proyección de la demanda de agua por categorías de servicio

d) Demanda neta total

Las demandas de agua doméstica, comercial, industrial, estatal y social conforman la demanda total de agua.

Los coeficientes de variación deben aplicarse a la media anual de la demanda neta de agua para determinar la demanda diaria y horaria.

En el análisis, los factores pico son definidos de acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) (en adelante Estándares Nacionales de Saneamiento), como se muestra en el cuadro:

Tabla 12

Factores para la demanda y el volumen de almacenamiento de reservorios

Factor		Valor	Observaciones
Demanda pico	Factor Máximo Diario	1.3	Contra el promedio diario
	Factor Máximo Horario	1.8	Contra el promedio diario
	Factor de Almacenamiento	0.25	Contra el promedio diario (m^3/día)
Volumen de almacenamiento	Volumen para prevención de incendios	50m^3	Volumen adicional al volumen calculado para la demanda diaria promedio y el factor de almacenamiento

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13

Parámetros de Diseño

Caudal Promedio (Qp)		
Caudal Máximo Diario (Qmd = K1 * QP)	K1 =	1.3
Caudal Máximo Horario (Qmh = K2 * QP)	K2 =	1.80
Caudal Bombeo (Qb = Qmd * 24/ # Hb)	# Hb =	18
Caudal Promedio Desagüe (Qpd = K3 * Qp)	K3 =	0.8
Caudal Desagüe (Qd = K3 * Qmh, Qd = K2 * Qpd)		

Fuente: Elaboración propia

4.2.9 Demanda de Agua Potable

El análisis de la demanda de agua potable se ha realizado en base a las condiciones y supuestos descritos líneas arriba. El número de conexiones con medición y sin medición se ha tomado de la información de SEDAPAL.

En la Tabla 14 y Tabla 15 se muestran el cuadro de demanda de agua potable total para la zona de presión 1 y zona de presión 2.

Tabla 14

Demanda de Agua Potable Total para la zona de presión 1

Año		Población Total	Cobertura (%)		Población Servida (hab)	Viviendas Servidas (unidades)	Perdidas de Agua Potable (%)	Consumo de Agua (l/día)						Demanda Agua				Volumen de Regulación (m3)	Volumen Total Requerido (m3)
			Conex.	Otros Medios (*)				Consumo Domestico	Consumo Comercial	Consumo Industrial	Consumo Estatal	Consumo Social	Consumo Total Conectado	Qp (t/seg)	Qp (m3/año)	Qmd (lt/seg)	Qmh (lt/seg)		
2019	Base	2,722	0.00%	100.00%	0	0	40.00%	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0.00	0.000	0.00	50
2020	A	2,778	0.00%	100.00%	0	0	40.00%	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0.00	0.000	0.00	50
2021	B	2,835	0.00%	100.00%	0	0	40.00%	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0.00	0.000	0.00	50
2022	C	2,894	0.00%	100.00%	0	0	40.00%	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0.00	0.000	0.00	50
2023	0	2,953	0.00%	100.00%	0	0	40.00%	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0.00	0.000	0.00	50
2024	1	3,014	100.00%	0.00%	3,014	640	25.00%	355,627	20,577	0	9,926	604	386,734	5.97	188,270	7.76	10.746	172.00	269
2025	2	3,076	100.00%	0.00%	3,076	653	25.00%	362,850	20,577	0	9,926	604	393,957	6.08	191,739	7.90	10.944	174.67	272
2026	3	3,140	100.00%	0.00%	3,140	667	25.00%	370,630	20,577	0	9,926	604	401,737	6.20	195,523	8.06	11.160	178.67	277
2027	4	3,204	100.00%	0.00%	3,204	680	25.00%	377,853	20,577	0	9,926	604	408,960	6.31	198,992	8.20	11.358	181.33	281
2028	5	3,270	100.00%	0.00%	3,270	694	25.00%	385,633	20,577	0	9,926	604	416,740	6.43	202,776	8.36	11.574	185.33	286
2029	6	3,338	100.00%	0.00%	3,338	709	25.00%	393,968	24,692	0	9,926	604	429,190	6.62	208,768	8.61	11.916	190.67	293
2030	7	3,406	100.00%	0.00%	3,406	723	25.00%	401,747	24,692	0	9,926	604	436,969	6.74	212,553	8.76	12.132	194.67	298
2031	8	3,476	100.00%	0.00%	3,476	738	25.00%	410,082	24,692	0	9,926	604	445,304	6.87	216,652	8.93	12.366	197.33	301

2032	9	3,548	100.00%	0.00%	3,548	753	25.00%	418,417	24,692	0	9,926	604	453,639	7.00	220,752	9.10	12.600	201.33	306
2033	10	3,621	100.00%	0.00%	3,621	769	25.00%	427,308	24,692	0	9,926	604	462,530	7.14	225,167	9.28	12.852	205.33	311
2034	11	3,696	100.00%	0.00%	3,696	785	25.00%	436,198	24,692	0	9,926	604	471,421	7.28	229,582	9.46	13.104	209.33	317
2035	12	3,772	100.00%	0.00%	3,772	801	25.00%	445,089	24,692	0	9,926	604	480,311	7.41	233,682	9.63	13.338	213.33	322
2036	13	3,849	100.00%	0.00%	3,849	817	25.00%	453,980	24,692	0	9,926	604	489,202	7.55	238,097	9.82	13.590	217.33	327
2037	14	3,929	100.00%	0.00%	3,929	834	25.00%	463,426	24,692	0	9,926	604	498,648	7.70	242,827	10.01	13.860	221.33	332
2038	15	4,010	100.00%	0.00%	4,010	851	25.00%	472,872	24,692	0	9,926	604	508,095	7.84	247,242	10.19	14.112	225.33	337
2039	16	4,092	100.00%	0.00%	4,092	869	25.00%	482,874	28,807	0	9,926	604	522,212	8.06	254,180	10.48	14.508	232.00	345
2040	17	4,176	100.00%	0.00%	4,176	887	25.00%	492,876	28,807	0	9,926	604	532,214	8.21	258,911	10.67	14.778	236.00	351
2041	18	4,263	100.00%	0.00%	4,263	905	25.00%	502,878	28,807	0	9,926	604	542,216	8.37	263,956	10.88	15.066	241.33	357
2042	19	4,350	100.00%	0.00%	4,350	924	25.00%	513,436	28,807	0	9,926	604	552,774	8.53	269,002	11.09	15.354	245.33	362
2043	20	4,440	100.00%	0.00%	4,440	943	25.00%	523,994	28,807	0	9,926	604	563,331	8.69	274,048	11.30	15.642	250.67	369

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15

Demanda de Agua Potable Total para la zona de presión 2

Año		Población Total	Cobertura (%)		Población Servida (hab)	Viviendas Servidas (unidades)	Perdidas de Agua Potable (%)	Consumo de Agua (l/día)						Demanda Agua				Volumen de Regulación (m3)	Volumen Total Requerido (m3)
			Conex.	Otros Medios (*)				Consumo Domestico	Consumo Comercial	Consumo Industrial	Consumo Estatal	Consumo Social	Consumo Total Conectado	Qp (t/seg)	Qp (m3/año)	Qmd (lt/seg)	Qmh (lt/seg)		
2019	Base	1,130	0.00%	100.00%	0	0	40.00%	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0.00	0.000	0.00	50
2020	A	1,153	0.00%	100.00%	0	0	40.00%	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0.00	0.000	0.00	50
2021	B	1,177	0.00%	100.00%	0	0	40.00%	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0.00	0.000	0.00	50
2022	C	1,201	0.00%	100.00%	0	0	40.00%	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0.00	0.000	0.00	50
2023	0	1,226	0.00%	100.00%	0	0	40.00%	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0.00	0.000	0.00	50
2024	1	1,251	100.00%	0.00%	1,251	266	25.00%	146,140	20,577	0	9,926	604	178,914	2.76	87,039	3.59	4.968	80.00	152
2025	2	1,277	100.00%	0.00%	1,277	271	25.00%	148,919	20,577	0	9,926	604	181,693	2.80	88,301	3.64	5.040	80.00	152
2026	3	1,303	100.00%	0.00%	1,303	277	25.00%	152,253	20,577	0	9,926	604	185,027	2.86	90,193	3.72	5.148	82.67	155
2027	4	1,330	100.00%	0.00%	1,330	282	25.00%	155,031	20,577	0	9,926	604	187,805	2.90	91,454	3.77	5.220	84.00	157
2028	5	1,358	100.00%	0.00%	1,358	288	25.00%	158,365	20,577	0	9,926	604	191,139	2.95	93,031	3.84	5.310	85.33	159
2029	6	1,386	100.00%	0.00%	1,386	294	25.00%	161,699	24,692	0	9,926	604	198,588	3.06	96,500	3.98	5.508	88.00	162
2030	7	1,414	100.00%	0.00%	1,414	300	25.00%	165,033	24,692	0	9,926	604	201,922	3.12	98,392	4.06	5.616	89.33	164
2031	8	1,443	100.00%	0.00%	1,443	306	25.00%	168,367	24,692	0	9,926	604	205,256	3.17	99,969	4.12	5.706	90.67	166

2032	9	1,473	100.00%	0.00%	1,473	313	25.00%	172,257	24,692	0	9,926	604	209,146	3.23	101,861	4.20	5.814	93.33	169
2033	10	1,503	100.00%	0.00%	1,503	319	25.00%	175,591	24,692	0	9,926	604	212,480	3.28	103,438	4.26	5.904	94.67	170
2034	11	1,534	100.00%	0.00%	1,534	326	25.00%	179,480	24,692	0	9,926	604	216,370	3.34	105,330	4.34	6.012	96.00	172
2035	12	1,566	100.00%	0.00%	1,566	332	25.00%	182,814	24,692	0	9,926	604	219,704	3.39	106,907	4.41	6.102	97.33	174
2036	13	1,598	100.00%	0.00%	1,598	339	25.00%	186,704	24,692	0	9,926	604	223,593	3.45	108,799	4.49	6.210	100.00	177
2037	14	1,631	100.00%	0.00%	1,631	346	25.00%	190,594	24,692	0	9,926	604	227,483	3.51	110,691	4.56	6.318	101.33	179
2038	15	1,665	100.00%	0.00%	1,665	354	25.00%	195,039	24,692	0	9,926	604	231,928	3.58	112,899	4.65	6.444	102.67	181
2039	16	1,699	100.00%	0.00%	1,699	361	25.00%	198,929	28,807	0	9,926	604	239,933	3.70	116,683	4.81	6.660	106.67	186
2040	17	1,734	100.00%	0.00%	1,734	368	25.00%	202,818	28,807	0	9,926	604	243,823	3.76	118,575	4.89	6.768	108.00	188
2041	18	1,770	100.00%	0.00%	1,770	376	25.00%	207,264	28,807	0	9,926	604	248,268	3.83	120,783	4.98	6.894	110.67	191
2042	19	1,806	100.00%	0.00%	1,806	383	25.00%	211,153	28,807	0	9,926	604	252,158	3.89	122,675	5.06	7.002	112.00	193
2043	20	1,843	100.00%	0.00%	1,843	391	25.00%	215,599	28,807	0	9,926	604	256,603	3.96	124,883	5.15	7.128	114.67	196

Fuente: Elaboración propia

4.2.10 Demanda de Alcantarillado

Los mismos factores de población, horizonte de proyecto y densidad de lotes que se aplicaron a las proyecciones de caudal de agua potable se aplicaron también a las proyecciones de caudal de alcantarillado.

A efectos del proyecto, la cobertura de alcantarillado por conexiones domiciliarias será idéntica a la cobertura de agua potable, ya que cada familia con mayor disponibilidad de agua potable deberá tener una conexión de alcantarillado para transportar sus flujos de aguas residuales.

De acuerdo con la normativa nacional de edificaciones, se supone que la tasa de aportación de agua al sistema de alcantarillado es del 80%; este parámetro técnico estándar se mantendrá durante toda la duración del proyecto.

Se ha tenido en cuenta el área de la zona de influencia del proyecto a la hora de recopilar los datos necesarios para calcular la demanda, y se han utilizado las proyecciones de la demanda de agua potable para estimar la demanda de aguas residuales.

En la Tabla 16 y Tabla 17 se presenta la demanda de alcantarillado total para la zona de presión 1 y zona de presión 2.

Tabla 16

Demanda de Alcantarillado Total para la zona de presión 1

Año		Población total	Cobertura (%)		Población Servida (hab)	Viviendas Servidas (unidades)	Consumo de Agua (l/día)						Demanda desagüe			Qmh desagüe (lt/seg)
			Conex.	Otros Medios (*)			Consumo Domestico	Consumo Comercial	Consumo Industrial	Consumo Estatal	Consumo Social	Consumo Total Conectado	Qp desagüe (lt/seg)	Qp desagüe (lt/día)	Qp desagüe (m3/año)	
2019	Base	2,722	0.00%	100.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0.000
2020	A	2,778	0.00%	100.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0.000
2021	B	2,835	0.00%	100.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0.000
2022	C	2,894	0.00%	100.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0.000
2023	0	2,953	0.00%	100.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0.000
2024	1	3,014	100.00%	0.00%	3,014	640	355,627	20,577	0	9,926	604	386,734	3.58	309,387	112,926	6.446
2025	2	3,076	100.00%	0.00%	3,076	653	362,850	20,577	0	9,926	604	393,957	3.65	315,166	115,036	6.566
2026	3	3,140	100.00%	0.00%	3,140	667	370,630	20,577	0	9,926	604	401,737	3.72	321,389	117,307	6.696
2027	4	3,204	100.00%	0.00%	3,204	680	377,853	20,577	0	9,926	604	408,960	3.79	327,168	119,416	6.816
2028	5	3,270	100.00%	0.00%	3,270	694	385,633	20,577	0	9,926	604	416,740	3.86	333,392	121,688	6.946
2029	6	3,338	100.00%	0.00%	3,338	709	393,968	24,692	0	9,926	604	429,190	3.97	343,352	125,323	7.153
2030	7	3,406	100.00%	0.00%	3,406	723	401,747	24,692	0	9,926	604	436,969	4.05	349,575	127,595	7.283
2031	8	3,476	100.00%	0.00%	3,476	738	410,082	24,692	0	9,926	604	445,304	4.12	356,243	130,029	7.422
2032	9	3,548	100.00%	0.00%	3,548	753	418,417	24,692	0	9,926	604	453,639	4.20	362,911	132,463	7.561
2033	10	3,621	100.00%	0.00%	3,621	769	427,308	24,692	0	9,926	604	462,530	4.28	370,024	135,059	7.709
2034	11	3,696	100.00%	0.00%	3,696	785	436,198	24,692	0	9,926	604	471,421	4.37	377,137	137,655	7.857
2035	12	3,772	100.00%	0.00%	3,772	801	445,089	24,692	0	9,926	604	480,311	4.45	384,249	140,251	8.005

2036	13	3,849	100.00%	0.00%	3,849	817	453,980	24,692	0	9,926	604	489,202	4.53	391,362	142,847	8.153
2037	14	3,929	100.00%	0.00%	3,929	834	463,426	24,692	0	9,926	604	498,648	4.62	398,919	145,605	8.311
2038	15	4,010	100.00%	0.00%	4,010	851	472,872	24,692	0	9,926	604	508,095	4.70	406,476	148,364	8.468
2039	16	4,092	100.00%	0.00%	4,092	869	482,874	28,807	0	9,926	604	522,212	4.84	417,770	152,486	8.704
2040	17	4,176	100.00%	0.00%	4,176	887	492,876	28,807	0	9,926	604	532,214	4.93	425,771	155,406	8.870
2041	18	4,263	100.00%	0.00%	4,263	905	502,878	28,807	0	9,926	604	542,216	5.02	433,773	158,327	9.037
2042	19	4,350	100.00%	0.00%	4,350	924	513,436	28,807	0	9,926	604	552,774	5.12	442,219	161,410	9.213
2043	20	4,440	100.00%	0.00%	4,440	943	523,994	28,807	0	9,926	604	563,331	5.22	450,665	164,493	9.389

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17

Demanda de Alcantarillado Total para la zona de presión 2

Año		Población total	Cobertura (%)		Población Servida (hab)	Viviendas Servidas (unidades)	Consumo de Agua (l/día)						Demanda desagüe			Qmh desagüe (lt/seg)
			Conex.	Otros Medios (*)			Consumo Domestico	Consumo Comercial	Consumo Industrial	Consumo Estatal	Consumo Social	Consumo Total Conectado	Qp desagüe (lt/seg)	Qp desagüe (lt/día)	Qp desagüe (m3/año)	
2019	Base	1,130	0.00%	100.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0.000
2020	A	1,153	0.00%	100.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0.000
2021	B	1,177	0.00%	100.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0.000
2022	C	1,201	0.00%	100.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0.000
2023	0	1,226	0.00%	100.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0.000
2024	1	1,251	100.00%	0.00%	1,251	266	146,140	20,577	0	9,926	604	178,914	1.66	143,131	52,243	2.982
2025	2	1,277	100.00%	0.00%	1,277	271	148,919	20,577	0	9,926	604	181,693	1.68	145,354	53,054	3.028
2026	3	1,303	100.00%	0.00%	1,303	277	152,253	20,577	0	9,926	604	185,027	1.71	148,021	54,028	3.084
2027	4	1,330	100.00%	0.00%	1,330	282	155,031	20,577	0	9,926	604	187,805	1.74	150,244	54,839	3.130
2028	5	1,358	100.00%	0.00%	1,358	288	158,365	20,577	0	9,926	604	191,139	1.77	152,911	55,813	3.186
2029	6	1,386	100.00%	0.00%	1,386	294	161,699	24,692	0	9,926	604	198,588	1.84	158,871	57,988	3.310
2030	7	1,414	100.00%	0.00%	1,414	300	165,033	24,692	0	9,926	604	201,922	1.87	161,538	58,961	3.365
2031	8	1,443	100.00%	0.00%	1,443	306	168,367	24,692	0	9,926	604	205,256	1.90	164,205	59,935	3.421
2032	9	1,473	100.00%	0.00%	1,473	313	172,257	24,692	0	9,926	604	209,146	1.94	167,317	61,071	3.486
2033	10	1,503	100.00%	0.00%	1,503	319	175,591	24,692	0	9,926	604	212,480	1.97	169,984	62,044	3.541
2034	11	1,534	100.00%	0.00%	1,534	326	179,480	24,692	0	9,926	604	216,370	2.00	173,096	63,180	3.606
2035	12	1,566	100.00%	0.00%	1,566	332	182,814	24,692	0	9,926	604	219,704	2.03	175,763	64,153	3.662

2036	13	1,598	100.00%	0.00%	1,598	339	186,704	24,692	0	9,926	604	223,593	2.07	178,875	65,289	3.727
2037	14	1,631	100.00%	0.00%	1,631	346	190,594	24,692	0	9,926	604	227,483	2.11	181,986	66,425	3.791
2038	15	1,665	100.00%	0.00%	1,665	354	195,039	24,692	0	9,926	604	231,928	2.15	185,543	67,723	3.865
2039	16	1,699	100.00%	0.00%	1,699	361	198,929	28,807	0	9,926	604	239,933	2.22	191,947	70,061	3.999
2040	17	1,734	100.00%	0.00%	1,734	368	202,818	28,807	0	9,926	604	243,823	2.26	195,058	71,196	4.064
2041	18	1,770	100.00%	0.00%	1,770	376	207,264	28,807	0	9,926	604	248,268	2.30	198,615	72,494	4.138
2042	19	1,806	100.00%	0.00%	1,806	383	211,153	28,807	0	9,926	604	252,158	2.33	201,726	73,630	4.203
2043	20	1,843	100.00%	0.00%	1,843	391	215,599	28,807	0	9,926	604	256,603	2.38	205,283	74,928	4.277

Fuente: Elaboración propia

4.3 Desarrollo del diseño hidráulico con el programa Watercad para las redes de agua potable

4.3.1 Consideraciones para el diseño hidráulico de las redes de Agua Potable obtenidos con el programa Watercad

Para la evaluación de los resultados de la modelación se consideró la norma OS.050, que establece que la presión estática no debe superar los 50 mca y la presión dinámica no debe ser inferior a 10 mca en condiciones de máxima demanda horaria. La velocidad mínima recomendada debe ser de 0,6 m/s y la máxima de 3,0 m/s, primando la velocidad sobre la obtención de presiones aceptables y el disponer de diámetros adecuados para la distribución de las redes.

En el caso de troncales y líneas de conducción las presiones pueden superan las 50 mca en puntos de paso que no distribuyen dentro del sector.

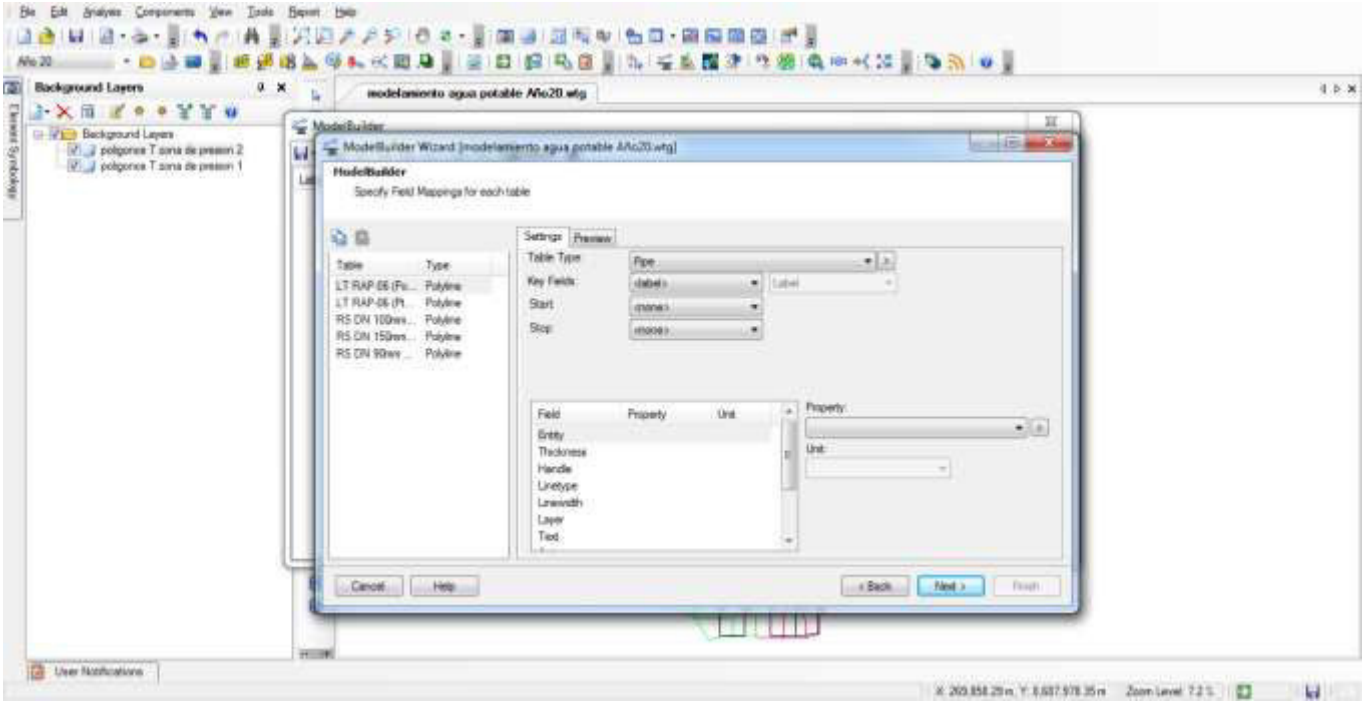
4.3.2 Procedimiento del Modelamiento hidráulico en el programa Watercad

A continuación, hacemos un breve procedimiento del uso del programa Watercad para el modelamiento de redes de agua potable.

- ✓ Importación de las redes previamente trazadas en el programa AutoCAD, ver Figura 17.

Figura17

Imagen del modelamiento hidráulico en Watercad 1.

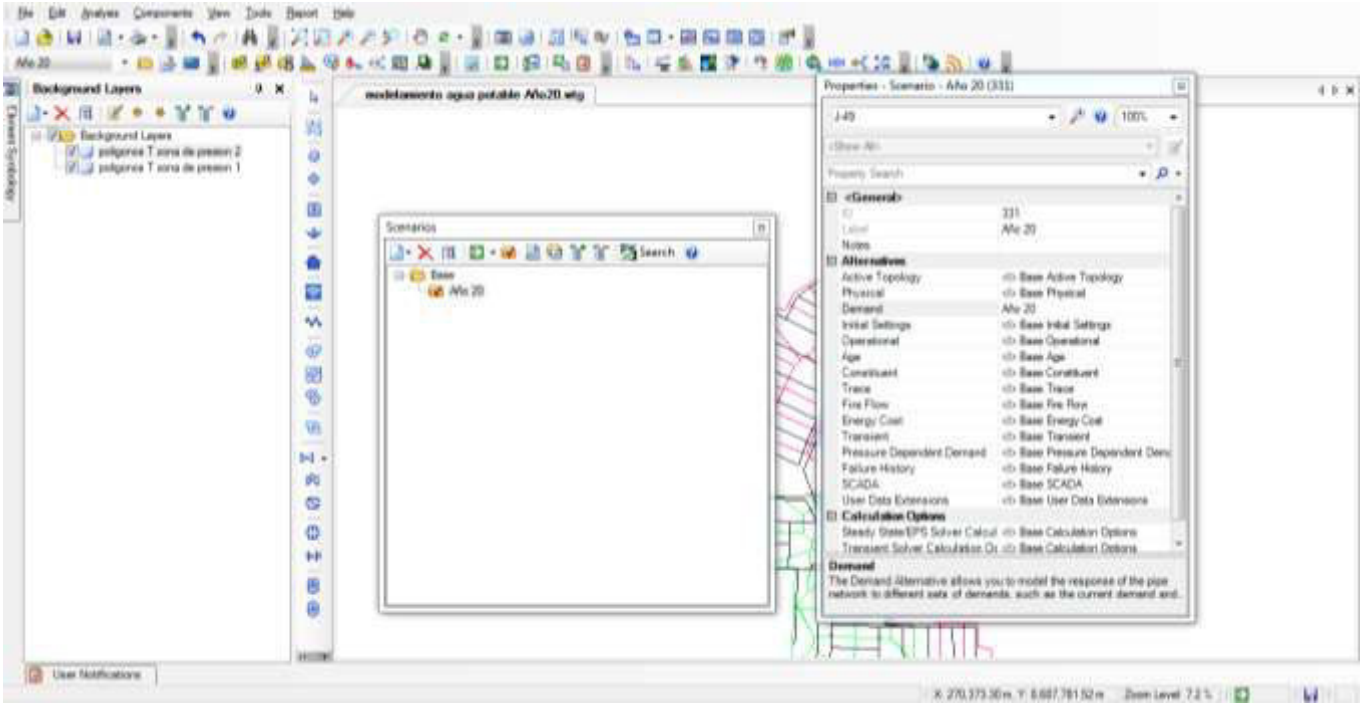


Fuente: Programa Watercad v 8i

- ✓ Creación del escenario y la alternativa “Año 20”, ver Figura 18.

Figura18

Imagen del modelamiento hidráulico en Watercad 2.

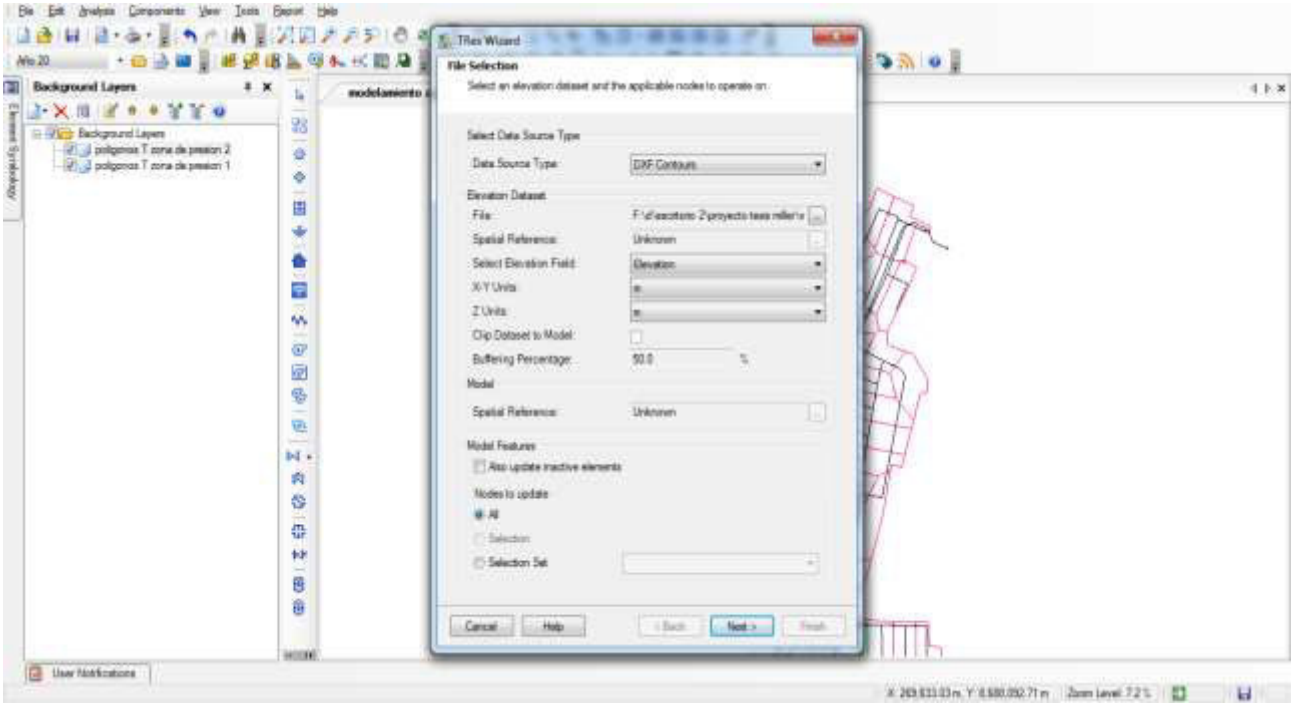


Fuente: Programa Watercad v 8i

- ✓ Ingreso del archivo de curvas de nivel para la iteración y determinación de los valores de las cotas de terreno de los nodos y estructuras (reservorio, cámaras rompe presión y cámara de válvulas), ver Figura 19.

Figura19

Imagen del modelamiento hidráulico en Watercad 3.

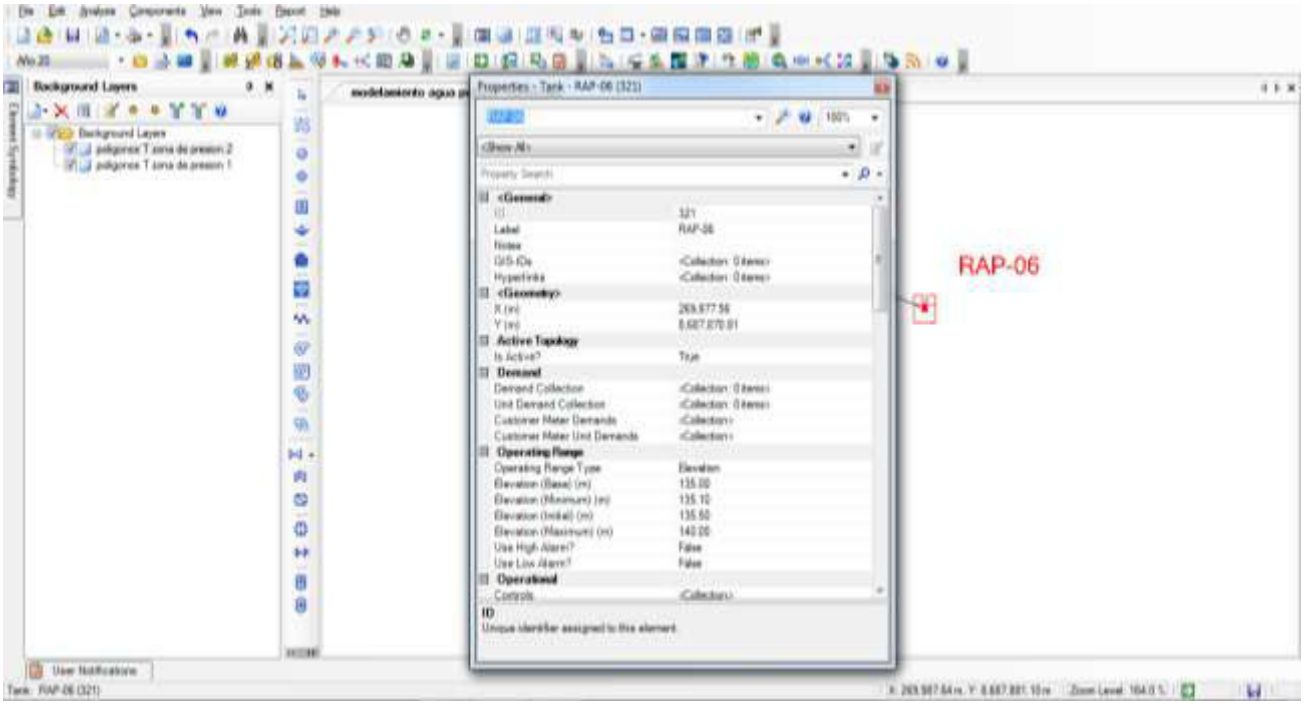


Fuente: Programa Watercad v 8i

- ✓ Ingreso de los niveles de operación del reservorio de abastecimiento, ver Figura 20.

Figura20

Imagen del modelamiento hidráulico en Watercad 4.

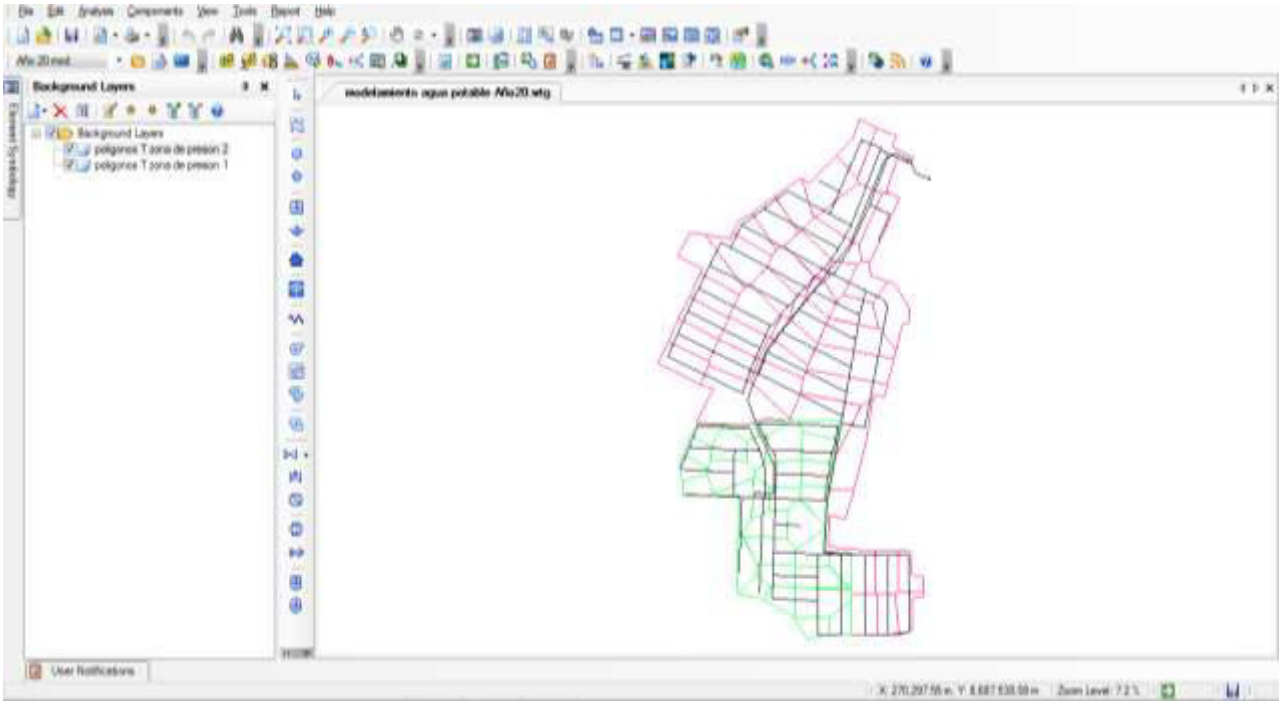


Fuente: Programa Watercad v 8i

- ✓ Creación de los polígonos de Thiessen para la hallar el área representativa de cada nodo, por cada zona de presión, ver Figura 21.

Figura21

Imagen del modelamiento hidráulico en Watercad 5.

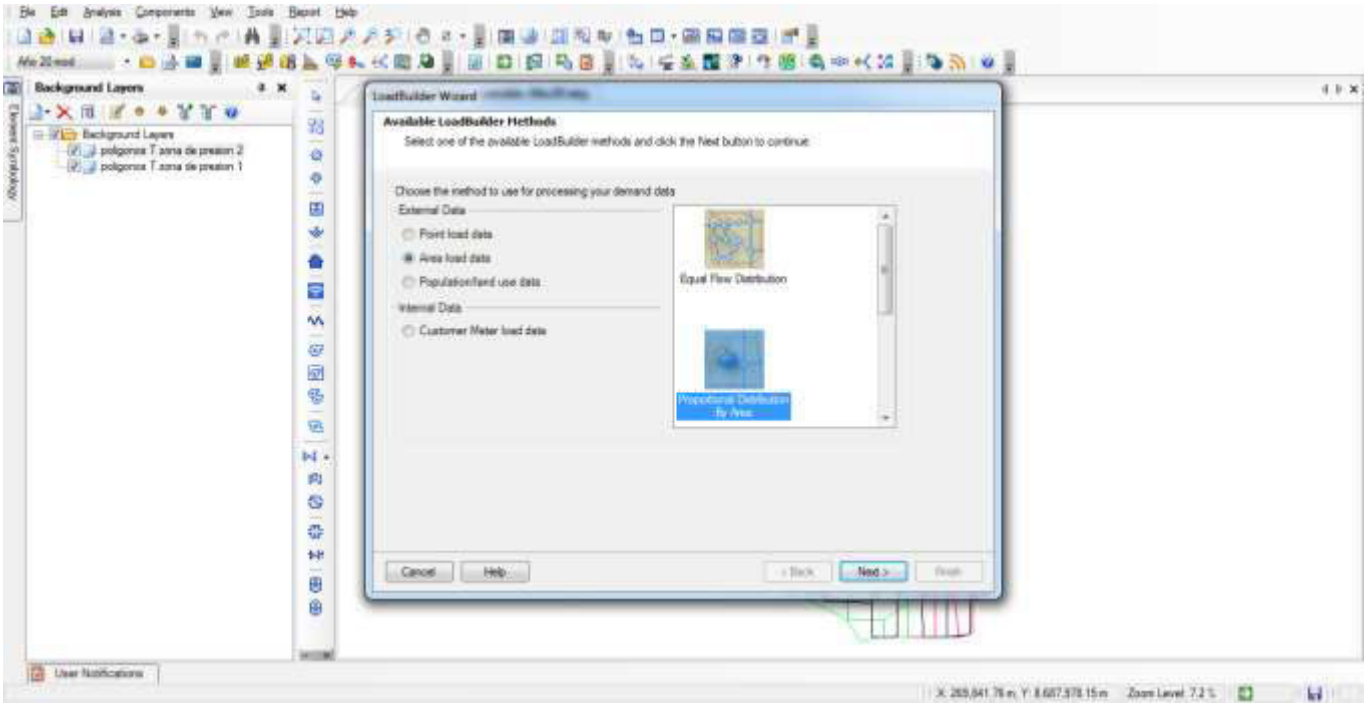


Fuente: Programa Watercad v 8i

- ✓ Distribución del caudal de la demanda total del área de estudio a cada nodo según su área representativa y por cada zona de presión, ver Figura 22 y 23.

Figura22

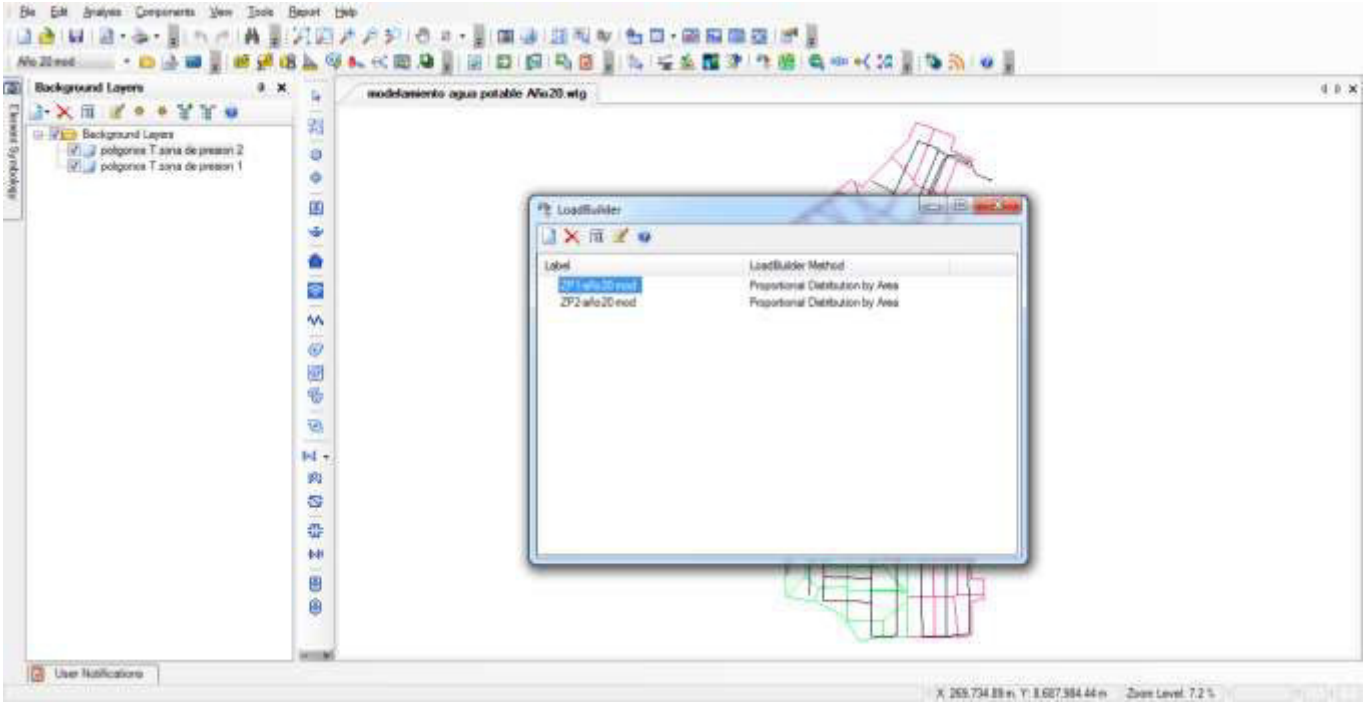
Imagen del modelamiento hidráulico en Watercad 6.



Fuente: Programa Watercad v 8i

Figura 23

Imagen del modelamiento hidráulico en Watercad 7.



Fuente: Programa Watercad v 8i

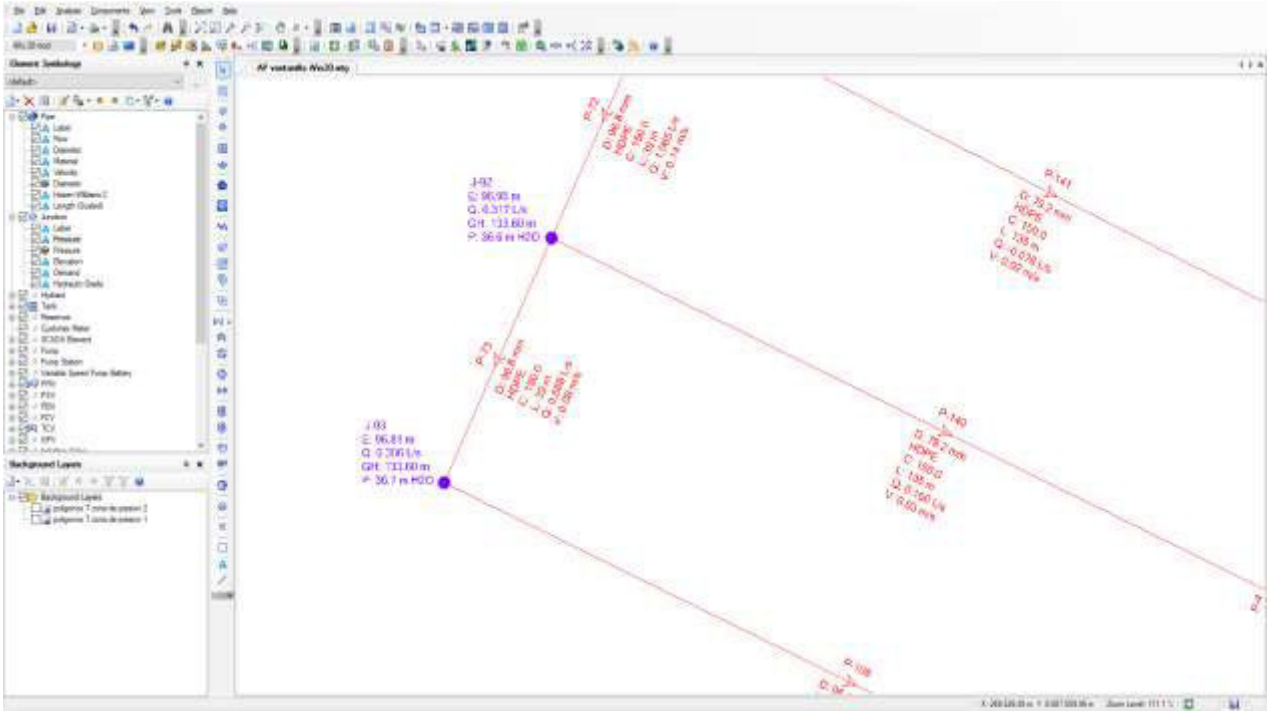
4.3.3 Resultados del Modelamiento de las redes de agua potable

Después de realizar el modelamiento del área de estudio mediante troncales estratégicas y sub-sectorizando cada área de influencia de reservorios se obtuvieron presiones adecuadas.

Se presentan los reportes de los resultados obtenidos para el área de estudio, ver Figura 24.

Figura 24

Interfaz del programa Watercad para el Modelamiento hidráulico.



Fuente: Programa Watercad v 8i

A continuación, se presentan los resultados para el tramo de tubería “P-73”, ver Tabla 18.

El total de resultado se presenta en el Anexo N°2.

Tabla 18

Valores de velocidad, caudal, longitud y diámetro de tubería para el tramo "P-73"

Label	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	HazenWilliams C	Length (Scaled) (m)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-73	J-96	J-97	96.8	HDPE	150	39	0.59	0.08

Fuente: Programa Watercad v 8i

De igual forma, en la Tabla 19 se presentan los resultados para el nodo J-92, el total de resultados se presenta en el Anexo N°3.

Tabla 19

Valores de gradiente hidráulica y presión para el nodo J-92

Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
J-92	96.95	0.32	133.6	36.6

Fuente: Programa Watercad v 8i

4.4 Desarrollo del diseño hidráulico con el programa Sewercad para las redes de alcantarillado sanitario

4.4.1 Consideraciones para el diseño hidráulico de las redes de Alcantarillado obtenidos con el programa Sewercad v 8i

- ✓ **Criterio de la Tensión Tractiva**

El esfuerzo cortante ejercido por el flujo de agua en las paredes interiores donde puede producirse la sedimentación, determina la capacidad de autolimpieza de la tubería de alcantarillado, es decir, su capacidad para transportar partículas en suspensión.

De acuerdo con el número 3.1 - Norma OS.70 del Reglamento Nacional de Construcción, la pendiente del colector se calculará utilizando el criterio de la fuerza de tracción. El valor mínimo de la fuerza de tracción es de 1,00 Pa.

- ✓ **Pendiente mínima**

Utilizando este criterio, la pendiente mínima de diseño para cualquier diámetro se define como la pendiente que, en condiciones de transporte de aguas residuales parcialmente llena, producirá un valor dado de Fuerza de Tracción (1,00 Pa).

- ✓ **Coeficiente de rugosidad**

El coeficiente de rugosidad n de Manning variará en función del tipo de material, como se representa en la siguiente tabla:

Tabla 20

Valores del coeficiente de rugosidad

Material	Coeficiente (c)
PVC	0.01
Concreto	0.013
Fibrocemento	0.01
Hierro Dúctil	0.01
Polietileno (HDPE)	0.01

Fuente: Elaboración propia

- ✓ **Tensión tractiva mínima**

De acuerdo con el numeral 3.1 - Disposiciones específicas para la norma de diseño OS.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, la fuerza de tracción mínima debe ser adecuada para transportar entre el 90 y el 95 por ciento de la cantidad prevista de material granular al sistema de alcantarillado.

La fuerza de tracción mínima para los sistemas de alcantarillado sanitario es de 1 Pa.

- ✓ **Diámetro mínimo**

De acuerdo a lo que establece la Norma OS.070 – Redes de Aguas Residuales del Reglamento Nacional de Edificaciones.

- ✓ **Tirante máximo**

Conforme a los criterios de diseño y al numeral 3.1, respecto a las disposiciones específicas que establece la norma OS.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, indica que el tirante máximo para el valor del caudal máximo debe ser igual o menor al 75% del diámetro interno del colector para permitir una ventilación que minimice o elimine la producción y acumulación de sulfuro de hidrógeno.

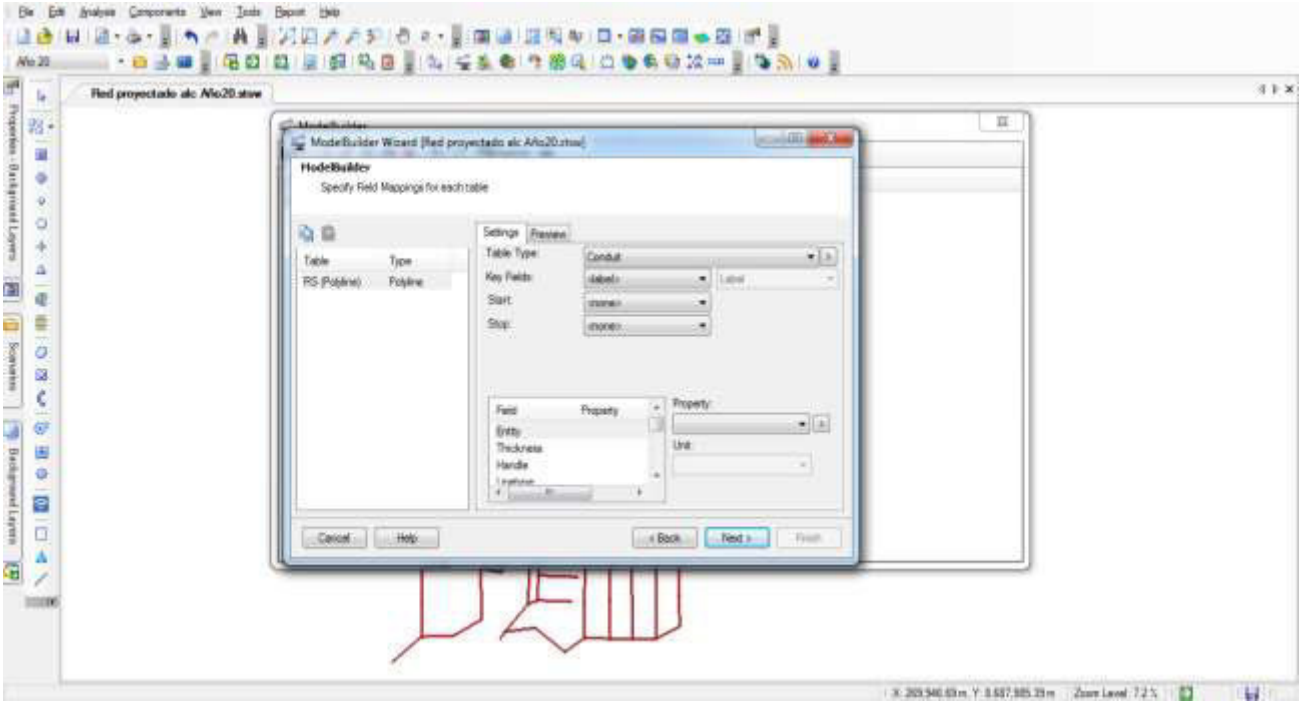
4.4.2 Procedimiento del Modelamiento hidráulico en el programa Sewercad v 8i

A continuación, se presenta un breve procedimiento del uso del programa Sewercad v 8i para el modelamiento de redes de alcantarillado sanitario.

- ✓ Importación de las redes previamente trazadas en el programa AutoCAD, ver Figura 25.

Figura25

Imagen del modelamiento hidráulico en Sewercad 1.

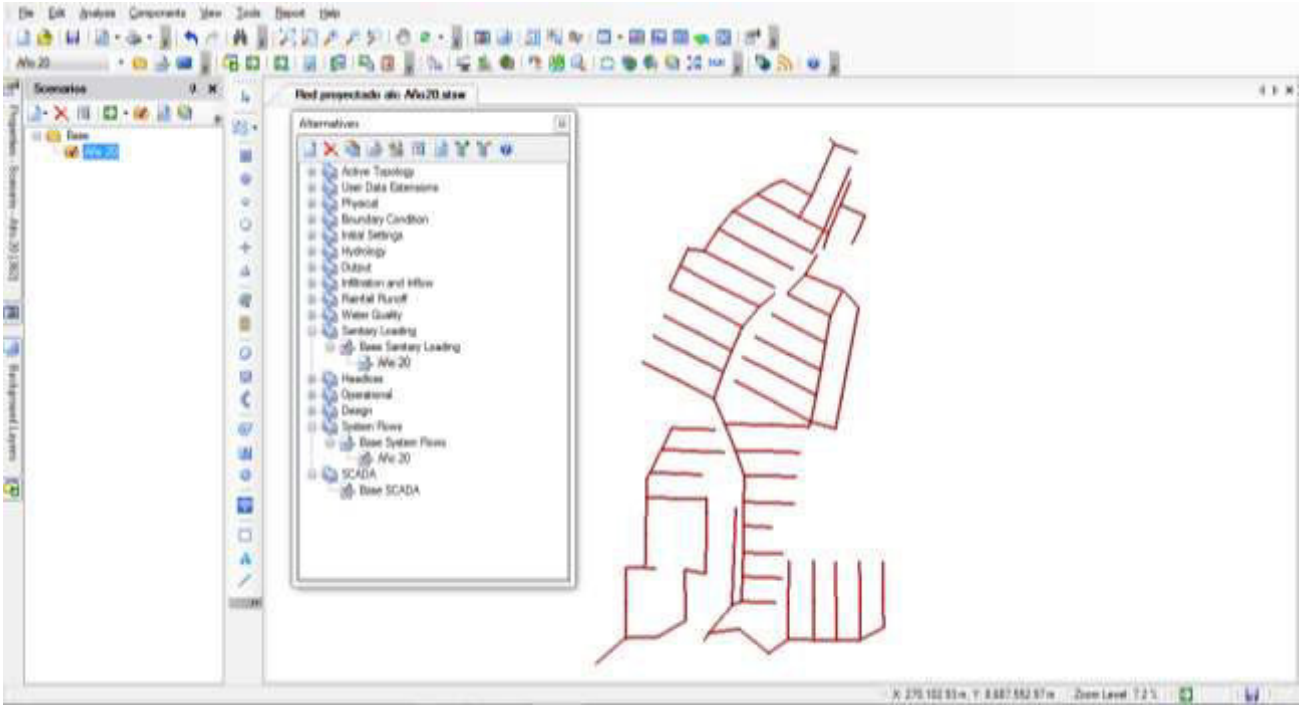


Fuente: Programa Sewercad v 8i

- ✓ Creación del escenario y la alternativa “Año 20”, ver Figura 26.

Figura26

Imagen del modelamiento hidráulico en Sewercad 2.

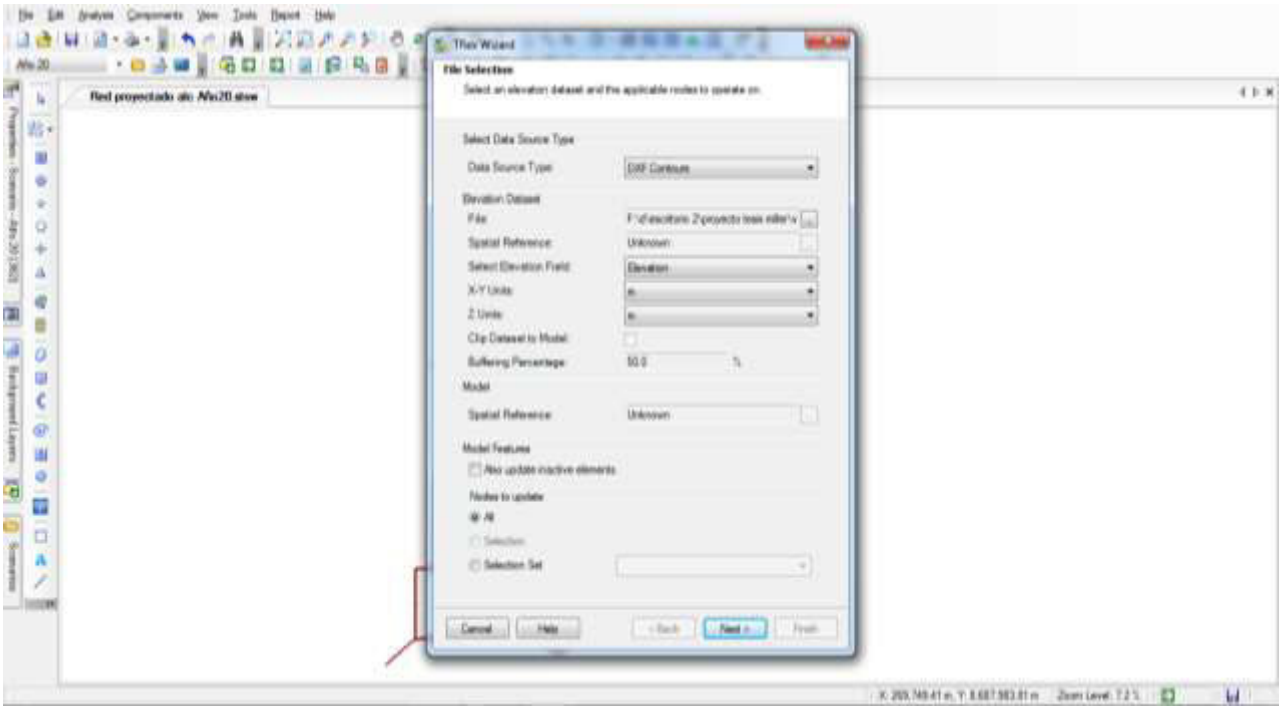


Fuente: Programa Sewercad v 8i

- ✓ Ingreso del archivo de curvas de nivel para la iteración y determinación de los valores de las cotas de terreno de los buzones, ver Figura 27.

Figura27

Imagen del modelamiento hidráulico en Sewercad 3.

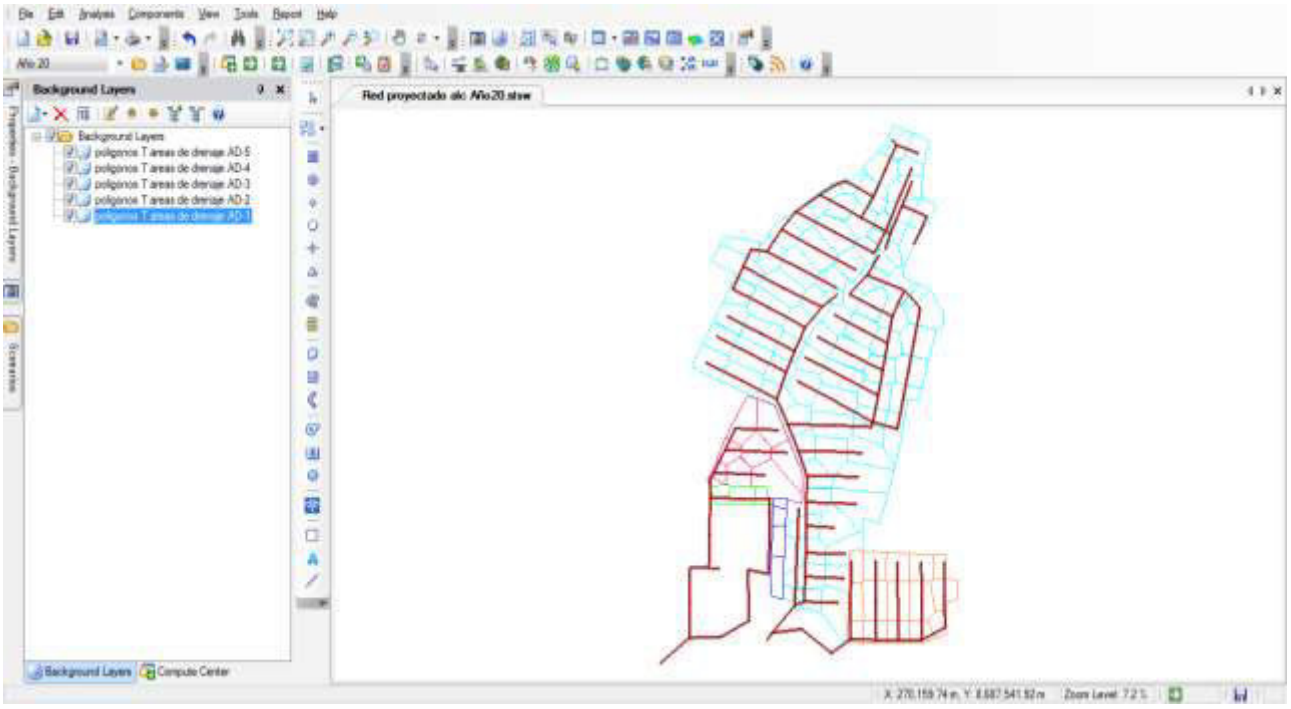


Fuente: Programa Sewercad v 8i

- ✓ Creación de los polígonos de Thiessen para la hallar el área representativa de cada buzón, por cada área de drenaje, ver Figura 28.

Figura28

Imagen del modelamiento hidráulico en Sewercad 4.

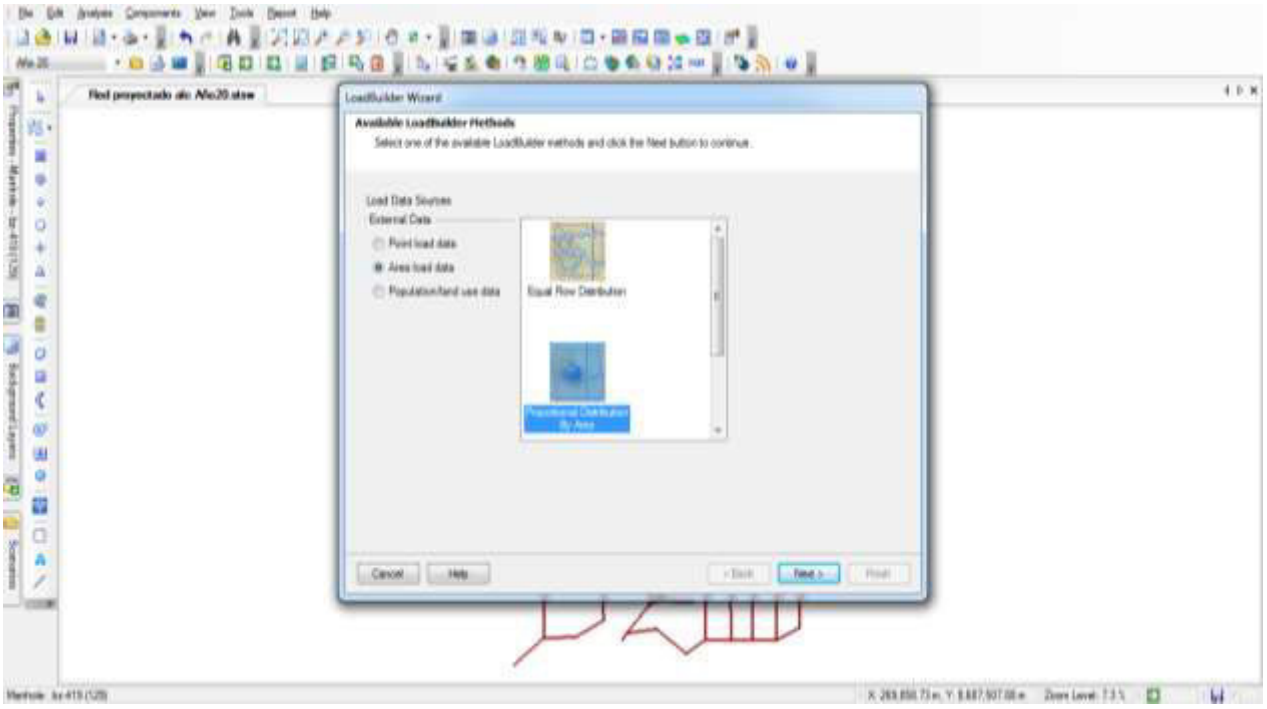


Fuente: Programa Sewercad v 8i

- ✓ Distribución del caudal de la demanda total de descarga del área de estudio a cada buzón según su área representativa y para cada área de drenaje, ver Figura 29 y 30.

Figura29

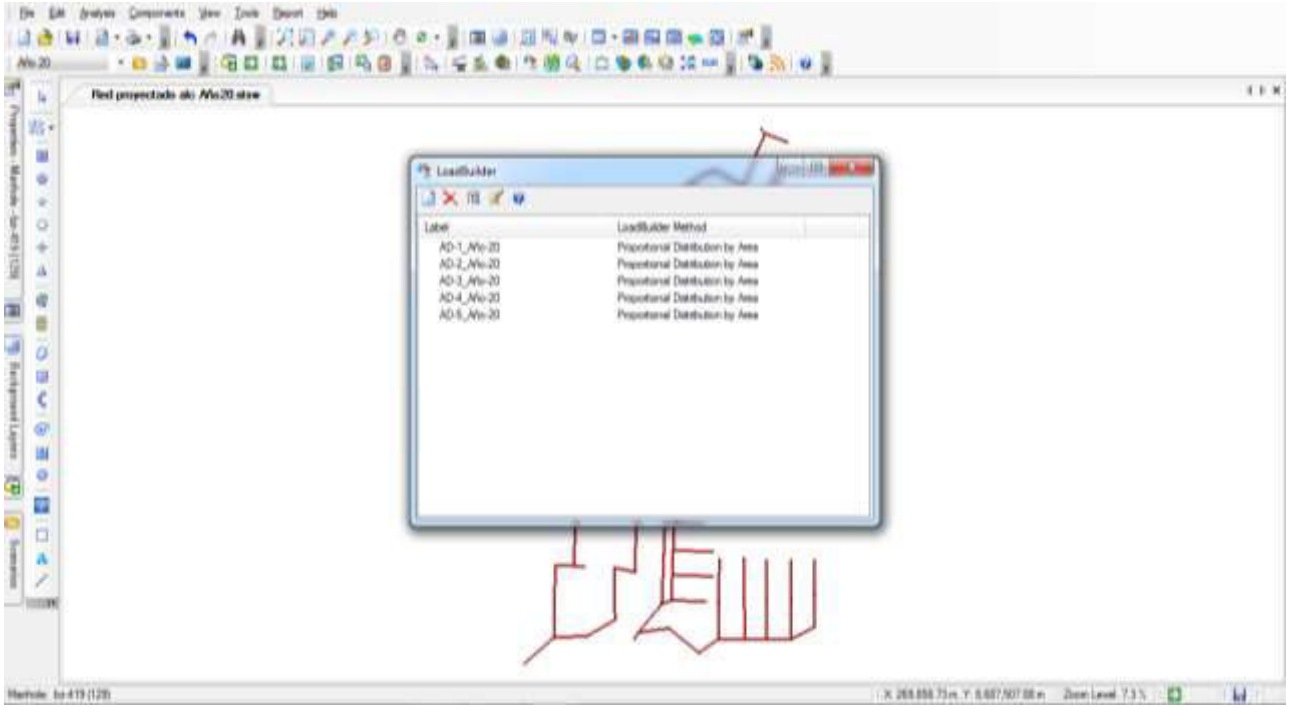
Imagen del modelamiento hidráulico en Sewercad 5.



Fuente: Programa Sewercad v 8i

Figura30

Imagen del modelamiento hidráulico en Sewercad 6.



Fuente: Programa Sewercad v 8i

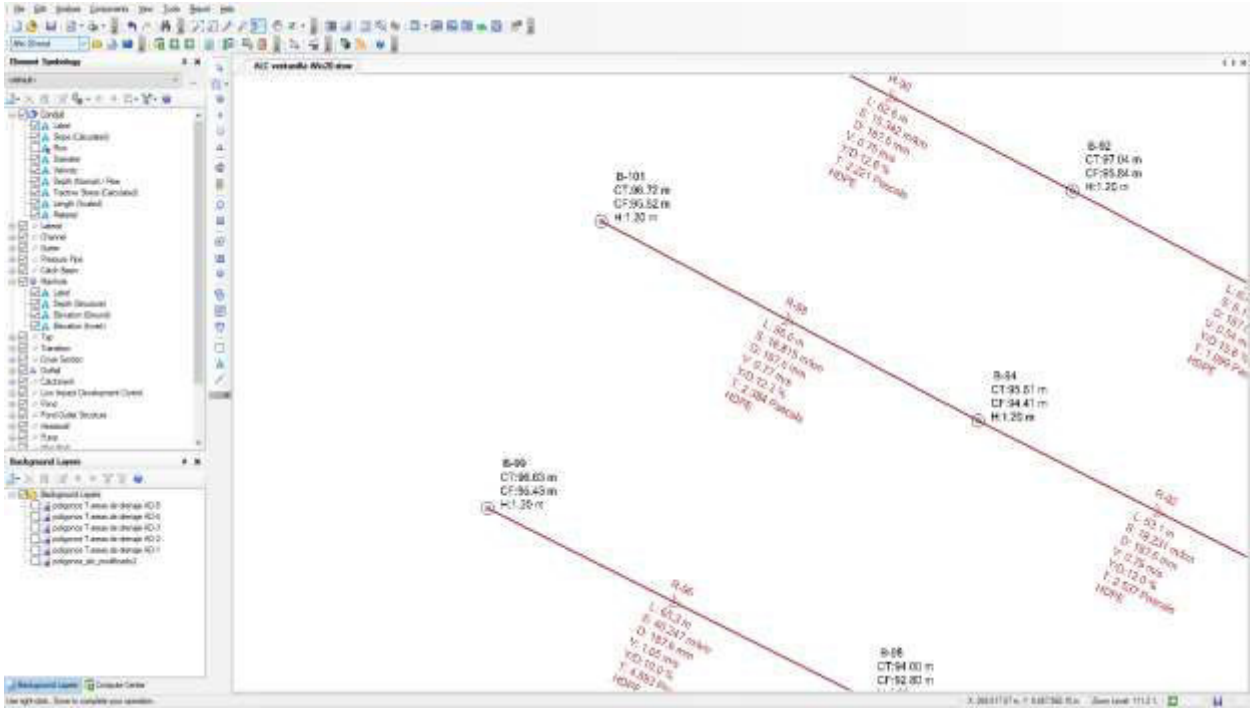
4.4.3 Resultados del Modelamiento de las redes de alcantarillado

Para evaluación de los resultados se tienen en cuenta el cumplimiento de los criterios de diseño definidos en las normas y reglamentos nacionales, expuestos en el ítem 2.6.6.

Se están adjuntando los reportes de los resultados de alcantarillado del área de estudio, ver Figura 31.

Figura 31

Interfaz del programa Sewercad para el Modelamiento hidráulico.



Fuente: Programa Sewercad v 8i

A continuación, se presentan los resultados de alcantarillado para el tramo de tubería “R-98”, ver Tabla 21. El total de los resultados se presenta en el Anexo N°4.

Tabla 21

Valores de tensión tractiva, velocidad, pendiente, longitud y diámetro de tubería para el tramo "R-98"

Label	Flow (L/seg)	Length (Scaled) (m)	Slope (Calculated) (m/km)	Diameter (mm)	Velocity (m/s)	Depth (Normal) / Rise (%)	Tractive Stress (Calculated) (Pascals)	Material
R-98	1.5	66	16.82	187.6	0.77	12.3	2.38	HDPE

Fuente: Programa Sewercad v 8i

De igual forma, se presentan los resultados de alcantarillado para el buzón “B-101”, ver Tabla 22. El total de resultados se presentan en el Anexo N°5.

Tabla 22

Valores de gradiente hidráulica, cotas y altura para el buzón "B-101"

Label	Elevation (Ground) (m)	Elevation (Invert) (m)	Hydraulic Grade Line (Out) (m)	Hydraulic Grade Line (In) (m)	Depth (Structure) (m)
B-101	96.72	95.52	95.55	95.55	1.2

Fuente: Programa Sewercad v 8i

4.5 Análisis e interpretación de resultados para las redes de agua potable

- ✓ **Nudos**

Del reporte de nudos del reservorio, se ha determinado que los nudos con presiones bajas no son puntos de abastecimiento a la población, sino puntos de paso; asimismo, debido a la accesibilidad del terreno y al área de influencia del reservorio, existen puntos que bajan y suben para seguir abasteciendo dentro de su zona de presión y/o corresponden a nodos de las líneas troncales que se comportan como la línea principal de conducción o distribución de agua.

El resto de con presiones superiores a 10 mca abastecerán a la población.

- ✓ **Tuberías**

Debido al bajo caudal del reservorio y al hecho de que las mallas y/o los circuitos principales se consideraron de al menos 110 mm, los tramos de tubería que soportan tienen valores bajos de velocidad.

Las redes troncales estratégicas, las redes matrices y principales se diseñaron utilizando la modelización hidráulica en el programa Watercad, tal y como se muestra en las tablas de cálculos

y planos adjuntos. Sin embargo, el diseño de las redes secundarias se determinó utilizando las siguientes normas:

- Norma OS. 050 Redes de Distribución de Agua para Consumo Humano
- Reglamento de Elaboración de Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado para Habilitaciones Urbanas de Lima Metropolitana y Callao (SEDAPAL)

Así tenemos que en la Norma OS.050 se indica:

- Art. 4.3: Diámetros mínimo:

  El diámetro mínimo será de 75 mm para uso de vivienda y de 150 mm de diámetro para uso industrial.

- Art. 4.6: Ubicación:

  En las calles de menos de 20 metros de ancho, se debe proyectar una línea en un lado de la calzada, preferentemente el lado de máxima altura, salvo que se justifique la instalación de dos líneas paralelas.

  En las calles y avenidas de más de 20 metros de ancho, se debe proyectar una línea en ambos lados de la calzada.

  Medida horizontalmente, la distancia mínima entre los planos verticales tangentes más próximos de una tubería de agua para consumo humano y una tubería de aguas residuales instaladas en paralelo será de 2 m.

  La distancia mínima entre el límite de la propiedad y el plano vertical tangente más cercano a la tubería es de 0,80 metros.

Así tenemos que el Reglamento de Proyectos de SEDAPAL indica:

- Art. 8.1.4: El diámetro mínimo de las redes de distribución será:

  DN 90 para las habilitaciones citadas en el Art. 4.2.3 a)

En circunstancias inusuales debidamente documentadas, pueden permitirse tramos de tubería DN 63, con una longitud máxima de 100 m si se alimenta desde un solo extremo, o de 200 m si se alimenta desde dos extremos; siempre que la tubería de alimentación tenga un diámetro mayor y dichas porciones estén situadas en los límites inferiores de las zonas de presión.

4.6 Análisis e interpretación de resultados para las redes de alcantarillado sanitario

Para determinar el diámetro de las redes secundarias de alcantarillado, se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

Norma OS. 070 Redes de Aguas Residuales

- Reglamento de Elaboración de Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado para Habilitaciones Urbanas de Lima Metropolitana y Callao (SEDAPAL)

Así tenemos que en la norma OS.070 Redes de Aguas Residuales se indica:

- Art. 3.2 Cámaras de Inspección:

  Las cámaras de Inspección podrán ser buzonetas y buzones de inspección.

  Cuando la profundidad sea mayor a 1.0 m sobre la clave de la tubería, se usarán los buzones.

Las cámaras de inspección se proyectarán siempre que se requiera la inspección y la limpieza, así como en los siguientes casos:

- Al principio, en todos los colectores
- En cada conexión del alcantarillado
- En los cambios de curso o dirección
- En las variaciones de pendiente
- En los cambios de diámetro

- En los cambios de material de la tubería

– El alcance del equipo de limpieza limita la distancia entre las sucesivas cámaras de inspección y limpieza. La distancia entre las tuberías depende de su diámetro, como se indica en la tabla siguiente:

Tabla 23

Cuadro de Distancias Máximas según Diámetros

Diámetro Nominal de Tubería (mm)	Distancia Máxima (m)
150	60
200	80
250 a 300	100

Fuente: Elaboración propia

– Art. 3.3 Ubicación de Tuberías:

En las calles o avenidas con una anchura igual o inferior a 20 metros, se diseñará un único colector en el eje de la calzada. En las avenidas de anchura superior a 20 metros, cada lado de la calzada deberá estar dotado de un colector.

La distancia mínima entre el límite de la propiedad y el plano vertical tangente de la tubería debe ser de 1,5 metros. Debe haber una separación mínima de 2 metros entre los planos tangentes de las tuberías de agua potable y de aguas residuales.

4.7 Desarrollo de planos con la propuesta del diseño hidráulico para las redes de agua potable y alcantarillado sanitario

Se anexan los planos con la información exportada del software al AutoCAD.

– Anexo N°6: Plano AP-01: Redes Proyectadas de Agua Potable.

– Anexo N°7: Plano AP-02: Redes Proyectadas de Agua Potable.

– Anexo N°8: Plano D-01: Redes Proyectadas de Alcantarillado.

- Anexo N°9: Plano D-02: Redes Proyectadas de Alcantarillado.

Conclusiones

a) En el aspecto Topográfico en la zona de la Asociación de vivienda “Santa Rosa”, se observa la existencia de cambios bruscos de pendientes y cotas, esto explica los valores elevados de las pendientes para las tuberías de alcantarillado proyectadas (ver Anexo N°4).

b) Con respecto al clima, relieve y vegetación, en la zona de la Asociación de vivienda “Santa Rosa”, se observa que presenta todas las condiciones favorables para realizar en un futuro un trabajo de abastecimiento de redes de agua potable y alcantarillado.

c) De acuerdo con lo establecido en la Norma OS.050, la presión estática en cualquier nodo de las redes de abastecimiento de agua potable no puede superar a 50 m H2O.

   Al examinar las presiones del sistema en la zona de la Asociación de vivienda “Santa Rosa”, (ver Anexo N°3) se determina que el diseño cumple con las normas vigentes, ya que presenta una presión máxima de 44,10 m H2O.

d) De acuerdo con lo establecido en la Norma OS.050, en condiciones de demanda máxima horaria, la presión estática en cualquier nodo de las redes de abastecimiento de agua potable no debe ser menor de 10 m H2O.

   Al revisar las presiones que posee el sistema en la zona de la Asociación de vivienda “Santa Rosa”, (ver Anexo N°3) se concluye que el diseño cumple la normativa vigente al presentar una presión mínima de 14.40 m H2O.

e) Según con lo establecido en la Norma OS.050, establece que la velocidad máxima en la red de agua potable deberá ser de 3 m/s.

Al examinar los valores de velocidad obtenidos en la zona de la Asociación de vivienda “Santa Rosa”, (ver Anexo N°2) se determina que el diseño cumple con la norma vigente dado que la velocidad máxima es de 1.29 m/s.

f) Según los requisitos de la Norma OS.050, el diámetro mínimo de las tuberías principales en una red de distribución de agua potable es de 75mm.

   Al revisar los valores de diámetro obtenidos en la zona de la Asociación de vivienda “Santa Rosa”, (ver Anexo N°2) se concluye que el diseño cumple con la normativa vigente, ya que presenta un diámetro mínimo de 90mm.

g) De acuerdo con lo establecido en la Norma OS.070 concerniente a redes de aguas residuales, se establece que el caudal mínimo a considerar es de 1,5 l/s.

   Al examinar los valores obtenidos durante el diseño de la red de alcantarillado en la zona de la asociación de viviendas "Santa Rosa" (ver el Anexo Nº 4) demuestra el cumplimiento de la norma vigente.

h) De acuerdo con lo establecido en la Norma OS.070, se establece que la relación máxima entre el tirante y el diámetro de la tubería es de 75%.

   Al hacer la revisión de los valores obtenidos en la zona de la asociación de viviendas "Santa Rosa" (ver el Anexo Nº 4) demuestra el cumplimiento de la norma vigente, ya que el sistema presenta una relación máxima entre el tirante y diámetro de 39.5%.

i) De acuerdo con lo establecido en la Norma OS.070, establece que la velocidad máxima en la red de alcantarillado sanitario es de 5 m/s.

   Al revisar los valores de velocidades obtenidos en la zona de la asociación de viviendas "Santa Rosa" (ver el Anexo Nº 4) se determina que el diseño cumple con la norma vigente dado que la velocidad máxima es de 3.03 m/s.

j) De acuerdo con lo establecido en la Norma OS.070, establece que la tensión tractiva en las redes de abastecimiento de alcantarillado no debe ser menor a 1.00 Pa.

   Al revisar los valores obtenidos en la zona de la Asociación de vivienda “Santa Rosa” en el diseño de la red de alcantarillado (ver Anexo N°4) se puede apreciar que se cumple con la normativa vigente dado que la tensión tractiva mínima es 1.02 Pa.

k) Según los requisitos de la Norma OS.070, el diámetro mínimo de las tuberías principales en una red de alcantarillado sanitario es de 100mm.

   Al revisar los valores de diámetro obtenidos en la zona de la Asociación de vivienda “Santa Rosa”, (ver Anexo N°4) se concluye que el diseño cumple con la normativa vigente, ya que presenta un diámetro mínimo de 200mm.

l) Se elaboraron los planos para la zona de la Asociación de vivienda “Santa Rosa” con la información exportada de los programas Watercad y Sewercad, se usa una escala adecuada para una mejor visibilidad.

m) En la presentación final de los planos para la zona de la Asociación de vivienda “Santa Rosa” estamos separando las redes de agua potable y las redes de alcantarillado, cada uno en un plano aparte para mantener un mejor orden.

Recomendaciones

a) El cumplimiento de los valores de diámetro mínimo especificados por el Reglamento Nacional de Edificación para la red de agua potable da lugar a bajas velocidades que podrían provocar problemas de sedimentación; por lo tanto, se aconseja instalar válvulas de purga en las regiones inferiores de la red para su limpieza y mantenimiento (ver Anexo 6 y 7).

b) El presente trabajo tiene como finalidad establecer una metodología para poder determinar el diseño hidráulico del sistema de agua potable y alcantarillado frente al desabastecimiento del servicio de agua potable y la falta del sistema de alcantarillado que genera problemas con respecto a la continuidad del servicio, a esto sumado las enfermedades de origen respiratorio e intestinal producto de la eliminación de los residuos sólidos y líquidos que cada poblador realiza en su propia vivienda.

c) La enseñanza y difusión de la aplicación de programas de diseño hidráulico de las redes de agua potable y alcantarillado permitirá reducir el tiempo de trabajo, ya que disminuye la duración de los procesos iterativos del diseño, al tiempo que permite evaluar diversas alternativas, como el recorrido de la red y el material a utilizar, para determinar el diseño más eficiente y rentable.

Referencias Bibliográficas

Alcocer, V. (2007). *Flujo estocástico y transporte en redes de distribución de agua potable.* México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Bartolín, H. (2013). *Confección de modelos de redes de distribución de agua desde un SIG y desarrollo de herramientas de apoyo a la toma de decisiones.* Valencia: Universitat Politécnica de Valencia.

Huayra, J. y Layme, O. (2018). *Comparación de atributos del Softwars Python con Watercad - Sewercad, en el diseño de suministro de agua potable en el centro poblado de Silva - Acoria - Huancavelica.* Huancavelica, Perú: Universidad Nacional de Huancavelica.

Jara, F. y Santos, K. (2014). *Diseño de abastecimiento de agua potable y el diseño de alcantarillado de las localidades: El Calvario y Rincón de Pampa Grande del distrito de Curgos - La Libertad.* Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego.

Marinof, N. (2001). *Abastecimiento de agua por gravedad para poblaciones rurales dispersas.* Lima, Perú: Programa de Agua y Saneamiento, Región Andina.

Olivari, O. y Castro, R. (2008). *Diseño del sistema de abastecimiento de agua y alcantarillado del Centro Poblado Cruz de Médano - Lambayeque.* Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma.

OXFAM. (s.f.). *Entre 7 y 8 millones de peruanos no tienen acceso a agua potable*. Obtenido de https://peru.oxfam.org/qu%C3%A9-hacemos-ayuda-humanitaria/entre-7-y-8-millones-de-peruanos-no-tienen-acceso-agua-potable

Rodríguez, M. y Rodríguez, J. (2014). *Modelación y Evaluación hidráulica del alcantarillado del municipio de Chocontá-Cundinamarca, mediante el uso del Software EPA SWMM.* Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia.

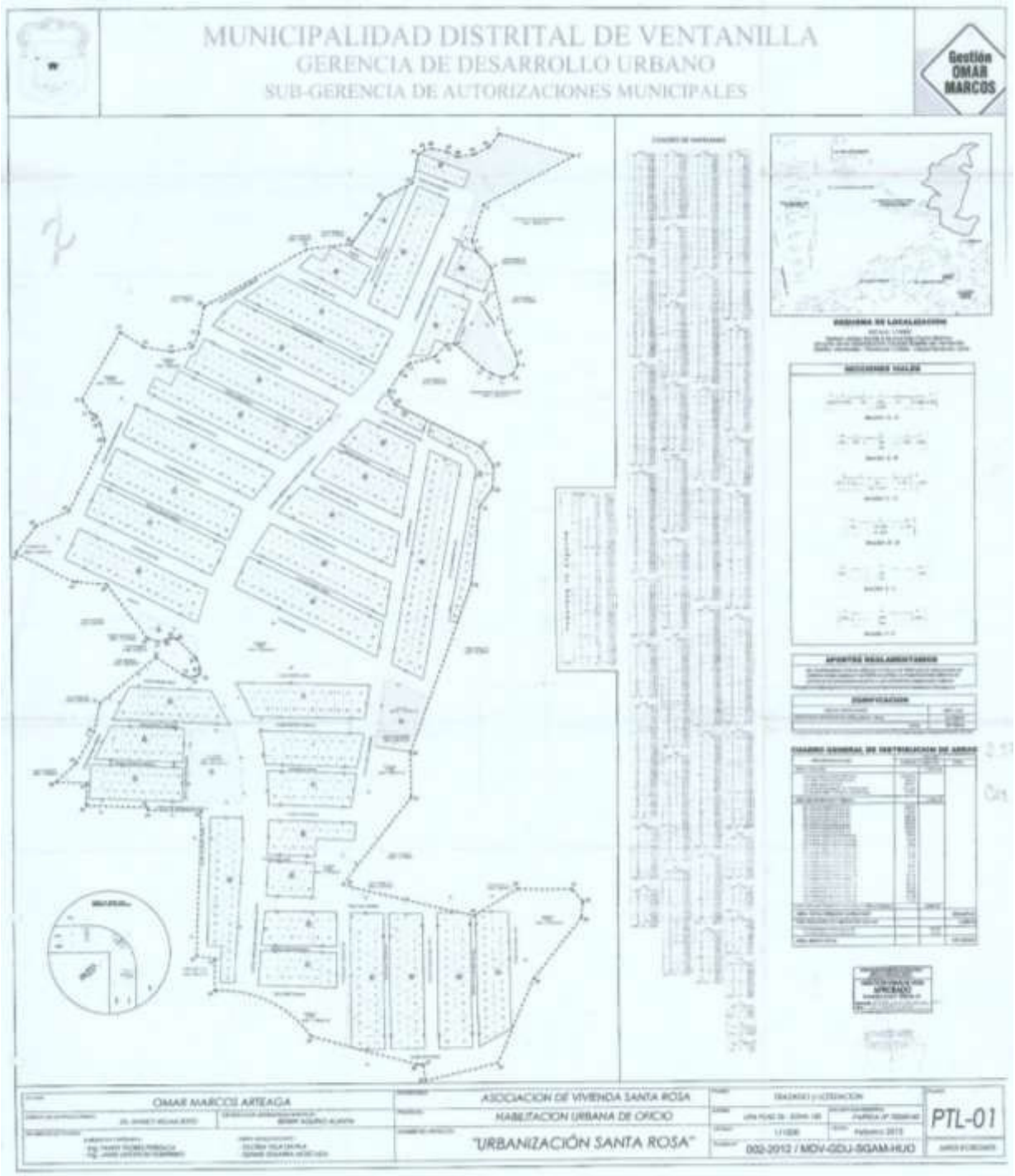
Rodríguez, P. (2001). *Abastecimiento de Agua.* México: Instituto Tecnológico de Oaxaca.

Valdivia, P. (2014). *Redes de distribución de agua.* Trujillo, Perú: Redes cerradas para sistemas de agua potable.

Vierendel. (2009). *Abastecimiento de agua y alcantarillado.* Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

Anexos

Anexo N°1: Plano De Lotización De La Asociación De Vivienda Santa Rosa.



Anexo N°2: Resultados Obtenidos Del Programa Watercad Para Las Redes De Agua Potable: Valores De Velocidad, Caudal, Longitud Y Diámetros De Tuberías.

Label	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	HazenWilliams C	Length (Scaled) (m)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-1	J-7	J-8	96.8	HDPE	150	1	2.65	0.36
P-2	J-9	J-10	96.8	HDPE	150	2	2.94	0.4
P-3	J-11	J-7	96.8	HDPE	150	2	2.94	0.4
P-4	J-12	J-13	96.8	HDPE	150	2	1.04	0.14
P-5	J-14	J-15	96.8	HDPE	150	3	0.14	0.02
P-6	J-16	J-17	96.8	HDPE	150	3	2.37	0.32
P-7	J-18	J-19	96.8	HDPE	150	3	2.60	0.35
P-8	J-20	J-21	96.8	HDPE	150	3	-0.32	0.04
P-9	J-22	J-23	96.8	HDPE	150	3	1.78	0.24
P-10	J-24	J-25	96.8	HDPE	150	3	0.37	0.05
P-11	J-26	J-9	96.8	HDPE	150	3	2.69	0.37
P-12	J-27	J-28	96.8	HDPE	150	3	3.71	0.5
P-13	J-29	J-30	96.8	HDPE	150	3	0.14	0.02
P-14	J-31	J-32	96.8	HDPE	150	4	4.87	0.66
P-15	J-33	J-34	96.8	HDPE	150	4	0.13	0.02
P-16	J-28	J-35	96.8	HDPE	150	4	2.84	0.39
P-17	J-36	J-37	96.8	HDPE	150	4	3.71	0.5
P-18	J-17	J-38	96.8	HDPE	150	4	1.78	0.24
P-19	J-35	J-39	96.8	HDPE	150	4	2.60	0.35
P-20	J-40	J-41	96.8	HDPE	150	5	4.54	0.62
P-21	J-19	J-42	96.8	HDPE	150	5	2.37	0.32
P-22	J-43	J-44	96.8	HDPE	150	5	3.32	0.45
P-23	J-45	J-46	96.8	HDPE	150	5	0.13	0.02
P-24	J-47	J-43	96.8	HDPE	150	5	2.46	0.33
P-25	J-48	J-49	96.8	HDPE	150	7	-1.23	0.17
P-26	J-50	J-51	96.8	HDPE	150	7	0.59	0.08
P-27	J-52	J-53	96.8	HDPE	150	8	7.13	0.97
P-28	J-54	J-55	96.8	HDPE	150	9	0.62	0.08
P-29	PRV-1	J-52	96.8	HDPE	150	11	7.13	0.97
P-30	J-56	J-14	96.8	HDPE	150	13	0.55	0.07

P-31	J-51	J-57	96.8	HDPE	150	13	1.11	0.15
P-32	J-28	J-43	96.8	HDPE	150	13	0.87	0.12
P-33	J-53	J-40	96.8	HDPE	150	13	4.84	0.66
P-34	J-58	J-59	96.8	HDPE	150	13	1.56	0.21
P-35	J-60	J-61	96.8	HDPE	150	15	1.81	0.25
P-36	J-13	J-62	96.8	HDPE	150	16	0.46	0.06
P-37	J-41	J-63	96.8	HDPE	150	16	4.86	0.66
P-38	J-64	J-65	96.8	HDPE	150	19	2.04	0.28
P-39	J-53	J-60	96.8	HDPE	150	22	2.29	0.31
P-40	J-66	J-56	96.8	HDPE	150	26	0.55	0.07
P-41	J-67	J-48	96.8	HDPE	150	32	-1.23	0.17
P-42	J-49	J-58	96.8	HDPE	150	32	1.56	0.21
P-43	J-37	J-27	96.8	HDPE	150	34	3.71	0.5
P-44	J-68	J-20	96.8	HDPE	150	35	-0.32	0.04
P-45	J-32	J-5	96.8	HDPE	150	35	4.37	0.59
P-46	J-69	J-70	96.8	HDPE	150	35	0.37	0.05
P-47	J-71	J-72	96.8	HDPE	150	35	0.31	0.04
P-48	J-42	J-16	96.8	HDPE	150	36	2.37	0.32
P-49	J-39	J-18	96.8	HDPE	150	36	2.60	0.35
P-50	J-44	J-73	96.8	HDPE	150	36	3.32	0.45
P-51	J-74	J-75	96.8	HDPE	150	36	0.08	0.01
P-52	J-76	J-77	96.8	HDPE	150	36	1.11	0.15
P-53	J-55	J-69	96.8	HDPE	150	36	0.49	0.07
P-54	J-34	J-45	96.8	HDPE	150	37	0.13	0.02
P-55	J-77	J-78	96.8	HDPE	150	37	0.57	0.08
P-56	J-21	J-79	96.8	HDPE	150	37	-0.15	0.02
P-57	J-80	J-62	96.8	HDPE	150	37	0.60	0.08
P-58	J-25	J-33	96.8	HDPE	150	37	0.37	0.05
P-59	J-81	J-13	96.8	HDPE	150	38	-0.59	0.08
P-60	J-38	J-22	96.8	HDPE	150	38	1.78	0.24
P-61	J-82	J-51	96.8	HDPE	150	38	0.98	0.13
P-62	J-83	J-12	96.8	HDPE	150	38	1.21	0.16
P-63	J-84	J-85	96.8	HDPE	150	38	0.38	0.05
P-64	J-63	J-66	96.8	HDPE	150	38	1.03	0.14

P-65	J-86	J-87	96.8	HDPE	150	38	3.60	0.49
P-66	J-73	J-88	96.8	HDPE	150	38	2.37	0.32
P-67	J-89	J-74	96.8	HDPE	150	39	0.16	0.02
P-68	J-61	J-90	96.8	HDPE	150	39	1.65	0.22
P-69	J-67	J-91	96.8	HDPE	150	39	1.69	0.23
P-70	J-92	J-71	96.8	HDPE	150	39	0.72	0.1
P-71	J-93	J-94	96.8	HDPE	150	39	-0.04	0.01
P-72	J-95	J-96	96.8	HDPE	150	39	1.07	0.14
P-73	J-96	J-97	96.8	HDPE	150	39	0.59	0.08
P-74	J-98	J-80	96.8	HDPE	150	40	1.13	0.15
P-75	J-99	J-24	96.8	HDPE	150	40	0.44	0.06
P-76	J-100	J-57	96.8	HDPE	150	40	0.61	0.08
P-77	J-8	J-64	96.8	HDPE	150	40	2.65	0.36
P-78	J-65	J-101	96.8	HDPE	150	40	2.04	0.28
P-79	J-102	J-95	96.8	HDPE	150	40	1.44	0.2
P-80	J-23	J-83	96.8	HDPE	150	41	1.44	0.2
P-81	J-103	J-82	96.8	HDPE	150	41	1.22	0.17
P-82	J-63	J-104	96.8	HDPE	150	41	2.96	0.4
P-83	J-105	J-87	96.8	HDPE	150	41	-0.61	0.08
P-84	J-41	J-68	96.8	HDPE	150	41	-0.32	0.04
P-85	J-101	J-102	96.8	HDPE	150	41	1.83	0.25
P-86	J-105	J-36	96.8	HDPE	150	42	4.71	0.64
P-87	J-10	J-11	96.8	HDPE	150	44	2.94	0.4
P-88	J-15	J-29	96.8	HDPE	150	44	0.14	0.02
P-89	J-104	J-76	96.8	HDPE	150	45	2.31	0.31
P-90	J-106	J-26	96.8	HDPE	150	45	2.69	0.37
P-91	J-91	J-103	96.8	HDPE	150	45	1.57	0.21
P-92	J-88	J-98	96.8	HDPE	150	46	1.71	0.23
P-93	J-107	J-93	96.8	HDPE	150	53	0.14	0.02
P-94	J-47	J-49	96.8	HDPE	150	61	3.07	0.42
P-95	J-108	J-92	96.8	HDPE	150	67	1.72	0.23
P-96	J-76	J-84	96.8	HDPE	150	75	0.86	0.12
P-97	J-78	J-107	96.8	HDPE	150	77	0.37	0.05
P-98	J-87	J-106	96.8	HDPE	150	79	2.99	0.41

P-99	J-90	J-54	96.8	HDPE	150	81	0.62	0.08
P-100	J-63	J-99	96.8	HDPE	150	84	0.65	0.09
P-101	J-79	J-70	96.8	HDPE	150	87	-0.25	0.03
P-102	J-6	J-86	96.8	HDPE	150	90	4.08	0.55
P-103	J-85	J-94	96.8	HDPE	150	125	0.22	0.03
P-104	J-109	J-47	96.8	HDPE	150	126	5.75	0.78
P-105	J-92	J-89	96.8	HDPE	150	126	0.46	0.06
P-106	J-31	J-105	96.8	HDPE	150	129	4.68	0.64
P-107	J-30	J-46	96.8	HDPE	150	131	0.03	0
P-108	J-97	J-81	96.8	HDPE	150	139	0.28	0.04
P-109	J-62	J-50	96.8	HDPE	150	149	0.59	0.08
P-110	J-59	J-100	96.8	HDPE	150	195	1.15	0.16
P-111	J-57	J-108	96.8	HDPE	150	208	1.72	0.23
P-112	J-110	J-31	141	HDPE	150	16	9.55	0.61
P-113	TCV-1	J-110	141	HDPE	150	32	15.64	1
P-114	J-110	J-109	141	HDPE	150	87	6.09	0.39
P-115	J-111	J-82	79.2	HDPE	150	4	0.28	0.06
P-116	J-112	J-103	79.2	HDPE	150	5	0.25	0.05
P-117	J-113	J-21	79.2	HDPE	150	5	0.33	0.07
P-118	J-114	J-69	79.2	HDPE	150	6	0.06	0.01
P-119	J-115	J-67	79.2	HDPE	150	9	0.75	0.15
P-120	J-116	J-91	79.2	HDPE	150	9	0.38	0.08
P-121	J-90	J-117	79.2	HDPE	150	35	0.68	0.14
P-122	J-84	J-118	79.2	HDPE	150	37	0.24	0.05
P-123	J-117	J-113	79.2	HDPE	150	37	0.33	0.07
P-124	J-118	J-107	79.2	HDPE	150	37	0.21	0.04
P-125	J-109	J-119	79.2	HDPE	150	37	0.34	0.07
P-126	J-86	J-120	79.2	HDPE	150	38	0.48	0.1
P-127	J-104	J-121	79.2	HDPE	150	44	0.35	0.07
P-128	J-119	J-122	79.2	HDPE	150	45	0.34	0.07
P-129	J-117	J-114	79.2	HDPE	150	71	0.06	0.01
P-130	J-77	J-118	79.2	HDPE	150	76	0.28	0.06
P-131	J-73	J-115	79.2	HDPE	150	78	0.75	0.15
P-132	J-66	J-24	79.2	HDPE	150	87	0.15	0.03

P-133	J-88	J-116	79.2	HDPE	150	98	0.38	0.08
P-134	J-14	J-33	79.2	HDPE	150	98	0.04	0.01
P-135	J-60	J-123	79.2	HDPE	150	119	0.23	0.05
P-136	J-72	J-75	79.2	HDPE	150	122	0.11	0.02
P-137	J-98	J-112	79.2	HDPE	150	124	0.25	0.05
P-138	J-71	J-74	79.2	HDPE	150	126	0.15	0.03
P-139	J-23	J-102	79.2	HDPE	150	134	-0.07	0.02
P-140	J-96	J-12	79.2	HDPE	150	135	0.16	0.03
P-141	J-83	J-95	79.2	HDPE	150	135	-0.08	0.02
P-142	J-36	J-9	79.2	HDPE	150	138	0.61	0.12
P-143	J-19	J-64	79.2	HDPE	150	139	-0.11	0.02
P-144	J-80	J-111	79.2	HDPE	150	143	0.28	0.06
P-145	J-17	J-101	152.4	HDPE	150	146	0.26	0.01
P-146	J-40	J-124	152.4	HDPE	150	150	0.13	0.01
P-147	J-35	J-7	79.2	HDPE	150	150	-0.08	0.02
P-148	J-61	J-125	96.8	HDPE	150	81	0.16	0.02
P-149	RAP-06	J-126	150	Ductile Iron	130	51	22.76	1.29
P-150	J-126	PRV-1	150	Ductile Iron	130	673	7.13	0.4
P-151	J-126	TCV-1	152.4	PVC	150	7	15.64	0.86
P-152	J-5	J-6	96.8	HDPE	150	0	4.08	0.55

Fuente: Programa Watercad

Anexo N°3: Resultados Obtenidos Del Programa Watercad Para Las Redes De Agua Potable: Valores De Gradiente Hidráulica y Presiones De Los Nodos.

Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
J-1	111.99	0.30	134.47	22.4
J-2	111.99	0.00	134.47	22.4
J-3	105.32	0.22	133.77	28.4
J-4	105.88	0.00	133.77	27.8
J-5	105.21	0.36	133.86	28.6
J-6	105.19	0.00	133.85	28.6
J-7	105.3	0.00	133.78	28.4
J-8	94.28	0.33	133.6	39.2
J-9	94.16	0.00	133.6	39.4
J-10	88.75	0.37	110.66	21.9
J-11	88.79	0.00	110.66	21.8
J-12	101.99	0.00	133.66	31.6
J-13	101.98	0.33	133.66	31.6
J-14	105.1	0.00	133.72	28.6
J-15	105.07	0.34	133.71	28.6
J-16	88.78	0.00	110.75	21.9
J-17	88.88	0.17	110.75	21.8
J-18	99.13	0.00	133.63	34.4
J-19	99.17	0.41	133.63	34.4
J-20	88.22	0.22	110.67	22.4
J-21	88.34	0.00	110.67	22.3
J-22	104.18	0.00	133.86	29.6
J-23	108.53	0.00	133.79	25.2
J-24	108.28	0.00	133.78	25.4
J-25	90.26	0.00	110.66	20.4
J-26	90.38	0.11	110.66	20.2
J-27	112.78	0.00	134.61	21.8
J-28	112.89	0.50	134.6	21.7
J-29	89.7	0.28	110.66	20.9
J-30	89.78	0.00	110.66	20.8

J-31	108.31	0.32	133.77	25.4
J-32	111.74	0.38	133.89	22.1
J-33	111.4	0.00	133.88	22.4
J-34	101.69	0.00	133.66	31.9
J-35	107.95	0.00	133.77	25.8
J-36	85.66	0.17	110.77	25.1
J-37	85.51	0.00	110.75	25.2
J-38	104.64	0.00	133.71	29
J-39	108.51	0.00	133.78	25.2
J-40	108.21	0.00	133.77	25.5
J-41	91.51	0.00	110.66	19.1
J-42	91.55	0.16	110.66	19.1
J-43	108.45	0.23	133.78	25.3
J-44	105.95	0.00	133.66	27.7
J-45	106.81	0.28	133.67	26.8
J-46	92.48	0.00	133.58	41
J-47	92.82	0.45	133.58	40.7
J-48	85.81	0.00	110.89	25
J-49	85.75	0.00	110.82	25
J-50	86.34	0.00	110.76	24.4
J-51	86.79	0.13	110.76	23.9
J-52	88.25	0.00	110.67	22.4
J-53	91.91	0.00	133.58	41.6
J-54	107.43	0.00	133.65	26.2
J-55	107.14	0.41	133.64	26.4
J-56	84.95	0.25	110.8	25.8
J-57	84.87	0.00	110.79	25.9
J-58	94.33	0.46	133.6	39.2
J-59	85.27	0.22	110.68	25.4
J-60	102.95	0.49	133.71	30.7
J-61	104.94	0.00	133.7	28.7
J-62	86.81	0.33	110.67	23.8
J-63	103.66	0.29	133.65	29.9
J-64	87.23	0.00	110.75	23.5

J-65	87.99	0.18	110.75	22.7
J-66	91.38	0.12	110.75	19.3
J-67	103.33	0.26	133.39	30
J-68	108.2	0.20	133.39	25.1
J-69	105.28	0.21	133.69	28.3
J-70	94.47	0.24	133.39	38.8
J-71	101.73	0.19	133.39	31.6
J-72	81.86	0.34	110.55	28.6
J-73	81.35	0.26	110.54	29.1
J-74	80.62	0.20	110.54	29.9
J-75	90.19	0.10	110.75	20.5
J-76	96.56	0.26	133.6	37
J-77	92.3	0.87	133.59	41.2
J-78	94.49	0.52	133.59	39
J-79	96.65	0.31	133.61	36.9
J-80	88.6	0.24	110.54	21.9
J-81	92.03	0.16	110.54	18.5
J-82	110.24	0.00	134.17	23.9
J-83	110.97	0.00	134.07	23.1
J-84	102.2	0.28	133.64	31.4
J-85	91.71	0.29	133.39	41.6
J-86	86.87	0.35	110.76	23.8
J-87	100.26	0.50	133.63	33.3
J-88	97.11	0.55	133.4	36.2
J-89	84.93	0.18	110.54	25.6
J-90	87.95	0.18	110.54	22.5
J-91	98	0.30	133.61	35.5
J-92	96.95	0.32	133.6	36.6
J-93	96.81	0.31	133.6	36.7
J-94	99.31	0.32	133.61	34.2
J-95	86.38	0.21	110.67	24.2
J-96	97.73	0.54	133.58	35.8
J-97	101.29	0.48	133.66	32.3
J-98	99.53	0.31	133.63	34

J-99	97.12	0.60	133.6	36.4
J-100	83.81	0.31	110.6	26.7
J-101	113	0.58	134.07	21
J-102	107.47	0.30	133.93	26.4
J-103	86.53	0.43	110.54	24
J-104	89.29	0.00	133.44	44.1
J-105	113.05	0.00	134.56	21.5
J-106	114.26	0.00	134.65	20.4
J-107	94.46	0.00	133.59	39.1
J-108	96.97	0.00	133.6	36.6
J-109	88.76	0.00	110.75	21.9
J-110	87.8	0.00	110.75	22.9
J-111	103.46	0.00	133.66	30.1
J-112	100.1	0.00	133.63	33.5
J-113	88.24	0.28	110.75	22.5
J-114	88.24	0.32	110.54	22.3
J-115	114.15	0.00	134.56	20.4
J-116	108.06	0.48	134.17	26.1
J-117	84.28	0.35	110.6	26.3
J-118	118.45	0.34	134.55	16.1
J-119	80.03	0.23	110.79	30.7
J-120	80.01	0.13	110.77	30.7
J-121	83.8	0.16	110.79	26.9
J-122	120.44	0.00	134.89	14.4

Fuente: Programa Watercad

Anexo N°4: Resultados Obtenidos Del Programa Sewercad Para Las Redes De Alcantarillado: Valores De Tensión Tractica, Velocidad, Pendiente, Longitud y Diámetros De Tuberías.

Label	Flow (L/seg)	Length (Scaled) (m)	Slope (Calculated) (m/km)	Diameter (mm)	Velocity (m/s)	Depth (Normal) / Rise (%)	Tractive Stress (Calculated) (Pascals)	Material
R-1	2.98	8.2	49.98	187.6	1.39	13.2	7.56	HDPE
R-2	1.5	8.9	46.96	187.6	1.1	9.7	5.30	HDPE
R-3	1.5	10.7	178.79	187.6	1.75	7	14.93	HDPE
R-4	1.5	12.1	84.24	187.6	1.36	8.4	8.29	HDPE
R-5	10.52	17	52.93	187.6	2.05	24.1	13.84	HDPE
R-6	1.5	21.3	7.06	187.6	0.57	15.2	1.22	HDPE
R-7	1.5	21.5	8.36	187.6	0.6	14.6	1.39	HDPE
R-8	1.5	25.7	112.90	187.6	1.51	7.8	10.37	HDPE
R-9	2.65	26.4	6.43	187.6	0.65	20.5	1.46	HDPE
R-10	1.5	27.7	57.42	187.6	1.18	9.2	6.18	HDPE
R-11	2.74	30.5	63.04	187.6	1.47	12	8.72	HDPE
R-12	1.5	32.3	66.89	187.6	1.25	8.8	6.95	HDPE
R-13	4.06	35.9	61.07	187.6	1.63	14.6	10.16	HDPE
R-14	1.5	36.2	44.18	187.6	1.08	9.8	5.05	HDPE
R-15	1.5	36.5	84.49	187.6	1.36	8.4	8.31	HDPE
R-16	1.5	37.1	85.21	187.6	1.36	8.3	8.36	HDPE
R-17	1.86	37.2	76.81	187.6	1.4	9.5	8.51	HDPE
R-18	1.5	37.5	48.02	187.6	1.12	9.5	5.36	HDPE
R-19	9.46	37.5	38.36	187.6	1.77	24.8	10.26	HDPE
R-20	1.5	37.8	36.24	187.6	1.01	10.2	4.33	HDPE
R-21	10	37.9	21.10	187.6	1.46	29.7	6.57	HDPE
R-22	1.66	39	103.18	187.6	1.5	8.4	10.16	HDPE
R-23	1.5	39	28.20	187.6	0.92	10.9	3.56	HDPE
R-24	1.5	39.6	10.87	187.6	0.66	13.7	1.70	HDPE
R-25	10.25	39.6	20.22	187.6	1.44	30.4	6.42	HDPE
R-26	3.22	39.8	18.85	187.6	1.01	17.3	3.67	HDPE
R-27	1.5	39.8	76.32	187.6	1.31	8.6	7.69	HDPE

R-28	1.5	40.1	65.63	187.6	1.24	8.9	6.85	HDPE
R-29	1.5	41.2	34.18	187.6	0.99	10.4	4.14	HDPE
R-30	1.5	41.4	11.36	187.6	0.67	13.5	1.76	HDPE
R-31	3.67	41.7	39.37	187.6	1.36	15.4	6.90	HDPE
R-32	8.73	41.7	41.25	187.6	1.78	23.3	10.48	HDPE
R-33	9.09	41.8	40.15	187.6	1.79	24	10.43	HDPE
R-34	1.5	42	15.47	187.6	0.75	12.5	2.24	HDPE
R-35	1.5	45.7	87.50	187.6	1.38	8.3	8.54	HDPE
R-36	1.5	42.4	6.61	187.6	0.56	15.4	1.16	HDPE
R-37	1.5	42.4	8.73	187.6	0.61	14.4	1.44	HDPE
R-38	2.25	42.5	13.18	187.6	0.8	15.9	2.37	HDPE
R-39	1.5	42.7	110.60	187.6	1.5	7.8	10.21	HDPE
R-40	1.5	42.9	91.22	187.6	1.4	8.2	8.81	HDPE
R-41	9.76	43	42.35	187.6	1.85	24.5	11.24	HDPE
R-42	1.5	42.5	41.15	187.6	1.06	9.9	4.79	HDPE
R-43	1.5	43.1	77.98	187.6	1.32	8.5	7.82	HDPE
R-44	1.5	43.2	6.25	187.6	0.54	15.6	1.11	HDPE
R-45	1.77	43.3	50.13	187.6	1.19	10.3	6.00	HDPE
R-46	1.5	43.6	136.06	187.6	1.59	7.5	12.08	HDPE
R-47	1.5	43.7	66.76	187.6	1.25	8.8	6.94	HDPE
R-48	1.5	43.8	79.62	187.6	1.33	8.5	7.94	HDPE
R-49	4.89	44.1	50.06	187.6	1.61	16.7	9.44	HDPE
R-50	1.5	44.9	24.29	187.6	0.88	11.3	3.18	HDPE
R-51	1.5	44.9	27.16	187.6	0.91	11	3.46	HDPE
R-52	1.5	45.5	16.27	187.6	0.76	12.4	2.32	HDPE
R-53	1.5	45.6	7.45	187.6	0.58	15	1.27	HDPE
R-54	4.47	45.8	51.37	187.6	1.58	15.9	9.26	HDPE
R-55	8.27	45.9	28.12	187.6	1.53	25	7.59	HDPE
R-56	1.5	46.2	55.45	187.6	1.16	9.3	6.03	HDPE
R-57	1.5	46.4	13.59	187.6	0.72	12.9	2.02	HDPE
R-58	1.5	46.5	11.19	187.6	0.67	13.6	1.74	HDPE
R-59	1.5	47.5	60.27	187.6	1.2	9.1	6.41	HDPE
R-60	1.5	47.7	27.07	187.6	0.91	11	3.45	HDPE
R-61	1.5	47.9	34.02	187.6	0.99	10.4	4.12	HDPE

R-62	1.5	47.9	48.82	187.6	1.12	9.5	5.43	HDPE
R-63	1.5	48.7	98.19	187.6	1.43	8.1	9.32	HDPE
R-64	1.5	48.8	5.95	187.6	0.54	15.8	1.07	HDPE
R-65	1.5	49	11.42	187.6	0.67	13.5	1.77	HDPE
R-66	1.5	49.3	116.53	187.6	1.5	7.8	10.73	HDPE
R-67	1.5	50.2	19.91	187.6	0.89	11.1	3.33	HDPE
R-68	1.5	51.8	21.04	187.6	0.83	11.7	2.84	HDPE
R-69	1.5	51.9	8.09	187.6	0.6	14.7	1.35	HDPE
R-70	1.5	52.1	12.87	187.6	0.7	13.1	1.94	HDPE
R-71	1.5	53.1	11.86	187.6	0.71	13	2.01	HDPE
R-72	1.5	53.4	80.30	187.6	1.33	8.5	7.99	HDPE
R-73	1.5	54.5	38.69	187.6	1.03	10.1	4.55	HDPE
R-74	1.5	49.4	11.54	187.6	0.68	13.4	1.82	HDPE
R-75	1.5	54.5	46.24	187.6	1.09	9.7	5.20	HDPE
R-76	1.5	56.3	30.53	187.6	0.95	10.7	3.79	HDPE
R-77	1.5	57	72.43	187.6	1.29	8.7	7.39	HDPE
R-78	1.5	66.8	21.99	187.6	0.85	11.5	2.94	HDPE
R-79	10.71	58	43.61	187.6	1.93	25.5	11.97	HDPE
R-80	1.5	58.1	6.88	187.6	0.56	15.3	1.19	HDPE
R-81	1.5	58.3	13.21	187.6	0.71	13	1.98	HDPE
R-82	1.5	58.3	20.23	187.6	0.82	11.8	2.76	HDPE
R-83	1.5	61.1	41.10	187.6	1.05	9.9	4.77	HDPE
R-84	1.5	61.3	50.74	187.6	1.13	9.5	5.62	HDPE
R-85	1.5	61.4	48.07	187.6	1.12	9.5	5.36	HDPE
R-86	3.07	61.4	16.93	187.6	0.96	17.4	3.30	HDPE
R-87	1.5	61.5	46.80	187.6	1.1	9.7	5.29	HDPE
R-88	1.5	61.8	94.62	187.6	1.42	8.1	9.06	HDPE
R-89	1.5	62.5	6.24	187.6	0.54	15.6	1.11	HDPE
R-90	1.5	62.6	15.34	187.6	0.75	12.6	2.22	HDPE
R-91	1.5	63	6.19	187.6	0.54	15.6	1.10	HDPE
R-92	1.5	63.1	18.23	187.6	0.79	12	2.54	HDPE
R-93	1.5	63.4	21.61	187.6	0.84	11.6	2.90	HDPE
R-94	1.5	64.4	26.25	187.6	0.9	11.1	3.37	HDPE
R-95	1.5	65.2	19.64	187.6	0.81	11.9	2.69	HDPE

R-96	1.5	65.3	40.25	187.6	1.05	10	4.69	HDPE
R-97	1.5	65.6	88.23	187.6	1.38	8.3	8.59	HDPE
R-98	1.5	66	16.82	187.6	0.77	12.3	2.38	HDPE
R-99	1.5	66.1	28.59	187.6	0.93	10.8	3.60	HDPE
R-100	1.5	66.3	88.71	187.6	1.38	8.3	8.63	HDPE
R-101	1.5	67.6	32.52	187.6	0.97	10.5	3.98	HDPE
R-102	1.5	67.7	39.02	187.6	1.03	10.1	4.58	HDPE
R-103	3.32	68.2	15.24	187.6	0.95	18.5	3.15	HDPE
R-104	3.5	68.3	6.59	187.6	0.71	23.4	1.68	HDPE
R-105	1.5	68.3	7.91	187.6	0.59	14.7	1.33	HDPE
R-106	1.5	71.5	37.46	187.6	1.02	10.2	4.44	HDPE
R-107	1.5	71.9	6.82	187.6	0.56	15.3	1.18	HDPE
R-108	1.5	72.2	17.32	187.6	0.78	12.2	2.44	HDPE
R-109	1.5	72.2	24.11	187.6	0.87	11.3	3.16	HDPE
R-110	1.5	73	21.37	187.6	0.84	11.6	2.88	HDPE
R-111	1.5	73.6	18.62	187.6	0.8	12	2.58	HDPE
R-112	1.5	73.6	59.39	187.6	1.2	9.1	6.34	HDPE
R-113	1.5	74.3	5.66	187.6	0.53	16	1.02	HDPE
R-114	1.5	76.7	32.33	187.6	0.97	10.5	3.96	HDPE
R-115	1.5	76.7	39.77	187.6	1.04	10	4.65	HDPE
R-116	3.25	78.9	6.34	187.6	0.69	22.8	1.58	HDPE
R-117	1.5	83.5	12.46	187.6	0.69	13.2	1.89	HDPE
R-118	1.5	86.4	14.46	187.6	0.73	12.7	2.12	HDPE
R-119	1.5	40.4	10.38	187.6	0.7	13.1	1.93	HDPE
R-120	1.5	72.5	17.24	187.6	0.78	12.2	2.43	HDPE
R-121	1.5	42.3	76.89	187.6	1.43	8.1	9.21	HDPE
R-122	1.5	17.5	12.58	187.6	0.86	11.4	3.05	HDPE
R-123	1.5	22.3	30.56	187.6	1.08	9.8	5.06	HDPE
R-124	1.5	29.5	64.13	187.6	1.29	8.7	7.42	HDPE
R-125	1.5	57.4	52.59	187.6	1.09	9.7	5.23	HDPE
R-126	1.5	53.9	42.52	187.6	1.07	9.9	4.90	HDPE
R-127	1.5	31.5	18.41	187.6	0.8	12	2.56	HDPE
R-128	1.6	55.1	30.65	187.6	0.97	11	3.91	HDPE
R-129	1.6	55.6	37.03	187.6	1.03	10.5	4.53	HDPE

R-130	2.79	64.2	58.44	187.6	1.44	12.3	8.28	HDPE
R-131	1.5	35.7	21.27	187.6	0.75	12.6	2.22	HDPE
R-132	53.7	62.9	18.29	295.6	2.13	39.5	11.24	HDPE
R-133	53.7	50.2	48.44	295.6	3.03	30.5	24.30	HDPE
R-134	64.41	13.1	31.27	295.6	2.73	37.6	18.54	HDPE
R-135	1.5	80.7	29.85	187.6	0.94	10.7	3.73	HDPE
R-136	1.5	53.1	32.03	187.6	0.96	10.5	3.93	HDPE
R-137	1.5	53.7	18.44	187.6	0.8	12	2.56	HDPE
R-138	1.5	17.6	26.69	187.6	0.91	11	3.42	HDPE

Fuente: Programa Sewercad

Anexo N°5: Resultados Obtenidos Del Programa Sewercad Para Las Redes De Alcantarillado: Valores De Gradiente Hidráulica, Cotas y Altura De Buzones.

Label	Elevation (Ground) (m)	Elevation (Invert) (m)	Hydraulic Grade Line (Out) (m)	Hydraulic Grade Line (In) (m)	Depth (Structure) (m)
B-1	92.05	90.85	90.9	90.9	1.2
B-2	91.64	90.44	90.49	90.49	1.2
B-3	113.52	111.42	111.45	111.45	2.1
B-4	113	111	111.03	111.03	2
B-5	111.9	110.7	110.73	110.73	1.2
B-6	113.82	112.62	112.65	112.65	1.2
B-7	86.65	85.05	85.08	85.08	1.6
B-8	79.45	78.25	78.34	78.34	1.2
B-9	80.35	79.15	79.24	79.24	1.2
B-10	84.23	83.03	83.06	83.06	1.2
B-11	84.91	83.71	83.74	83.74	1.2
B-12	107.24	105.84	105.87	105.87	1.4
B-13	107.19	105.69	105.72	105.72	1.5
B-14	109.44	108.24	108.27	108.27	1.2
B-15	109.46	108.06	108.09	108.09	1.4
B-16	107.26	106.06	106.09	106.09	1.2
B-17	115.52	114.32	114.35	114.35	1.2
B-18	102.62	101.42	101.46	101.46	1.2
B-19	102.85	101.25	101.29	101.29	1.6
B-20	107.67	106.47	106.5	106.5	1.2
B-21	101.43	99.33	99.38	99.38	2.1
B-22	102.2	101	101.03	101.03	1.2
B-23	104.36	103.16	103.19	103.19	1.2
B-24	94.46	93.26	93.32	93.32	1.2
B-25	96.65	95.45	95.5	95.5	1.2
B-26	110.74	108.44	108.47	108.47	2.3
B-27	108.04	106.84	106.87	106.87	1.2
B-28	90.96	89.76	89.79	89.79	1.2
B-29	87.88	86.68	86.71	86.71	1.2

B-30	111.89	110.69	110.72	110.72	1.2
B-31	108.73	107.53	107.56	107.56	1.2
B-32	103.18	101.98	102.02	102.02	1.2
B-33	106.04	104.84	104.88	104.88	1.2
B-34	87.86	86.46	86.49	86.49	1.4
B-35	89.76	88.26	88.29	88.29	1.5
B-36	83.77	82.57	82.66	82.66	1.2
B-37	85.21	84.01	84.09	84.09	1.2
B-38	104.63	103.43	103.46	103.46	1.2
B-39	103.26	102.06	102.09	102.09	1.2
B-40	81.15	79.95	80.04	80.04	1.2
B-41	81.95	80.75	80.84	80.84	1.2
B-42	84.52	83.32	83.35	83.35	1.2
B-43	113	111.8	111.83	111.83	1.2
B-44	110.07	108.87	108.9	108.9	1.2
B-45	99.78	98.58	98.63	98.63	1.2
B-46	94	92.8	92.83	92.83	1.2
B-47	96.85	95.65	95.68	95.68	1.2
B-48	94.22	93.02	93.06	93.06	1.2
B-49	111.78	110.58	110.61	110.61	1.2
B-50	113.38	112.18	112.21	112.21	1.2
B-51	112.91	111.71	111.74	111.74	1.2
B-52	99.29	97.09	97.14	97.14	2.2
B-53	86.89	85.69	85.77	85.77	1.2
B-54	88.91	87.41	87.49	87.49	1.5
B-55	105.48	104.08	104.11	104.11	1.4
B-56	86.68	85.33	85.36	85.36	1.35
B-57	96.77	95.57	95.6	95.6	1.2
B-58	82.48	81.28	81.31	81.31	1.2
B-59	86.8	85.6	85.63	85.63	1.2
B-60	99.93	98.73	98.76	98.76	1.2
B-61	99.77	98.57	98.6	98.6	1.2
B-62	92.11	90.91	90.97	90.97	1.2
B-63	90.5	88.7	88.78	88.78	1.8

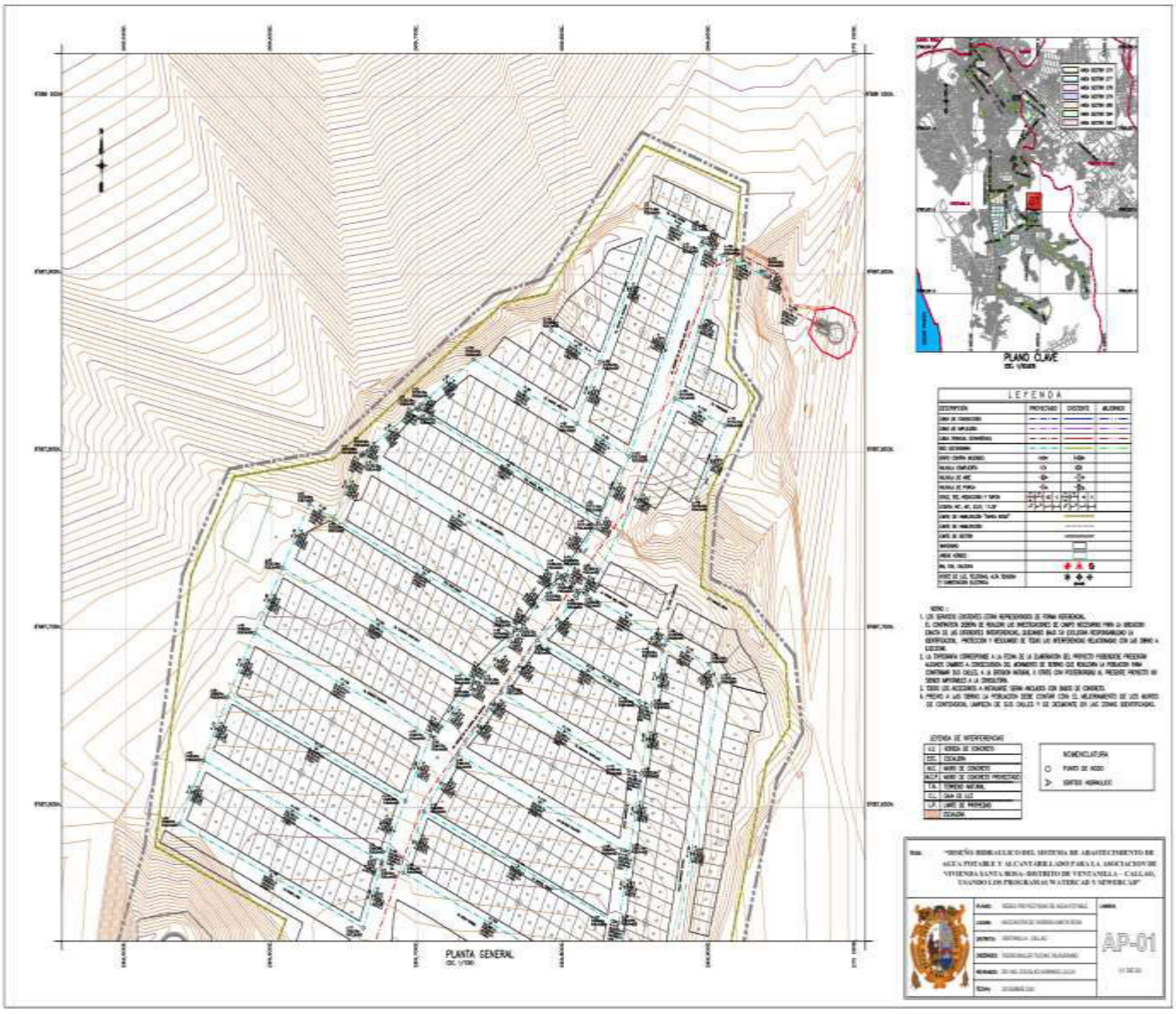
B-64	110.81	109.61	109.64	109.64	1.2
B-65	114.33	112.93	112.96	112.96	1.4
B-66	112.79	111.39	111.42	111.42	1.4
B-67	112.93	111.73	111.76	111.76	1.2
B-68	99.11	97.91	97.94	97.94	1.2
B-69	99.74	98.54	98.57	98.57	1.2
B-70	84.29	83.09	83.12	83.12	1.2
B-71	102.6	101.4	101.43	101.43	1.2
B-72	101.06	99.86	99.89	99.89	1.2
B-73	119.11	117.91	117.94	117.94	1.2
B-74	89.21	88.01	88.04	88.04	1.2
B-75	89.77	88.57	88.6	88.6	1.2
B-76	105.68	104.48	104.51	104.51	1.2
B-77	84.34	83.14	83.17	83.17	1.2
B-78	102.15	100.95	100.98	100.98	1.2
B-79	88.08	86.88	86.91	86.91	1.2
B-80	88.75	87.55	87.58	87.58	1.2
B-81	107.79	106.59	106.62	106.62	1.2
B-82	86.24	85.04	85.07	85.07	1.2
B-83	84.48	83.28	83.31	83.31	1.2
B-84	103.39	102.19	102.22	102.22	1.2
B-85	98.03	96.83	96.86	96.86	1.2
B-86	90.39	89.19	89.22	89.22	1.2
B-87	94.07	92.87	92.9	92.9	1.2
B-88	99.85	98.65	98.68	98.68	1.2
B-89	102.8	101.6	101.63	101.63	1.2
B-90	90.6	89.4	89.45	89.45	1.2
B-91	96.95	95.75	95.78	95.78	1.2
B-92	97.04	95.84	95.87	95.87	1.2
B-93	98	96.8	96.83	96.83	1.2
B-94	95.61	94.41	94.44	94.44	1.2
B-95	99.4	98.2	98.23	98.23	1.2
B-96	92.08	90.88	90.91	90.91	1.2
B-97	95.5	94.3	94.33	94.33	1.2

B-98	94	92.8	92.83	92.83	1.2
B-99	96.63	95.43	95.46	95.46	1.2
B-100	86.94	85.74	85.77	85.77	1.2
B-101	96.72	95.52	95.55	95.55	1.2
B-102	87.83	86.63	86.66	86.66	1.2
B-103	88.44	87.24	87.27	87.27	1.2
B-104	105.82	104.62	104.65	104.65	1.2
B-105	98.74	97.54	97.59	97.59	1.2
B-106	92.59	91.39	91.42	91.42	1.2
B-107	108.5	107.3	107.33	107.33	1.2
B-108	89.95	88.75	88.78	88.78	1.2
B-109	96.75	95.55	95.58	95.58	1.2
B-110	105.13	103.93	103.96	103.96	1.2
B-111	100.95	99.75	99.78	99.78	1.2
B-112	94.15	92.95	92.98	92.98	1.2
B-113	107.41	106.21	106.24	106.24	1.2
B-114	81.93	80.73	80.76	80.76	1.2
B-115	84.98	83.78	83.81	83.81	1.2
B-116	86.25	85.05	85.08	85.08	1.2
B-117	88.14	86.94	86.97	86.97	1.2
B-118	110.07	108.87	108.9	108.9	1.2
B-119	113	111	111.03	111.03	2
B-120	102.2	101	101.03	101.03	1.2
B-121	108.73	107.53	107.56	107.56	1.2
B-122	107.26	106.06	106.09	106.09	1.2
B-123	84.91	83.71	83.74	83.74	1.2
B-124	85.28	84.03	84.06	84.06	1.25
B-125	83.73	82.14	82.17	82.17	1.59
B-126	80.57	79.12	79.15	79.15	1.45
B-127	78.63	76.83	76.86	76.86	1.8
B-128	78.19	76.25	76.28	76.28	1.94
B-129	75.88	74.56	74.59	74.59	1.32
B-130	73.7	72.5	72.54	72.54	1.2
B-131	79.96	78.56	78.59	78.59	1.4

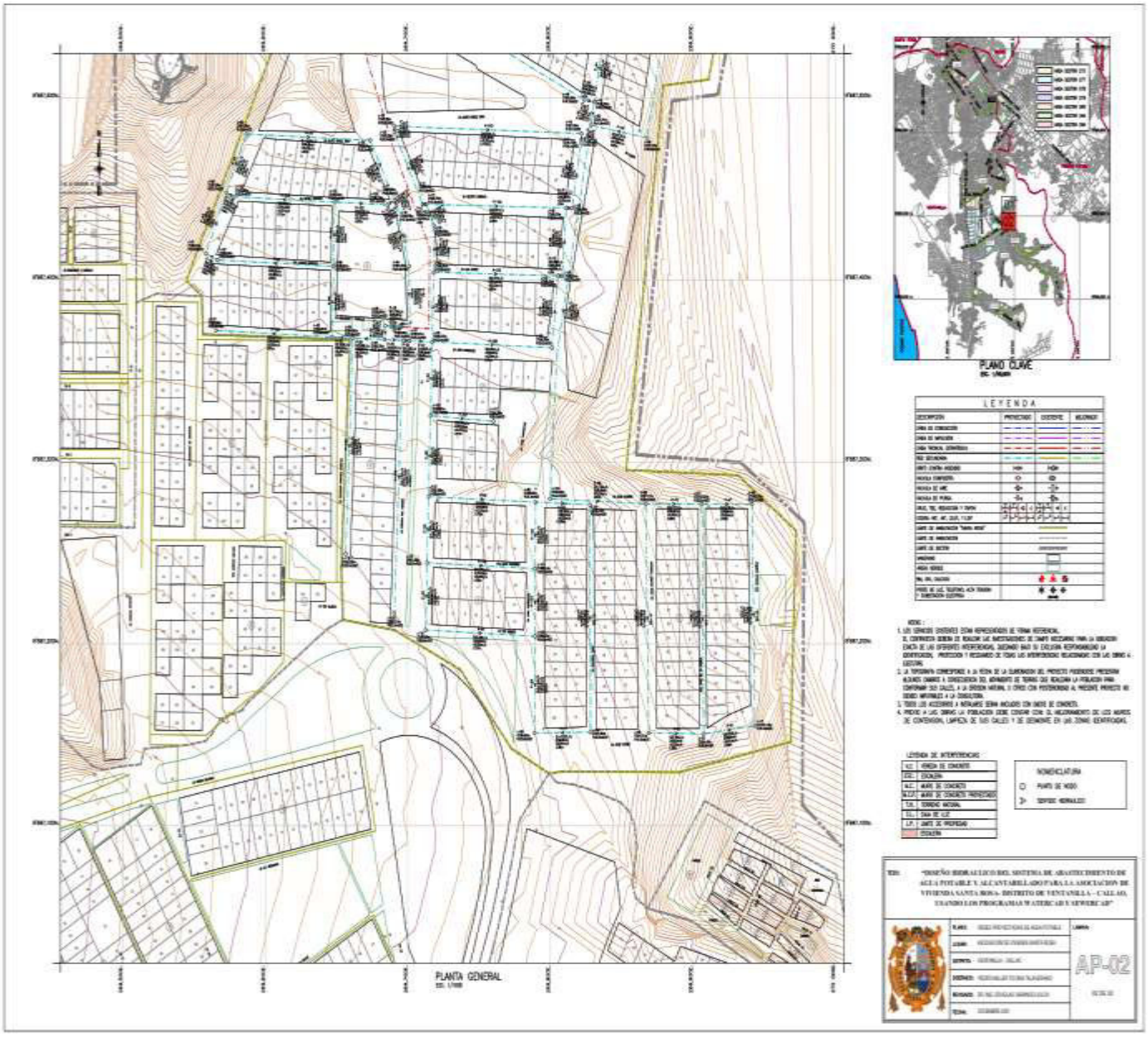
B-132	79	77.6	77.63	77.63	1.4
B-133	81.5	79.3	79.48	79.48	2.2
B-134	79.35	78.15	78.33	78.33	1.2
B-135	77.32	75.72	75.92	75.92	1.6
B-136	76.39	75.19	75.22	75.22	1.2
B-137	74.69	73.49	73.52	73.52	1.2
B-138	78.82	76.82	77.33	77.33	2

Fuente: Programa Sewercad

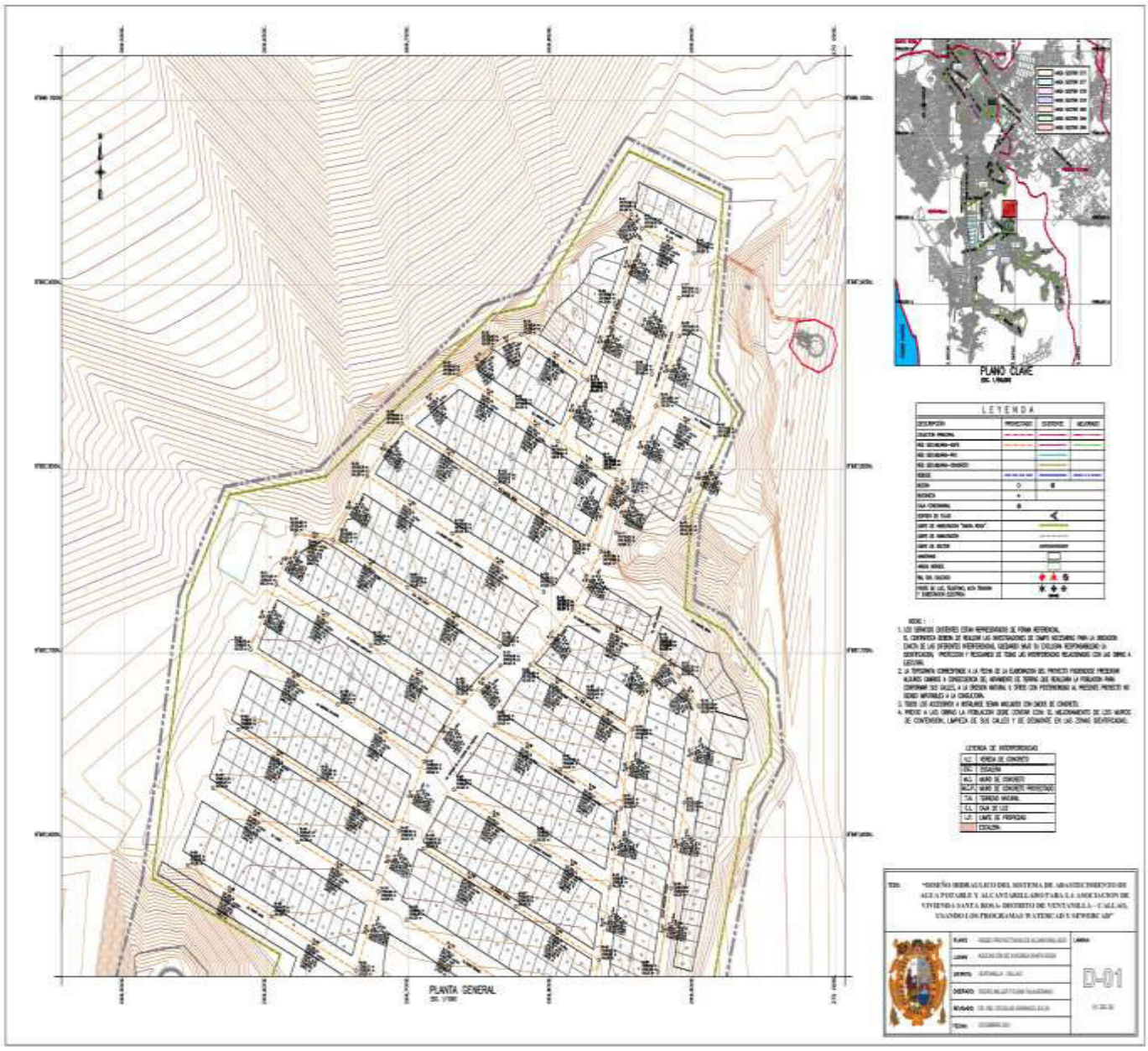
Anexo N°6: Plano AP-01: Redes Proyectadas de Agua Potable



Anexo N°7: Plano AP-02: Redes Proyectadas de Agua Potable



Anexo N°8: Plano D-01: Redes Proyectadas de Alcantarillado



Anexo N°9: Plano D-02: Redes Proyectadas de Alcantarillado

