

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**Modelado hidráulico y capacidad hidráulica del sistema de
alcantarillado sanitario del distrito de Canayre - Ayacucho -2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PRESENTADO POR:

Desiderio Fernando Licas Espinoza

ASESOR:

Dr. Juan Charapaqui Ancasi

Ayacucho-Perú

2024

DEDICATORIA

A Dios por concederme vida, salud y conocimiento durante mi vida, y por permitirme estar aquí presente en este momento y disfrutar este nuevo día de vivencia.

Mi profunda gratitud a mis padres, quienes han sido mi principal apoyo y sostén. En particular, agradezco a mi madre, Filomena Espinoza Palomino, por su inquebrantable sacrificio y apoyo durante mi desarrollo profesional.

A mi hermano, Víctor Hugo Taípe Espinoza, quien ha sido mi compañero constante a lo largo de la vida, por su continuo apoyo y ánimo en cada situación.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, a la Facultad de Ciencias Agrarias, en forma muy especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, por mi formación académica y profesional.

Al Dr. Juan Charapaqui Anccasi, asesor de la presente tesis, por su apoyo y orientación incondicional en la elaboración del presente trabajo de investigación.

A los miembros del Jurado Dr. Jorge Edmundo Pastor Watanabe, Ph. D. Sandra Del Águila Ríos, Ing. Efraín Chuchón Prado por las correcciones y sugerencias en la elaboración del presente trabajo de investigación.

Quiero expresar mi reconocimiento a los profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, quienes con paciencia me transmitieron sus conocimientos y valores éticos, contribuyendo así a mi desarrollo profesional.

Por último, a mis amistades y familiares por su apoyo incondicional en la elaboración de la presente tesis de investigación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	x
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS DEL ANEXO.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS DEL ANEXO.....	xi
ÍNDICE DE PLANOS DEL ANEXO.....	xi
LISTA DE ACRÓNIMOS.....	xii
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	4
MARCO TEÓRICO.....	4
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Conceptos básicos.....	8
1.2.1. Definición de alcantarillados.....	8
1.2.2. Clasificación de aguas residuales.....	8
1.2.2.1. Aguas residuales domésticas.....	8
1.2.2.2. Aguas residuales industriales.....	8
1.2.2.3. Aguas lluvias.....	8
1.2.3. Tipos de sistemas de alcantarillados.....	8
1.2.3.1. Sistemas convencionales.....	9
1.2.3.2. Sistemas no convencionales.....	9
1.2.4. Partes de un sistema de alcantarillado.....	10
1.2.5. Disposición de la red del alcantarillado.....	11

1.2.5.1. Sistema perpendicular sin interceptor.....	11
1.2.5.2. Sistema perpendicular con interceptor	11
1.2.5.3. Sistema perpendicular con interceptor y aliviadero	12
1.2.5.4. Sistema en abanico	13
1.2.5.5. Sistema en bayoneta	13
1.2.6. Otros elementos del alcantarillado	14
1.2.7. Diseño hidráulico.....	14
1.2.7.1. Fórmulas para el diseño.....	15
1.2.8. Caudal de diseño.....	16
1.2.8.1. Caudal de aguas residuales domésticas	16
1.2.8.2. Caudal industrial.....	18
1.2.8.3. Caudal comercial	18
1.2.8.4. Caudal institucional	18
1.2.8.5. Caudal medio diario de aguas residuales.....	18
1.2.8.6. Caudal máximo horario de aguas residuales	18
1.2.8.7. Caudal de infiltración	18
1.2.8.8. Caudal de conexiones erradas.....	19
1.2.9. Canal Parshall	19
1.2.10. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento	22
1.2.10.1 Empresas prestadoras de servicios de saneamiento.....	22
1.2.10.2. Prestadores de Pequeñas Ciudades	23
1.2.10.3. Prestadores del ámbito rural	23
1.2.11. Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento	23
1.2.12. Modelos matemáticos	23
1.2.13. Modelación hidrodinámica	23
1.2.14. Modelos hidráulicos	24
1.2.15. Capacidad hidráulica	25

1.2.16. Topografía	25
1.2.17. ArcGIS.....	25
1.2.18. Proyecciones cartográficas	26
1.2.19. Software SewerGEMS.....	26
1.2.20. AutoCAD.....	26
1.2.21. Gestión de la información.....	27
CAPÍTULO II.....	28
METODOLOGÍA.....	28
2.1. Ubicación.....	28
2.1.1. Ubicación política.....	28
2.1.2. Ubicación geográfica.....	28
2.1.3. Vías de acceso	28
2.1.4. Topografía	29
2.1.5. Información Socioeconómica	30
2.1.6. Variables meteorológicas	30
2.2. Materiales y equipos.....	31
2.2.1. Materiales	31
2.2.2. Equipos	31
2.3. Metodología.....	31
2.3.1. Gestión de la información para determinar la capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario del distrito de Canayre.	33
2.3.1.1. Actividades de campo.....	33
2.3.1.2. Actividades de gabinete.....	35
2.3.2. Construcción del modelo hidráulico para la determinación de la capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario de Canayre.	42
2.3.2.1. Elección de software de modelado hidráulico	42

2.3.2.2. Etapas para la construcción de un modelo hidráulico utilizando el software SewerGEMS	42
2.3.2.3 Evaluación de la capacidad hidráulica de la infraestructura.....	62
CAPÍTULO III	65
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
3.1. Resultados de gestión de la información para determinar la capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario del distrito de Canayre.....	65
3.1.1 Actividades de campo.....	65
3.1.1.1 Cartografía de la zona en estudio	65
3.1.1.2. Catastro de redes.....	65
3.1.1.3. Aforo a la llegada de la planta de tratamiento	69
3.1.2 Actividades de gabinete.....	70
3.1.2.1. Determinación de la población de análisis	70
3.1.2.3. Actualización de catastro de redes.....	72
3.1.3. Discusión sobre la gestión de la información para determinar la capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario del distrito de Canayre.....	75
3.2. Resultados del modelo hidráulico para determinar la capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario del distrito de Canayre.	75
3.2.1. Simulación para diversos escenarios	75
3.2.1.1. Escenario de simulación con caudal base.....	76
3.2.1.2. Escenario de simulación con caudal futuro	78
3.2.1.3. Escenario simulado con caudal aforo en eventos de lluvia	81
3.2.2. Discusión sobre el modelo hidráulico para determinar la capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario del distrito de Canayre.....	83
CONCLUSIONES.....	85
RECOMENDACIONES	86
REFERENCIAS	87
ANEXOS	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Valores de infiltración	19
Tabla 1.2. Dimensiones y mediciones del canal Parshall.....	21
Tabla 1.3. Ancho de la garganta y ecuación del gasto	22
Tabla 2.1. Vías de acceso	28
Tabla 2.2 Características de escenarios de análisis	622
Tabla 3.1. Longitud total de tuberías por tipo de tramo	666
Tabla 3.2. Cantidad de buzones según tipo de altura y tramo	666
Tabla 3.3. Data de padrón de usuarios y consumos por sectores y categoría.....	688
Tabla 3.4. Medición de tirante y cálculo de caudal de contribución	69
Tabla 3.5. Cálculo de la tasa de crecimiento Poblacional	700
Tabla 3.6. Población y Viviendas en la Localidad de Canayre, año 2022	711
Tabla 3.7. Población futura de la localidad de Canayre	711
Tabla 3.8. Cálculo de caudal promedio y caudal de contribución.....	722
Tabla 3.9. Ubicación de Puntos de BMs	733

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Delimitación del área de influencia -----	4
Figura 1.2. Inundación de agua residual en viviendas -----	5
Figura 1.3. Rebose de agua residual en buzón y cajas de registro de conexiones domiciliarias	6
Figura 1.4. Esquema de sistema de alcantarillado -----	10
Figura 1.5. Esquema de un alcantarillado perpendicular sin intercepción -----	11
Figura 1.6. Esquema de un alcantarillado perpendicular con Interceptor-----	12
Figura 1.7. Esquema de un alcantarillado perpendicular con Interceptor-----	13
Figura 1.8. Alcantarillado en abanico-----	13
Figura 1.9. Sistema bayoneta -----	14
Figura 1.10. Dimensiones de canal Parshall -----	20
Figura 2.1. Localización del distrito de Canayre -----	29
Figura 2.2. Organigrama de la metodología -----	32

Figura 2.3. Procesamiento de la información en AutoCAD Civil 3D 2020-----	39
Figura 2.4. Importación de data de conexiones domiciliarias a ArcGIS -----	40
Figura 2.5. Georreferenciación de conexiones domiciliarias en coordenadas planas -----	41
Figura 2.6. Exportación de data de conexiones domiciliarias a formato Shapefile -----	41
Figura 2.7. Inicio y creación del nuevo modelo hidráulico en SewerGEMS -----	43
Figura 2.8. Elección de sistema de unidades (SI) -----	43
Figura 2.9. Configuración de información de las propiedades del modelo -----	44
Figura 2.10. Especificación de fuente de datos externos de la red usando ModelBuilder -----	45
Figura 2.11. Especificación de opciones espaciales y de conectividad -----	46
Figura 2.12. Opciones de creación/eliminación/actualización de elementos-----	47
Figura 2.13. Especificación de asignaciones de campos para tabla de buzones -----	48
Figura 2.14. Especificación de asignaciones de campos para tabla de tuberías -----	48
Figura 2.15. Cuadro de creación de modelo hidráulico -----	49
Figura 2.16. Cuadro de diálogo general de ModelBuilder -----	49
Figura 2.17. Visualización de la construcción topológica del modelo hidráulico -----	50
Figura 2.18. Reporte de las propiedades de la tubería del modelo hidráulico importado -----	50
Figura 2.19. Ventana de distribución automatizada de cotas de terreno por medio de TRex -	51
Figura 2.20. Ventana de reporte de elevaciones asignados a los buzones -----	52
Figura 2.21. Ventana de visualización de las propiedades de los buzones de la red -----	53
Figura 2.22. Ventana de importación de la superficie a través de Terrain Models -----	54
Figura 2.23. Creación y selección de tramos de tuberías a visualizar en perfil -----	55
Figura 2.24. Perfiles de tuberías desde buzón 01 hasta cámara de bombeo de desagüe (CBD) -----	55
Figura 2.25. Especificación de fuente de datos de conexiones domiciliarias usando ModelBuilder -----	56
Figura 2.26. Especificación de asignaciones de campos para tabla de conexiones domiciliarias -----	57
Figura 2.27. Visualización de elementos de Property Connection en la ventana de dibujo ---	58
Figura 2.28. Selección datos de conexión domiciliaria como método LoadBuilder disponible -----	58
Figura 2.29. Metodología de conexión domiciliaria a las tuberías más cercanas -----	59
Figura 2.30. Resumen de lista de elementos más cercanos para cada conexión domiciliaria -	60
Figura 2.31. Ingreso de un nombre para la ejecución de LoadBuilder-----	60

Figura 2.32. Resumen de conexiones domiciliarias en el administrador de LoadBuilder -----	61
Figura 2.33. Sincronización del modelo hidráulico-----	61
Figura 2.34. Creación de elementos laterales para las Property Connection-----	62
Figura 3.1. Topología y sectorización del sistema de alcantarillado -----	67
Figura 3.2. Curva de variación horaria de caudal de contribución en Canayre -----	69
Figura 3.3. Resultados del censo 2017 del INEI, a nivel del distrito de Canayre-----	700
Figura 3.4. Catastro técnico/comercial del sistema de alcantarillado-----	73
Figura 3.5. Resultados de integración del caudal de contribución de usuarios en GIS -----	74
Figura 3.6. Perfiles de tuberías, tramos buzón 36 hasta buzón 122-----	76
Figura 3.7. Perfil hidráulico en parte del sistema colector con caudal base -----	76
Figura 3.8. Colectores del sistema de alcantarillado Canayre simulado con caudal base-----	77
Figura 3.9. Emisor del sistema de alcantarillado Canayre simulado con caudal base-----	78
Figura 3.10. Perfil hidráulico en parte del sistema colector con caudal futuro-----	79
Figura 3.11. Colectores del sistema de alcantarillado Canayre simulado con caudal futuro --	79
Figura 3.12. Emisor del sistema de alcantarillado Canayre simulado con caudal futuro -----	80
Figura 3.13. Perfil hidráulico en parte del sistema colector con caudal en eventos de lluvia -	81
Figura 3.14. Colectores del sistema de alcantarillado simulado con caudal de evento de lluvia -----	82
Figura 3.15. Emisor del sistema de alcantarillado Canayre simulado con caudal de evento de lluvia -----	83

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuacion 1.1: Continuidad para un escurrimiento continuo permanente -----	15
Ecuacion 1.2: Manning-----	15
Ecuacion 1.3: Radio hidraulico-----	15
Ecuacion 1.4: Aporte medio diario-----	16
Ecuacion 1.5: Caudal instantáneo en aforador Parshall-----	20
Ecuacion 2.1: Tasa de crecimiento-----	35
Ecuacion 2.2: Método de incremento aritmético-----	35
Ecuacion 2.3: Método de incremento geométrico-----	36
Ecuacion 2.4: Método exponencial-----	36

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS DEL ANEXO

- Fotografía 1: Rebose agua residual en el desarenador a la llegada al PTAR en eventos de lluvia.
- Fotografía 2: Buzón en jr. Vista alegre en donde se produce el rebose en eventos de lluvia.
- Fotografía 3: Presencia de rebose en las cajas de conexiones domiciliarias en eventos de lluvia.
- Fotografía 4: Situación real de las cajas de registro selladas en conexiones del jr. Vista Alegre.
- Fotografía 5: Presencia de rebose de agua residual de la cámara de bombeo.
- Fotografía 6: Proceso de levantamiento topográfico del sistema de alcantarillado.
- Fotografía 7: Aforo de agua residual en el canal Parshall a la llegada al PTAR.
- Fotografía 8: Lectura de la altura de calado (H_a) en el canal Parshall.
- Fotografía 9: Aforo de agua residual a partir de huellas de épocas de lluvia.
- Fotografía 10: Recibo facturado a los beneficiarios del sistema de alcantarillado.

ÍNDICE DE TABLAS DEL ANEXO

- Tabla A.1: Padrón de usuarios de los servicios de saneamiento de Canayre capital-junio 2022.

ÍNDICE DE PLANOS DEL ANEXO

- Plano A 1: Plano de localización.
- Plano A 2: Plano clave.
- Plano A 3: Plano catastral.
- Plano A 4: Plano de escenario de simulación hidráulica con caudal base.
- Plano A 5: Plano de escenario de simulación hidráulica con caudal futuro.
- Plano A 6: Plano de escenario de simulación hidráulica con caudal de aforo en eventos de lluvia.
- Plano A 4: Plano de simulación hidráulica con caudal base.

LISTA DE ACRÓNIMOS

CAD	: Computer Assisted Design (diseño asistido por computadora).
CH	: Capacidad hidráulica.
CD	: Conexiones domiciliarias.
CONAGUA	: Comisión Nacional del Agua.
CP	: Colector primario.
CS	: Colector secundario.
EPS	: Empresas prestadoras de servicio.
GI	: Gestión de la información.
GPS	: Sistema de Posicionamiento Global.
INEI	: Instituto Nacional de Estadísticas e Informática.
KML	: Keyhole Markup Language (Lenguaje de marcado de ojo de cerradura).
MH	: Modelo hidráulico.
OTASS	: Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento.
O&M	: Operación y mantenimiento.
PTAR	: Planta de tratamiento de agua residual.
Qc	: Caudal de contribución.
Qmc	: Caudal de malas conexiones.
Qm	: Caudal promedio.
Qmh	: Caudal máximo horario.
RALC	: Redes de alcantarillado.
SALC	: Sistema de alcantarillado sanitario.
SH	: Simulación hidráulica.
SIG	: Sistema de Información Geográfico.
SUNASS	: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.
UGM	: Unidades de Gestión Municipal.
UTM	: Universal Transversal de Mercator.
WDS	: Water distribution system (Sistema de distribución de agua)
Ha	: Altura lámina de agua

RESUMEN

La investigación ha demostrado que la gestión de la información de un sistema de alcantarillado (SALC) es indispensable para construir modelos hidráulicos (MH), para simular y evaluar su comportamiento durante la fase operativa. La presente tesis, tuvo como objetivo principal desarrollar el modelado hidráulico para determinar la capacidad hidráulica (CH) del sistema de alcantarillado del distrito de Canayre; y los objetivos específicos fueron realizar gestión de la información y construir el modelo hidráulico para determinar la capacidad hidráulica (CH). Para ello, se ha realizado el catastro técnico y comercial del SALC para integrar datos topológicos y data de medidores a partir de archivos CAD y Excel, y está disponible un repositorio SIG en formato shapefile para el MH. El SALC cuenta con 1655 m de tuberías de diámetro de 160 mm, 7341 m de 200 mm, 165 buzones y brinda servicio a 643 usuarios. Para el MH se usó el software SewerGEMS y es así que, en la SH con caudal base, los resultados son: el 5% de tuberías del colector se encuentra operando entre 50 a 75 % de la relación y/D , el 95% menor al 50%. Para la SH con caudal futuro, el 1% de tuberías se encuentra operando por encima de su CH, el 5% entre 50 a 75 % de la relación y/D , el 94% menor al 50% de y/D . Para la SH con caudal aforo en eventos de lluvia, el 7% de tuberías se encuentra operando por encima de su CH, el 2% entre 50 a 75 %, el 91% menor al 50% de la relación y/D .

Palabras clave: Modelado hidráulico, sistema de alcantarillado, capacidad hidráulica.

INTRODUCCIÓN

La recogida de aguas residuales, de forma adecuada, así como su tratamiento y disposición, es una de las principales necesidades higiénicas de cualquier sociedad (Reza & Singh, 2020). La modelación es una representación matemática simplificada de un fenómeno físico observable. Esta permite simular su funcionamiento y así estudiar el efecto de determinados parámetros y realizar predicciones. Los modelos hidráulicos de los sistemas de alcantarillado tienen dos usos principales: Diseñar nuevos sistemas, y analizar sistemas existentes (Quezada, 2011).

Gonzales & Bejarano (2019) desarrollaron e implementaron el procedimiento en el modelado hidráulico de redes de distribución de agua, guiado con el uso de herramientas SIG. Del mismo modo construyeron un modelo hidráulico con el fin de simular el desempeño del sistema de distribución de agua. El uso de modelos hidráulicos contruidos adecuadamente y calibrados pueden contribuir ampliamente la optimización de los sistemas (González & Bejarano, 2019). Sin embargo, existen empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPS) y prestadores de pequeñas ciudades en donde se desconoce la capacidad hidráulica y el manejo de un modelo hidráulico en su sistema de redes de alcantarillado. Por la cual es importante aplicar un modelo que permita evaluar y analizar del buen funcionamiento de la estructura instalada.

El objetivo de esta investigación fue desarrollar el modelado hidráulico para determinar la capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario del distrito de Canayre.

Como metodología se utilizó herramientas CAD y SIG para adquirir, guardar, gestionar, analizar, modelar y exhibir datos espacialmente referenciados. Esta información recién obtenida fue utilizada para generar planos actualizados del sistema de alcantarillado.

Para el modelado hidráulico de redes de sistema de alcantarillado en el siguiente proyecto se utilizó un software de modelado hidráulico a flujo libre (SewerGEMS).

Objetivo general

- Desarrollar el modelado hidráulico para determinar la capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario del distrito de Canayre.

Objetivos específicos

1. Realizar gestión de la información para determinar la capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario del distrito de Canayre.
2. Construir el modelo hidráulico para determinar la capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario del distrito de Canayre.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

La prestación de los servicios de saneamiento en pequeñas ciudades que se encuentran fuera del ámbito de una empresa prestadora (EPS), es aún deficiente en nuestro medio. Pues no cuentan con un catastro de redes que cuente con información real del sistema de alcantarillado que debe ser recopilada durante la ejecución y al final de la infraestructura instalada. Por ello, la carencia de esta información hace que no se tenga un modelo hidráulico del sistema de alcantarillado y del mismo modo hay un desconocimiento en conocer la capacidad hidráulica de las redes del alcantarillado en su etapa de funcionamiento (O&M), para ello se han realizado los siguientes hechos y estudios precedentes:

El área del proyecto está conformada por la localidad de Canayre, perteneciente al distrito de Canayre, provincia de Huanta, región Ayacucho. El distrito de Canayre fue creado el 12 de septiembre de 2013. Para entonces su sistema de agua potable tenía una antigüedad de más de 20 años y suministrado sin el tratamiento adecuado a la población, de igual manera su sistema de alcantarillado tenía 15 años de antigüedad.

Figura 1.1

Delimitación del área de influencia.



Fuente: Google Earth

Con el objetivo de disminuir el porcentaje de casos de enfermedades gastrointestinales, parasitarias y dérmicas en la localidad de Canayre en el mes de junio del 2017 se empezó con la ejecución del proyecto de inversión pública denominado: Ampliación y Mejoramiento del Servicio de Saneamiento Básico en la localidad de Canayre, distrito de Canayre, provincia de Huanta-Ayacucho. Con el proyecto se realizó la ejecución de los componentes propuestos para el sistema de agua potable: construcción de bocatoma en el ojo del río Savia, instalación de las líneas de conducción, construcción de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP), construcción de reservorio, instalación de línea de aducción; instalación de redes de agua potable e instalación de medidores y conexiones. El sistema de alcantarillado comprenderá la instalación de redes de alcantarillado y buzones, instalación de conexiones, una cámara de bombeo de desagüe (CBD), colector principal, la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y la instalación del emisor.

El sistema de alcantarillado se terminó de construir en noviembre del 2018, durante el mes de diciembre del mismo año ocurrió el desbordamiento (rebose) que se han visto en el buzón y cajas de conexiones domiciliarias, ubicado en uno de los tramos del sistema de alcantarillado en el distrito de Canayre, provincia de Huanta - Ayacucho afectando a las viviendas cercanas al buzón con daños de contaminación de excretas como se muestra en la Figura 1.2 y 1.3.

Figura 1.2

Inundación de agua residual en viviendas



Fuente: Bermudo (2018)

Figura 1.3

Rebose de agua residual en buzón y cajas de registro de conexiones domiciliarias



Fuente: Bermudo (2018)

En relación con lo anterior, se consideraron antecedentes de este trabajo las investigaciones siguientes:

Belito (2018) en su trabajo titulado: “Modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario en la ciudad de Huancavelica, provincia y departamento de Huancavelica” indica que ha utilizado el software SewerGEMS CONNECT EDITION, que es un software para diseño de sistemas de alcantarillados sanitarios, aplicando las diferentes metodologías implementadas por los métodos de tensión tractiva, pendientes mínimas, capacidad operativa, etc.

Zhang et al. (2021) realizaron la investigación titulada “Modelización hidráulica del alcantarillado de aguas residuales en tiempo real a partir de los datos de consumo de agua de los sistemas de distribución” en dicha investigación describen la característica clave del método

propuesto que es el modelo SALC en tiempo real. Se desarrolla utilizando un gran número de sensores existentes en las redes de alcantarillado. Esto implica que no es necesario desplegar un gran número de sensores de alcantarillado para permitir el modelado de alcantarillado en tiempo real, lo que hace que el método propuesto sea atractivo para aplicaciones prácticas.

Sudha et al. (2020) realizaron un estudio de caso denominado “Evaluación y análisis de un sistema de alcantarillado para Tondiarpet, Chennai, India” y afirman que para la estimación del vertido de una alcantarilla de las aguas residuales producidas pueden suponer el 80% de la demanda de agua de la ciudad.

La red de alcantarillado constituye una parte crucial de la infraestructura de cualquier sociedad y también ayuda al medio ambiente. Debe eliminar los residuos domésticos de los municipios de forma que no se produzcan problemas sanitarios. Además, hoy en día, la concienciación sobre el tratamiento de las aguas residuales es cada vez mayor debido al aumento de los daños y la contaminación del medio ambiente. Este estudio se centra en el diseño de una red de alcantarillado Tondiarpet, Chennai, India. El diseño del sistema de alcantarillado del área de estudio se representa mediante el software SewerGEMS según la condición del flujo por gravedad. También se ha hecho un análisis en función de las condiciones de pendiente del área. Propiedades tales como velocidad de autolimpieza (Sudha et al., 2020).

Valdiviezo (2019) en su trabajo titulado: “Manejo del software QGIS para gestionar datos de redes de distribución de agua en la Urb. Miraflores” indica que su tema de estudio para esta investigación es la implementación de los sistemas de información geográfica que puedan facilitarnos los datos al momento de gestionar información en sistemas de redes de distribución de agua potable, para ello tomó como área piloto a la urbanización Miraflores ubicada en la ciudad de Piura.

Castaño y Ramírez (2015) realizaron el trabajo titulado: “Sistema de información geográfica para la red de alcantarillado del municipio de Arboletes orientado a la operación del sistema” en donde llegan a la conclusión de que la empresa responsable del sistema de alcantarillado en Arboletes puede responder de manera más ágil a situaciones de emergencia gracias a la base de datos desarrollada específicamente para la operación del sistema. Esta base de datos almacena la información de manera espacial, lo que simplifica las consultas al sistema.

1.2. Conceptos básicos

1.2.1. Definición de alcantarillados

Según López (1995, p.265) define “el sistema de alcantarillado consiste en una serie de tuberías y obras complementarias, necesarias para recibir y evacuar las aguas residuales de la población y la escorrentía superficial producida por la lluvia”. Pues de no existir estas tuberías de recolección de agua, se pondría en grave peligro la salud de las personas debido al riesgo de enfermedades epidemiológicas y, además, se causarían importantes pérdidas materiales.

1.2.2. Clasificación de aguas residuales

López (1995, p.265) afirma que, “las aguas residuales pueden clasificarse según sus orígenes y composición en”:

1.2.2.1. Aguas residuales domésticas

Según López (1995, p.265) define “son aquellas provenientes de inodoros, regaderas, lavaderos, cocinas y otros elementos domésticos”. Estas aguas están compuestas por sólidos suspendidos (generalmente materia orgánica biodegradable), sólidos sedimentables (principalmente materia inorgánica), nutrientes, (nitrógeno y fósforo) y organismos patógenos.

1.2.2.2. Aguas residuales industriales

Para López (1995, p.265) “se originan de los desechos de procesos industriales o manufactureros y, debido a su naturaleza, pueden contener, además de los componentes antes mencionados en las aguas domésticas, elementos tóxicos tales como plomo, mercurio, níquel, cobre, solventes, grasas y otros, que requieren ser removidos en vez de ser vertidos al sistema de alcantarillado”.

1.2.2.3. Aguas lluvias

Según López (1995, p.265) afirma “proviene de la precipitación pluvial y, debido a su efecto de lavado sobre tejados, calles y suelos, pueden contener una gran cantidad de sólidos suspendidos; en zonas de alta contaminación atmosférica, pueden contener algunos metales pesados y otros elementos químicos”.

1.2.3. Tipos de sistemas de alcantarillados

Los sistemas de drenaje de aguas residuales domésticas y pluviales se categorizan de acuerdo a su tipología en:

1.2.3.1. Sistemas convencionales

Se define “Estos sistemas están equipados con tuberías de diámetros amplios que ofrecen una flexibilidad considerable en el funcionamiento del sistema, lo cual es necesario debido a diversas incertidumbres en los parámetros que determinan el caudal, como la densidad de población y sus proyecciones futuras, el mantenimiento insuficiente o inadecuado del sistema, que aumenta los requisitos normativos y, por ende, los costos asociados” (López, 2003, p.342).

Los sistemas de alcantarillado convencionales se categorizan de esta manera según el tipo de líquido que transporten:

a. Alcantarillado separado

Un sistema de alcantarillado separado es aquel en el que se divide la evacuación de aguas residuales y pluviales. Por lo tanto, se tiene:

- **Alcantarillado sanitario**

En el sistema de recolección diseñado específicamente para transportar únicamente las aguas residuales provenientes de hogares e industrias.

- **Alcantarillado pluvial**

Se refiere al sistema que elimina el agua superficial generada por la lluvia.

b. Alcantarillado combinado

Es un sistema de alcantarillado que transporta tanto aguas residuales (provenientes de hogares e industrias) como aguas pluviales al mismo tiempo.

1.2.3.2. Sistemas no convencionales

Según López (2003, p.342) los sistemas no convencionales de saneamiento se desarrollan para atender las necesidades de poblaciones con recursos económicos limitados. Sin embargo, estos sistemas son menos adaptables y necesitan un mayor control y definición de los flujos, así como un mantenimiento más riguroso. Además de aspectos tecnológicos, es esencial que la comunidad adopte y supervise estos sistemas, reconociendo y manejando sus posibles limitaciones. Se clasifican en:

a. Alcantarillado simplificado

Un sistema de alcantarillado sanitario simplificado se planifica siguiendo las mismas pautas que un alcantarillado estándar, pero considerando la opción de emplear diámetros más pequeños y reducir las distancias entre buzones gracias a la disponibilidad de equipos de mantenimiento mejorados.

b. Alcantarillados condominiales

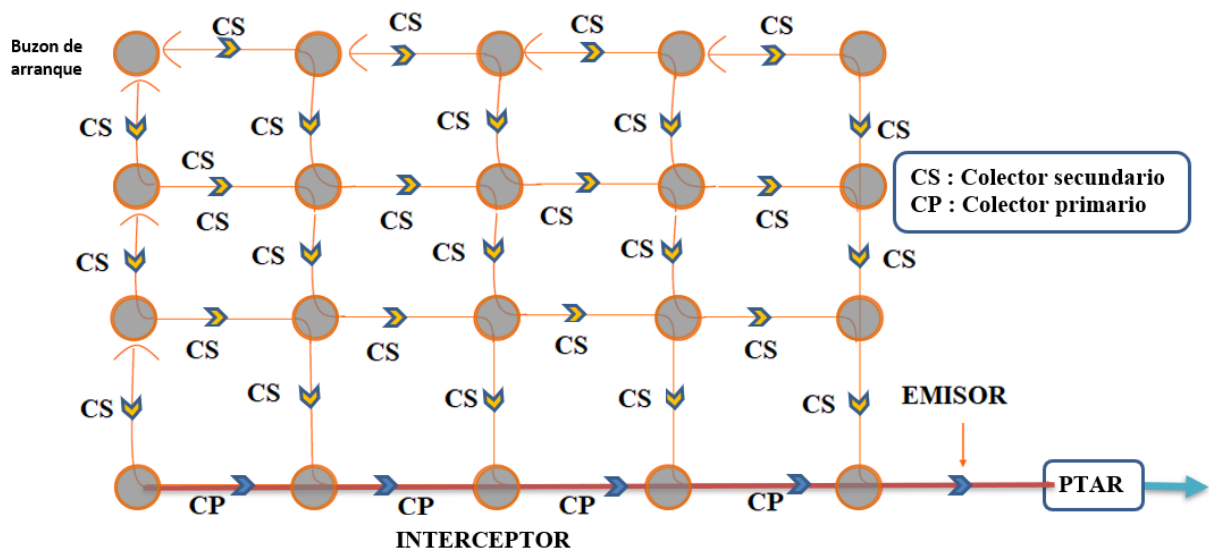
Se refiere a sistemas de alcantarillado que recolectan las aguas residuales de un conjunto reducido de viviendas y las transportan hacia un sistema de alcantarillado convencional.

1.2.4. Partes de un sistema de alcantarillado

Moya (2019, p.168) mencionó que, “un sistema de alcantarillado puede componerse de la red de alcantarillado, planta de tratamiento y de un lugar de disposición final de las descargas”.

Figura 1.4

Esquema de sistema de alcantarillado



Fuente: Adaptado de López (1995)

La infraestructura de un sistema de alcantarillado consiste en una serie de tuberías que, dependiendo de su posición en el sistema, pueden ser:

Colector secundario. - Estas son las tuberías que recogen los vertidos procedentes de las conexiones residenciales.

Colector primario. - Estas tuberías reciben los efluentes de todas las tuberías del sistema de colectores secundarios.

Interceptor. - Se trata de un colector primario que recoge los vertidos de otros colectores primarios y los dirige hacia un colector principal conocido como emisor.

Emisor. - Recibe los vertidos totales y los dirige hacia a un punto de entrega (disposición final), que puede ser una planta de tratamiento.

Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). - Estas son infraestructuras autorizadas destinadas al tratamiento de aguas residuales para garantizar su adecuada descarga al cuerpo receptor con los estándares de calidad requeridos.

Disposición final. - Este término hace referencia a la disposición final de las aguas residuales tratadas, las cuales se descargan en un cuerpo de agua, como un río, un lago o el mar, que actúa como el destino final de dichos efluentes.

1.2.5. Disposición de la red del alcantarillado

No hay una norma universal para la disposición de la red de alcantarillado, ya que esta debe adaptarse a las características físicas específicas de cada comunidad (López, 1995, p.267).

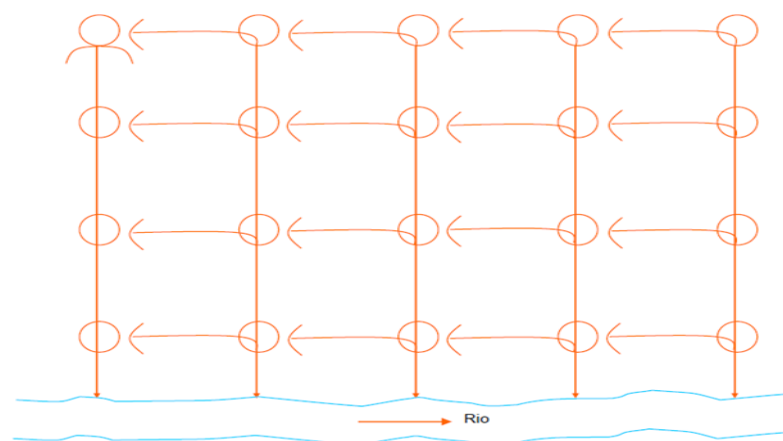
A continuación, se muestran algunos esquemas que podrían servir como referencias o ejemplos.

1.2.5.1. Sistema perpendicular sin interceptor

El diseño de un sistema perpendicular sin interceptor es idóneo para el drenaje pluvial, ya que permite que las aguas fluyan hacia una corriente superficial cercana a la comunidad sin representar peligros para la salud pública ni afectar la calidad del cuerpo receptor.

Figura 1.5

Esquema de un alcantarillado perpendicular sin intercepción



Fuente. López (1995)

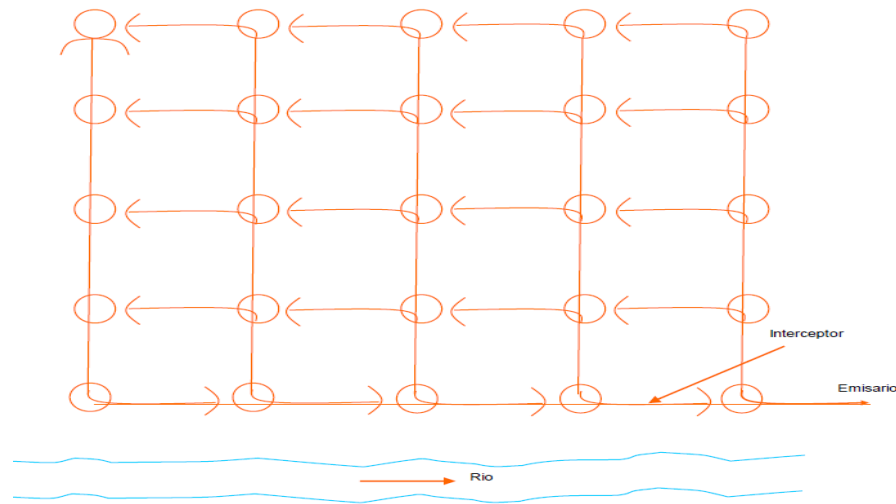
1.2.5.2. Sistema perpendicular con interceptor

El esquema de alcantarillado perpendicular con interceptor se emplea en alcantarillados sanitarios.

El interceptor recoge el flujo de aguas residuales de la red y lo dirige hacia una planta de tratamiento de aguas residuales o lo vierte en una corriente superficial aguas abajo de la comunidad para prevenir riesgos para la salud humana.

Figura 1.6

Esquema de un alcantarillado perpendicular con Interceptor

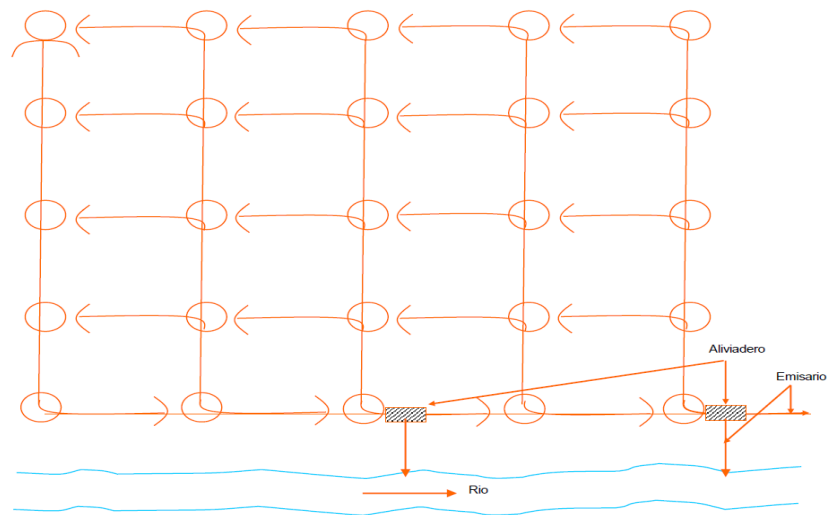


Fuente. López (1995)

1.2.5.3. Sistema perpendicular con interceptor y aliviadero

Según López (1995, p.268) este tipo de sistema de alcantarillado, representado en la figura 1.6, que cuenta con un interceptor y un aliviadero, es apropiado para sistemas combinados. El aliviadero ayuda a disminuir la carga hidráulica máxima que alcanzaría la planta de tratamiento de aguas residuales durante lluvias intensas, reduciendo así el riesgo de sobrecarga.

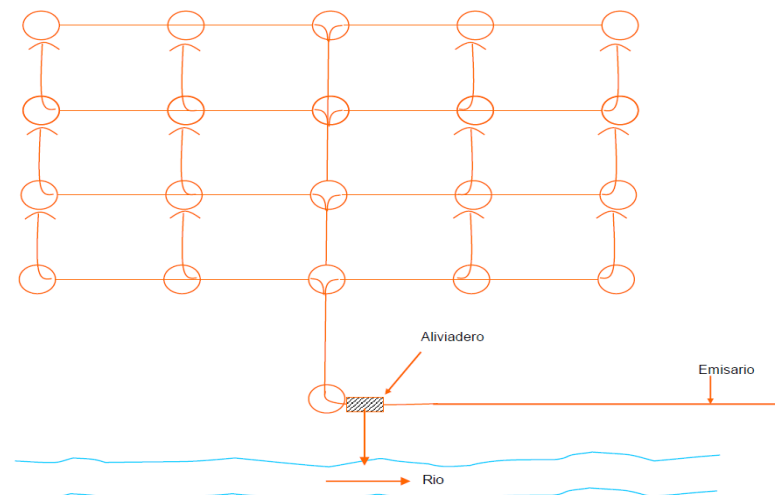
Según López (1995, p.268) el exceso de caudal generado por la lluvia se libera a través del aliviadero hacia la corriente superficial cerca de la comunidad, sin representar riesgos para la salud pública, gracias a la dilución del caudal de aguas residuales. En un sistema de alcantarillado combinado, el caudal de aguas residuales constituye aproximadamente el 3% del caudal total.

Figura 1.7*Esquema de un alcantarillado perpendicular con Interceptor*

Fuente. López (1995)

1.2.5.4. Sistema en abanico

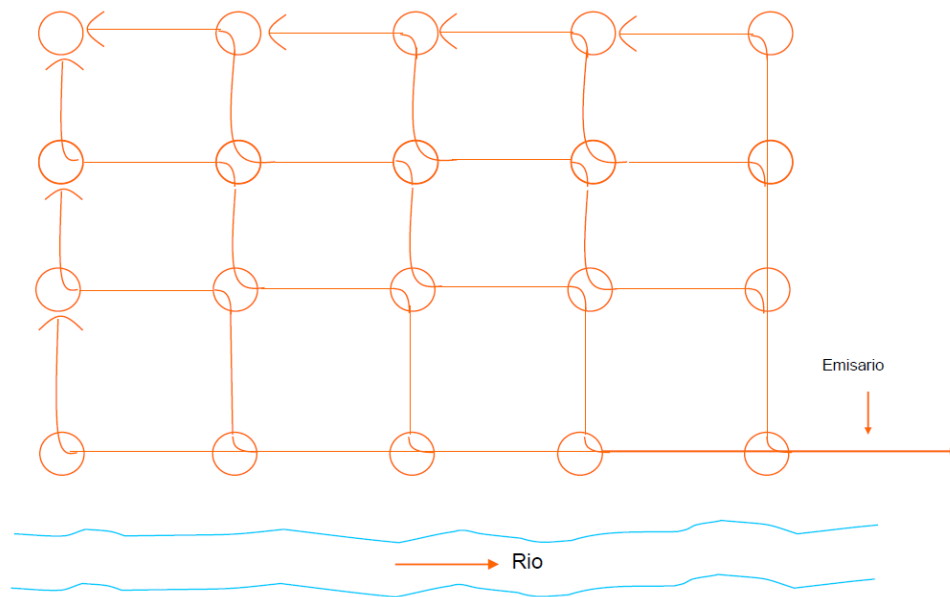
Dadas unas condiciones topográficas especiales, puede adoptarse el esquema en abanico con interceptor, sin interceptor o con aliviadero, según sea el tipo de alcantarillado.

Figura 1.8*Alcantarillado en abanico*

Fuente. López (2003)

1.2.5.5. Sistema en bayoneta

Según López (1995, p.270) el diseño de alcantarillado en bayoneta es adecuado para sistemas sanitarios en áreas con topografía extremadamente plana y flujos de agua muy lentos.

Figura 1.9*Sistema bayoneta*

Fuente. López (1995)

1.2.6. Otros elementos del alcantarillado

Además de los colectores principales o tuberías, la infraestructura del sistema de alcantarillado incluye diversas estructuras hidráulicas diseñadas para garantizar el adecuado desempeño del sistema (López, 1995, p.270). Entre estas, se pueden enumerar las siguientes:

- Buzones de inspección
- Buzones de caída
- Aliviaderos frontales y laterales
- Sifones invertidos
- Sumideros y rejillas
- Conexiones domiciliarias

1.2.7. Diseño hidráulico

En las redes de alcantarillado, se aconseja que los conductos se diseñen con capacidad adecuada para operar con superficie libre durante el pico de caudal máximo. No obstante, en ciertas situaciones, pueden operar bajo presión debido a obstrucciones, hundimientos, y en circunstancias especiales como en sifones, cruces, o en lugares donde las condiciones locales requieren este tipo de funcionamiento Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, s.f., p.100).

1.2.7.1. Fórmulas para el diseño

En la red de alcantarillado, solo se espera que el flujo en las tuberías se mantenga como flujo a superficie libre. Para facilitar el diseño, se asumen condiciones de flujo establecido. La ecuación de continuidad para un flujo continuo y constante es:

$$Q = V \times A \quad (1.1)$$

Donde:

Q = Gasto, en m^3/s

V = Velocidad, en m/s

A = Área transversal del flujo en, m^2

En el cálculo hidráulico del alcantarillado se utiliza la ecuación de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2} \quad (1.2)$$

Donde:

V = Velocidad, en m/s

Rh = Radio hidráulico, en m

S = Pendiente del gradiente hidráulico, adimensional

n = Coeficiente de fricción, adimensional

El radio hidráulico se calcula con la ecuación.

$$R_h = \frac{A}{P_m} \quad (1.3)$$

Donde:

A = Área transversal del flujo, en m^2

Pm = Perímetro mojado, en metros (m)

Una ventaja de la ecuación de Manning para conductos con sección transversal constante es que el coeficiente de rugosidad está determinado únicamente por el material del conducto. Sin embargo, establecer los valores del coeficiente de fricción es un proceso totalmente empírico, y su principal desafío consiste en lograr un flujo uniforme y completamente desarrollado tanto en condiciones de campo como en el laboratorio (CONAGUA, s.f., p.100).

1.2.8. Caudal de diseño

López (1995, p.296) mencionó que “el caudal de diseño corresponde a la suma de caudal máximo horario (aporte doméstico, industrial, comercial e institucional), caudal de infiltración y caudal de conexiones erradas”.

El flujo de aguas residuales generado por una comunidad se conforma mediante los siguientes aportes:

- Aportes residuales domésticos.
- Aportes residuales industriales, comerciales e institucionales.
- Aportes de infiltración.
- Aporte por conexiones erradas

1.2.8.1. Caudal de aguas residuales domésticas

La base inicial para calcular este aporte es el caudal medio diario, que representa la cantidad promedio de contribución durante un periodo de 24 horas a lo largo de un año. En situaciones donde no se cuentan con datos específicos sobre el aporte de aguas residuales, que es común en la mayoría de los casos, se estima este aporte a partir del consumo de agua potable según el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable poblacional. El resultado final es un caudal en L/Ha*s para la población en general o para cada zona del estudio de planeación de la población (López, 1995, p.293).

La contribución medio diario para cada una de las áreas se formula como:

$$Q = \frac{CR * C * D * A}{86400} \quad (1.4)$$

Donde:

Q= Caudal de aguas residuales domésticas, L/s

CR = Coeficiente de retorno

C= Consumo de agua potable, L/Hab.d

D= Densidad de población de la zona, Hab/Ha

A= Área de drenaje de la zona, Ha

a. Coeficiente de retorno

Este coeficiente considera que parte del agua utilizada en los hogares no regresa al sistema de alcantarillado debido a sus diversos usos, como riego, limpieza de pisos, cocina, entre otros. Por lo tanto, se puede afirmar que solo una fracción del agua total consumida se devuelve al alcantarillado. Esta fracción se conoce como "coeficiente de retorno", y típicamente varía entre el 65% y el 85% según estadísticas de las investigaciones.

b. Consumo de agua potable

Para calcular el caudal de diseño de un sistema de suministro de agua, es esencial determinar el consumo de agua. El consumo se refiere al volumen de agua utilizado por una persona en un día y suele expresarse en litros por habitante por día (L/Hab.d).

c. Densidad de población

según López (1995) la densidad de población se define como la cantidad de personas que viven en un área de una hectárea. Un análisis de densidad poblacional debe mostrar su distribución por zonas, tanto la densidad actual como la máxima densidad esperada, siendo este último valor utilizado para calcular el caudal requerido.

La densidad varía dependiendo del nivel socioeconómico y del tamaño de la población. En áreas con poblaciones pequeñas, la densidad puede estar entre 100 y 200 hab/ha, mientras que, en ciudades más grandes, la densidad se ve influenciada por el estrato social y los usos del suelo (residencial, industrial y comercial), pudiendo alcanzar valores de alrededor de 400 hab/ha o más.

d. Área de drenaje

Según López (1995) la delimitación de las áreas de drenaje debe realizarse según el plano topográfico de la localidad y el trazado de la red de alcantarillado. El área de drenaje que alimenta a cada colector se determina trazando líneas diagonales o bisectrices a través de las manzanas de la población.

1.2.8.2. Caudal industrial

La contribución de aguas residuales debe ser examinada individualmente en cada situación, ya que difiere según el tipo y tamaño de la industria. Para industrias pequeñas, se puede estimar una contribución media de 1.5 L/s.ha (López, 1995).

1.2.8.3. Caudal comercial

En áreas predominantemente comerciales, se utiliza una contribución media diaria de 2.0 l/s.ha, aunque se requiere ajustar este valor en zonas mixtas que incluyan tanto usos comerciales como residenciales (López, 1995).

1.2.8.4. Caudal institucional

Según López (1995) igual que en el caso de la contribución industrial, el aporte institucional varía según el tipo y tamaño de la institución, por lo que cada caso debe ser considerado individualmente. No obstante, para instituciones de pequeña escala ubicadas en áreas residenciales, se puede estimar una contribución media diaria de 0.8 l/s.ha.

1.2.8.5. Caudal medio diario de aguas residuales

La contribución medio diario al alcantarillado sanitario se calcula combinando las contribuciones domésticas con las industriales, comerciales e institucionales correspondientes.

1.2.8.6. Caudal máximo horario de aguas residuales

Según López (1995) el caudal de diseño de la red de colectores debe coincidir con el máximo caudal horario. Este valor se calcula mediante factores de mayoración del caudal medio diario obtenido anteriormente, los cuales se seleccionan de acuerdo con las características propias de la población.

1.2.8.7. Caudal de infiltración

Este incremento adicional de aporte se calcula considerando las propiedades de permeabilidad del suelo donde se instalará el sistema de alcantarillado sanitario. Esta contribución puede ser expresada por cada metro de tubería o su equivalente en hectáreas de área drenada.

NB 688 (2007, p.48) se menciona que “las aguas del suelo penetran a través de los siguientes puntos”:

- Por las juntas de las tuberías

- Por las paredes de las tuberías
- En las estructuras de los buzones de inspección o pozos de visita, cajas de inspección, cajas de paso, tubos de inspección y limpieza y terminales de limpieza.

Tabla 1.1*Valores de infiltración*

Valores de infiltración en tubos Qi (L/s/m)								
Unión con:	Tubo de Cemento		Tubo de Arcilla		Tubo de Arcilla vitrificada		Tubo de P.V.C	
	Cemento	Goma	Cemento	Goma	Cemento	Goma	Cemento	Goma
N. Freático bajo	0.0005	0.0002	0.0005	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.00005
N. Freático alto	0.0008	0.0002	0.0007	0.0001	0.0003	0.0001	0.00015	0.0005

Fuente: Peñaranda, citada por NB 688 (2007)

1.2.8.8. Caudal de conexiones erradas

Esta contribución se genera principalmente por las conexiones erróneas de las aguas pluviales domésticas y por las conexiones clandestinas (López, 1995)

El criterio que podría adoptar es considerar el 20% del caudal máximo horario. Diferente al criterio se podría adoptar un caudal entre 1 y 3 L/s.ha.

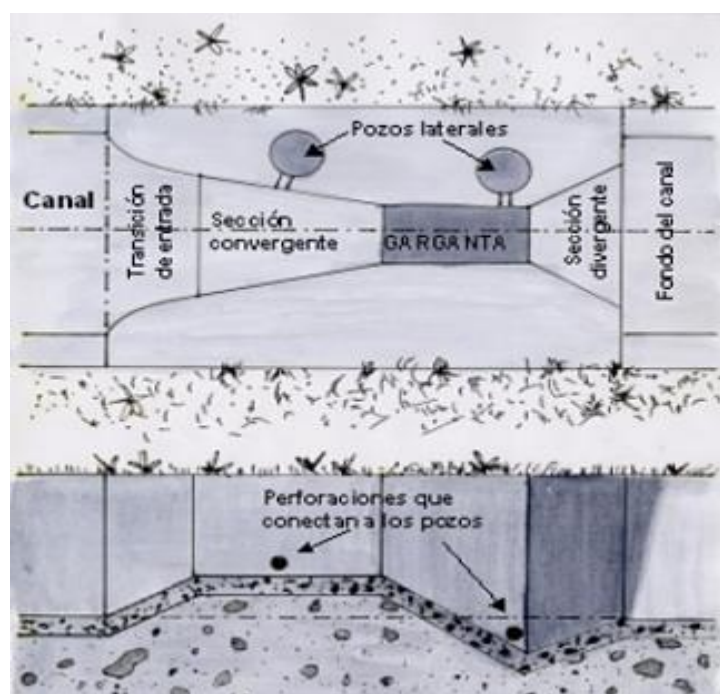
1.2.9. Canal Parshall

Oliveras (2016) su diseño ha sido y continúa siendo uno de los métodos de medición de flujo en superficie libre más ampliamente utilizado en una variedad de aplicaciones, como en cursos de agua, canales de riego, sistemas de alcantarillado, plantas de tratamiento de agua, vertidos, entre otros. Además, su operación es muy sencilla.

La descripción hidráulica de los flujos en canales abiertos o superficies libres ha sido un desafío para muchos científicos a lo largo de la historia. Fue al abordarse desde la perspectiva de la energía cuando se logró avanzar significativamente en el estudio del movimiento de los fluidos, lo que llevó al desarrollo de diversas teorías y formulaciones que finalmente permitieron su caracterización hidráulica (Oliveras, 2016).

Figura 1.10

Dimensiones de canal Parshall



Fuente: Oliveras (2016)

Tras una exhaustiva investigación y experimentación con diferentes dimensiones y formas de secciones de canal, Parshall logró establecer una correlación matemática entre la profundidad del agua y el caudal en condiciones de flujo libre, la cual está definida por la siguiente fórmula:

$$Q = C \times (H_a)^n \quad (1.5)$$

Según Oliveras (2016) la ecuación relaciona el caudal (Q) con la profundidad del agua (H_a) en un punto específico del canal, donde los coeficientes C y n son variables que están influenciadas por las dimensiones del canal. Tras investigar y experimentar con numerosos tamaños y configuraciones de secciones de canal, Parshall logró establecer esta relación matemática entre la profundidad del agua y el caudal en condiciones de flujo libre.

Dimensiones y mediciones del canal Parshall

Como es de esperar, todo el esfuerzo dedicado a realizar pruebas de diferentes tamaños y proporciones ha resultado en que los intervalos de funcionamiento y la configuración precisa de este tipo de aforadores estén completamente especificados en tablas (Oliveras, 2016).

Si ya tienes una idea clara de los niveles de flujo que se esperan medir, es importante considerar qué anchos de garganta son apropiados, algunos de los cuales se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 1.2

Dimensiones y mediciones del canal Parshall

Ancho de garganta W		Caudal Q (l/s)	
Pulg	cm	Mínimo	Máximo
3"	7.6	0.85	53.8
6"	15.2	1.52	110.4
9"	22.9	2.55	251.9
1'	30.5	3.11	455.6
1 1/2'	45.7	4.25	696.2
2'	61.0	11.89	936.7
3'	91.5	17.26	1426.3
4'	122.0	36.79	1921.5
5'	152.5	62.8	2422.0
6'	183.0	74.4	2929.0
7'	213.5	115.4	3440.0
8'	244.0	130.7	3950.0
10'	305.0	200.0	5660.0

Fuente: Oliveras (2016)

Una vez determinado el ancho de la garganta, las demás dimensiones del aforador de canal Parshall vienen definidas por el siguiente esquema. Observa que los puntos de lectura de altura de agua están claramente establecidos, de manera que el nivel de referencia para calcular el caudal se encuentra a 2/3 de la longitud de la sección convergente a partir de su extremo final.

Las dimensiones específicas del canal Parshall se encuentran detalladas en la Tabla 1.3.

Según Oliveras (2016) mediante los orificios de medición de datos y utilizando vasos comunicantes, se puede observar la altura del nivel de agua (H_a) medido en el canal correspondiente. A través de la fórmula mencionada anteriormente, es posible calcular

directamente el caudal (o flujo) que está circulando, para esto, es necesario conocer los valores de los coeficientes C y n, los cuales también están influenciados por el ancho de la garganta. Por lo tanto, para cada tamaño de garganta, la expresión matemática se presenta en la tabla 1.3.

Tabla 1.3

Ancho de la garganta y ecuación del gasto

Ancho de la garganta, W	Ecuación del gasto
mm	Ha entra en mm y el gasto sale l/s
25.4	$Q = 0.001352Ha^{1.55}$
50.8	$Q = 0.002702Ha^{1.55}$
76.2	$Q = 0.003965Ha^{1.55}$
152.4	$Q = 0.006937Ha^{1.50}$
228.6	$Q = 0.013762Ha^{1.53}$

Fuente: Oliveras (2016)

1.2.10. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento

Es un organismo público regulador, creado por Decreto Ley n° 25965, y adscrito a la presidencia del Consejo de Ministros (PCM), con personería jurídica de derecho público interno y autonomía administrativa, funcional, técnica, económica y financiera. Sus funciones buscan garantizar la prestación de los servicios de saneamiento, en el ámbito urbano y rural, en condiciones de calidad, a fin de contribuir a la salud de la población y a la preservación del medioambiente (Sunass, s. f.).

1.2.10.1 Empresas prestadoras de servicios de saneamiento

Las empresas prestadoras (EP) son organizaciones, tanto públicas, privadas como mixtas, responsables de ofrecer servicios como suministro de agua potable, gestión de alcantarillado sanitario, tratamiento de aguas residuales para su disposición o reutilización, y manejo sanitario de excretas en áreas urbanas. Actualmente, hay 50 empresas prestadoras operando en las 24 regiones del país (Sunass, s. f.).

1.2.10.2. Prestadores de Pequeñas Ciudades

Una pequeña ciudad se refiere a un área urbana con una población que oscila entre 2001 y 15 000 habitantes y que está fuera del área de responsabilidad de una empresa prestadora de servicios de saneamiento (Sunass, s. f.).

Según Sunass (s. f.) lo estipulado en la Ley Marco y su reglamentación, la entrega de servicios de saneamiento en pequeñas ciudades por parte de operadores que no son empresas prestadoras se realiza de dos maneras: de forma directa, mediante la formación de una unidad de gestión municipal, o de forma indirecta, a través de la contratación de un operador especializado.

1.2.10.3. Prestadores del ámbito rural

Los servicios de saneamiento en áreas rurales son mayormente proporcionados por medio de organizaciones comunales y unidades de gestión municipal (UGM).

Según las políticas sectoriales y dentro de su ámbito de actuación, las municipalidades tienen la obligación de asegurar la entrega eficiente, sostenible y de calidad de los servicios de saneamiento. No obstante, en las áreas rurales, las municipalidades transfieren esta responsabilidad a las organizaciones comunales, exigiéndoles que mantengan altos estándares de calidad en la provisión de estos servicios.

1.2.11. Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento

El Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento (OTASS), adscrito al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, contribuye en la mejora de la calidad de los servicios de saneamiento y la sostenibilidad de los prestadores, en beneficio de la población.

1.2.12. Modelos matemáticos

Vergara (1993, p.4) afirma que “el conjunto de hipótesis y relaciones de las variables que describen un fenómeno, constituyen un modelo matemático (ecuaciones), que conduce a un problema matemático que es necesario resolver mediante apropiadas técnicas matemáticas”.

1.2.13. Modelación hidrodinámica

Quezada & Quezada (2011, p.31) describen que “la modelación es una representación matemática simplificada de un fenómeno físico observable. Esta permite simular su funcionamiento y así estudiar el efecto de determinados parámetros y realizar predicciones. Los

modelos han sido ampliamente usados en el campo de la ingeniería y su complejidad ha aumentado a medida que se descubren nuevas herramientas computacionales para resolver con rapidez las ecuaciones matemáticas representativas de fenómenos físicos determinados”.

Quezada & Quezada (2011, p.31) mencionan que “los modelos hidráulicos de los sistemas de alcantarillado tienen dos usos principales: diseñar nuevos sistemas, y analizar sistemas existentes. En el diseño se tiene las características generales de los sistemas y el modelo proporciona diámetros y pen-dientes. En el análisis o simulación el objetivo es conocer el comportamiento del sistema existente frente a condiciones particulares en términos del caudal, la altura lámina de agua y las inundaciones”.

1.2.14. Modelos hidráulicos

Quezada & Quezada (2011, p.31) argumentan que “el modelo hidráulico es aquel que se encarga de transportar el agua proveniente de la lluvia y de las descargas residuales. El transporte es descrito mediante las ecuaciones de la mecánica de fluidos. Debido a que el flujo del agua residual varía con el tiempo y durante los eventos de lluvia, el flujo es gradualmente variado”.

Walski et al. (2007, p.175) expresan que “los modelos hidráulicos de alcantarillado pueden simular una variedad de flujos o combinación de flujos en el sistema colector. Un modelizador puede desarrollar varios conjuntos de flujos que representen diferentes tiempos o condiciones en el sistema de alcantarillado”.

Programa de agua potable y alcantarillado sanitario en pequeñas y medianas ciudades (proapac, s. f.) describe que “un modelo hidráulico es la construcción digital (virtual) de una red de distribución de agua, que permite reproducir y prever el comportamiento de la misma, para poder realizar pruebas y definir soluciones”.

a. Utilidad de un modelo hidráulico

Una vez que se haya creado un modelo, una compañía de agua dispondrá de una herramienta con numerosas ventajas que generará sinergias en toda la compañía tales como:

➤ Decisiones referidas a operación, mantenimiento, ampliación sin gran riesgo y por lo tanto mayor seguridad de éxito.

- Se trata de una herramienta que ayuda a justificar inversiones o modificaciones en la infraestructura de la red, previniendo posibles conflictos con la comunidad y las autoridades.
- Facilita el análisis del sistema con simulación en estado estático o extendido.

1.2.15. Capacidad hidráulica

Aguamarket (2021) argumenta que “característica física, de un cauce abierto que, en función de la superficie de la sección transversal y su rugosidad, multiplicado por la raíz cuadrada de la pendiente, da el caudal correspondiente del cauce o canal. Caudal máximo que un conducto, canal u otra estructura hidráulica es capaz de conducir. Caudal máximo que puede manejar un componente o una estructura hidráulica conservando sus condiciones normales de operación”.

1.2.16. Topografía

La topografía es una ciencia que pertenece a la rama de la ingeniería, que tiene como finalidad determinar el relieve de la superficie de terreno, bajo un enfoque de sistemas de proyección. Para cumplir con su objetivo establece hipótesis (la superficie de terreno está sobre una superficie plana) y procedimientos como sistema de referencia con un punto base de referencia y la orientación del norte, para determinar todos los demás puntos relacionados al punto base. Se debe tener en cuenta que un punto con coordenadas (x, y, z) referido a un sistema de coordenadas, se subdivide en planimetría que se focaliza sobre las coordenadas (x, y) y la altimetría que toma la ordenada z (Villalba, 2016, p.31).

1.2.17. ArcGIS

ArcGIS es un conjunto de programas informáticos de Sistemas de Información Geográfica (SIG) creado por el Environmental Systems Research Institute (ESRI). ArcGIS ofrece a los usuarios la posibilidad de organizar, analizar y mostrar datos geográficos para diversas aplicaciones. Gracias a sus herramientas de cartografía y visualización, ArcGIS destaca en la visualización de datos y la producción cartográfica. Los usuarios pueden crear mapas estéticamente bellos que comunican eficazmente patrones y relaciones geográficas. Gracias a la simbología configurable y a las representaciones temáticas. Los usuarios pueden generar representaciones tridimensionales de elementos geográficos y terrenos utilizando las funciones de visualización 3D de ArcGIS (Oyinna et al., 2023).

1.2.18. Proyecciones cartográficas

Proyección cartográfica es la representación de la superficie elipsoidal en un plano. Es imposible llevar a cabo la proyección cartográfica sin evitar la presencia de algunos tipos de distorsiones. Sin embargo, se han elaborado proyecciones que mantienen alguna propiedad de la superficie elipsoidal “sin distorsión” a costa de distorsionar las otras propiedades; ello obedece al objetivo que se persigue (Mendoza, 2019, p.576).

1.2.19. Software SewerGEMS

SewerGEMS facilita la generación de diseños óptimos para la planificación de sistemas de alcantarillado urbano y análisis de mitigación de desbordamientos en un entorno intuitivo. Permite diseñar y analizar redes de alcantarillado sanitario o combinado, aprovechando capacidades hidráulicas e hidrológicas integradas, con diversos métodos de cálculo para condiciones de clima seco y húmedo. Mediante la nueva funcionalidad de análisis hidráulico 1D/2D, se puede obtener una mejor comprensión de la profundidad, velocidad y tiempos de inundación, así como evaluar los riesgos asociados de manera sencilla (Bentley, 2024).

El software SewerGEMS ofrece funcionalidades avanzadas de ingeniería para la planificación, diseño, mantenimiento y operación de sistemas de alcantarillado, tanto sanitario como combinado. Permite el análisis de sistemas de alcantarillado urbano mediante el uso de herramientas integradas de ingeniería hidráulica e hidrológica, así como una amplia gama de métodos para la calibración de modelos lluvia-escorrentía. Simplifica el proceso de modelado, lo que libera tiempo para abordar desafíos de ingeniería de aguas residuales, como mejorar la capacidad y reducir los desbordamientos del sistema de alcantarillado, lo que en última instancia ayuda a las empresas de servicios públicos a cumplir con las regulaciones de alcantarillado establecidas por las agencias reguladoras (Bentley, 2020).

El software SewerGEMS es un programa comercial desarrollado por Bentley.

1.2.20. AutoCAD

AutoCAD es el programa por defecto que muchos arquitectos usan para diseñar bocetos, dibujos, planos, estructuras y piezas que deben cumplir con ciertos parámetros solicitados por los clientes. Además, AutoCAD es un programa multifacético que permite desarrollar proyectos de índole arquitectónico, industrial, mecánicos, de diseño gráfico y de ingeniería. Gracias a la posibilidad de visualizar los diseños en 2D y 3D (Pantigoso, 2015, p.19).

1.2.21. Gestión de la información

El propósito principal de la gestión de la información de redes es disponer de una base de datos técnica georreferenciada que incluya información actualizada y precisa del sistema de suministro de agua potable y alcantarillado sanitario de una ciudad o municipio. Esto permite supervisar y visualizar el inventario real del sistema, facilitando la toma adecuada de decisiones.

a. Catastro de redes

Implica la realización y digitalización de los planos que representan la infraestructura de las redes de agua potable y alcantarillado. Esto se logra mediante la recopilación de datos técnicos sobre las condiciones actuales de las redes, como el diámetro de las tuberías, los materiales, las profundidades de las tuberías, el estado de las tapas, las direcciones de flujo, entre otros aspectos relevantes. Además, se genera documentación gráfica y fotográfica detallada de cada punto de control, como cajas de válvulas y buzones (Ingeniería Integral del Agua S.A, 2020).

b. Levantamiento topográfico

Según Pantigoso (2015) se trata de una serie de actividades llevadas a cabo en el terreno con el objetivo de crear una representación visual precisa de un área específica. Esta etapa inicial del proceso considera las particularidades geográficas, geológicas y físicas del lugar. En resumen, implica recopilar información detallada para elaborar un plano del terreno con mayor precisión y exactitud.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación

Esta investigación tuvo lugar en el área urbana del distrito de Canayre, con las especificaciones que se detallan a continuación:

2.1.1. Ubicación política

Departamento	:	Ayacucho
Provincia	:	Huanta
Distrito	:	Canayre
Localidad	:	Canayre

2.1.2. Ubicación geográfica

Norte	:	8642060.00 m
Este	:	606262.00 m
Altitud	:	507.00 m. s. n. m.

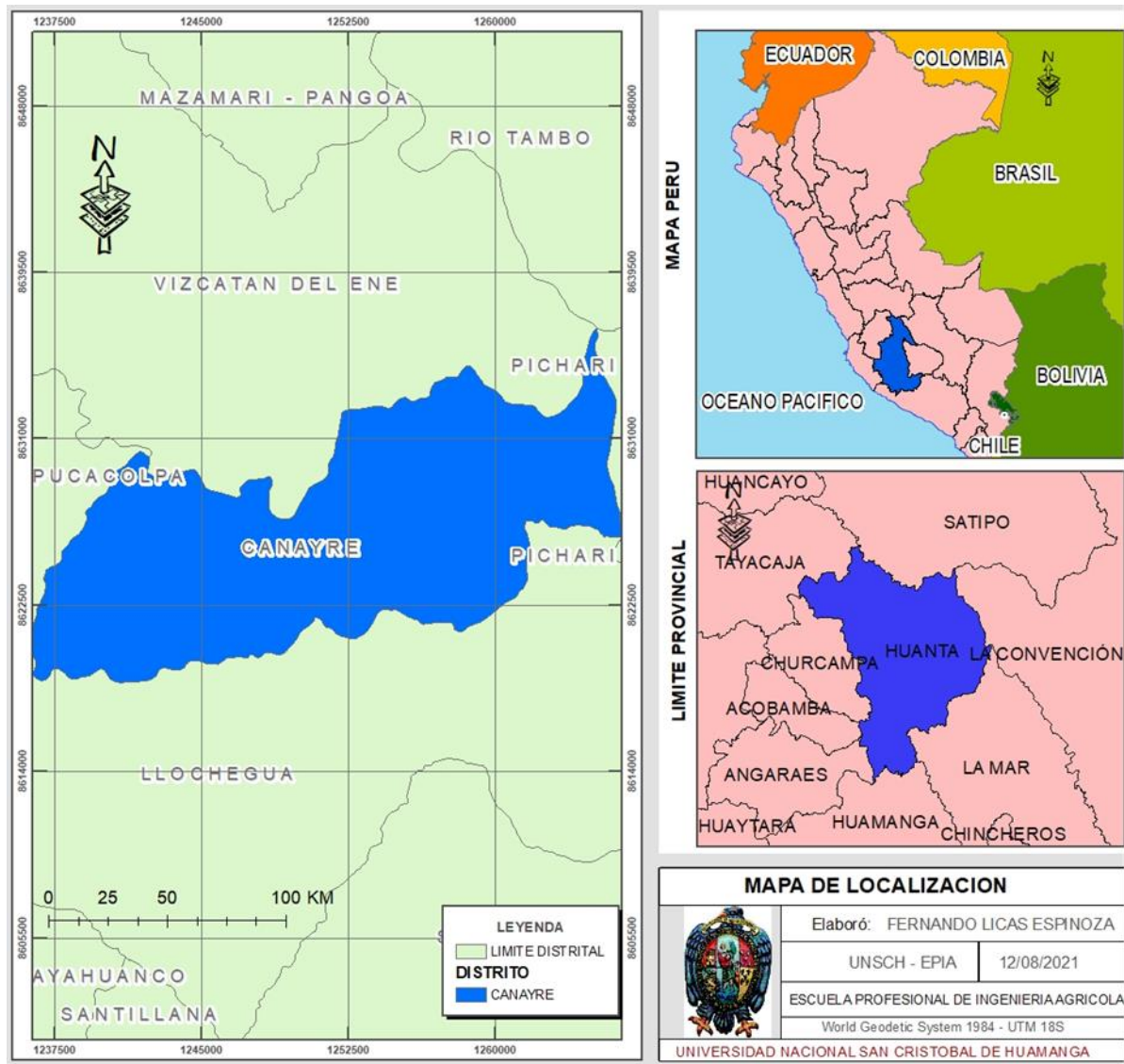
2.1.3. Vías de acceso

Se puede decir que las vías de acceso son predominantemente terrestres, pudiendo utilizar los siguientes accesos principales:

Tabla 2.1

Vías de acceso

Acceso	Descripción	Longitud (km)	Tiempo de recorrido	Tipo de vía	Tiempo total
Acceso 1	Ayacucho-Huanta	47.1	1h 6 min	Asfaltada	L=246.2 km 7h 15min
	Huanta-Llochegua	163	4h 49 min	Afirmado	
	Llochegua-Canayre	36.1	1h 20 min	Afirmada	
Acceso 2	Ayacucho-Tambo	84	1h 40 min	Asfaltada	L=275 km 7h 45min
	Tambo-San Francisco	126	4h 20 min	Afirmada	
	San Francisco-Pichari	19	30 min	Asfaltada	
	Pichari – Puerto Coco	38.5	40 min	Asfaltada	
	Puerto Coco - Canayre	8.5	30 min	Vía Fluvial	

Figura 2.1*Localización del distrito de Canayre*

2.1.4. Topografía

El departamento de Ayacucho exhibe un relieve extremadamente variado en su superficie, donde los ríos Apurímac, Pampas y Mantaro han esculpido impresionantes cañones. En las regiones altas de las mesetas andinas, encontramos paisajes de pampas onduladas, mientras que en el sur destaca la imponente cordillera de Sara - Sara. Su geografía está marcada por la intersección de dos cordilleras que dividen la región en tres unidades topográficas distintas: una zona montañosa y tropical al norte, una serranía abrupta en el centro y altiplanicies al sur. Además, el relieve del suelo presenta predominantemente una topografía ondulada, con áreas de selva montañosa.

2.1.5. Información Socioeconómica

a. Actividades Económicas

En cuanto al empleo en la zona bajo estudio, se destaca principalmente la actividad agrícola. Los cultivos predominantes en el distrito son la coca, el cacao y el plátano, debido a que el clima favorece su desarrollo. Sin embargo, la producción de frutas se limita principalmente al autoconsumo, debido a varios factores como problemas sociales, deficiencias en infraestructura vial y de mercado, lo que reduce su relevancia.

A pesar de los esfuerzos del Estado a través del Ministerio de Agricultura, el SENASA y organizaciones internacionales de cooperación, la agricultura sigue siendo mayormente tradicional y los niveles de producción son bajos. La transformación de la producción está en sus etapas iniciales, con la presencia de pequeñas carpinterías que realizan un procesamiento artesanal de la producción forestal. La producción de Canayre se centra básicamente en la actividad agrícola, siendo el sembrío cacao, café y la coca la más resaltante.

Actualmente el principal mercado de destino de la producción del cacao de Canayre es la ciudad de Lima, específicamente las empresas que lo utilizan como insumo. Respecto a la actividad turística, se tiene gran potencial al respecto, dado que Canayre se ubica en la unión de los ríos Apurímac y Mantaro; sin embargo, se ve restringido por la violencia política social que se vive en la zona, así como por los pésimos servicios de saneamiento, infraestructura hotelera etc.

2.1.6. Variables meteorológicas

a. Temperatura

El clima en Canayre es semiseco y tropical. Las temperaturas medias de junio y julio son de 24° y 25° C, presentando temperaturas medias más elevadas en época de primavera y verano con un promedio de 27° C.

b. Precipitación

La precipitación promedio mensual en la zona del proyecto es de 1600 a 1800 mm/mes, lo que nos muestra una intensidad fuerte. En el análisis de la precipitación, la zona de estudio se encuentra dentro de la Cuenca.

2.2. Materiales y equipos

2.2.1. Materiales

- ✓ Spray color rojo.
- ✓ Clavo para calamina.
- ✓ Libreta topográfica.
- ✓ Papel fotocopia A4.
- ✓ Material literario.
- ✓ Planos catastrales urbanos, planos de alcantarillado, etc.

2.2.2. Equipos

- ✓ 01 computadora.
- ✓ Wincha de lona de 50 m, flexómetro de 5 m.
- ✓ 01 estación total marca Topcon modelo ES-105.
- ✓ Jalones, prismas, miras.
- ✓ GPS Garmin 62 sc.
- ✓ Cámara fotográfica.
- ✓ Software: Google Earth, ArcGIS 10.5, Global Mapper 18, AutoCAD Civil 3D 2020, SAS Planet, SewerGEMS V10, Hojas de cálculo etc.

2.3. Metodología

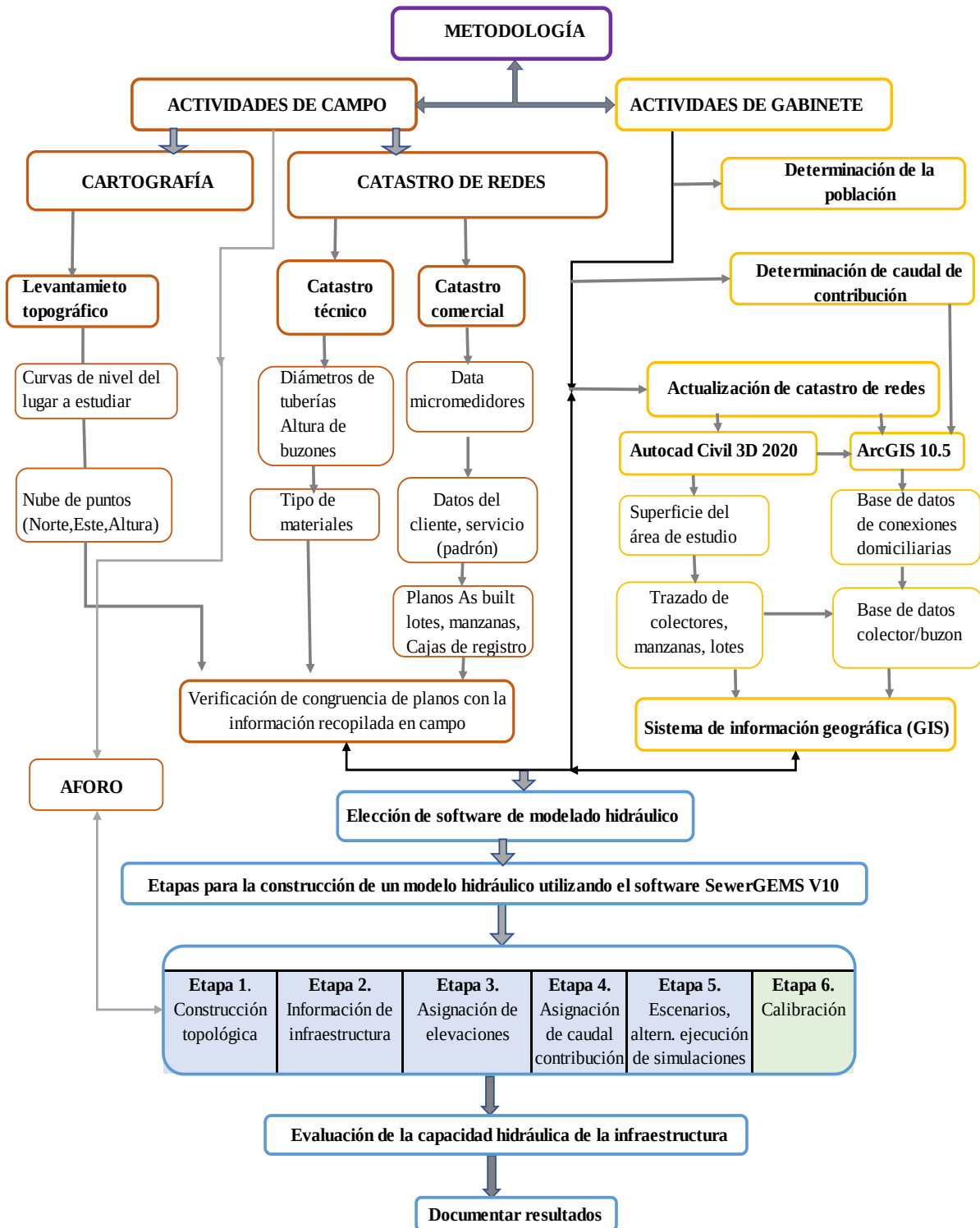
El desconocimiento sobre el comportamiento de los parámetros hidráulicos del sistema de alcantarillado en tiempo real en el distrito de Canayre se manifiesta en diversos eventos en su etapa de funcionamiento (O&M), por ejemplo, el desbordamiento de aguas residuales en ciertas calles del sector y su impacto negativo en la condición de vida de los residentes. La razón principal detrás de simplificar el sistema de alcantarillado mediante un modelo hidráulico es obtener estimaciones de los procesos hidrodinámicos que se desarrollan en dicho sistema.

Se ha elegido como caso de estudio el sistema de alcantarillado del distrito de Canayre para demostrar la aplicabilidad práctica del método propuesto. Se eligió este sistema porque su sistema de distribución de agua potable tiene una buena cobertura de datos de consumo, especialmente medidores inteligentes de demanda (micromedidores). Según el censo 2017 del INEI, Canayre tiene 3520 habitantes, lo que, según Sunass, lo clasifica como una pequeña ciudad al tener una población que oscila entre dos mil uno (2,001) y quince mil (15,000) habitantes, estando fuera del alcance de responsabilidad de una empresa prestadora.

El proceso metodológico elaborado en este trabajo de investigación se puede observar en el organigrama de la Figura 2.2.

Figura 2.2

Organigrama de la metodología



2.3.1. Gestión de la información para determinar la capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario del distrito de Canayre.

En la gestión de la información del sistema de alcantarillado se ha realizado las siguientes actividades:

2.3.1.1. Actividades de campo

A) Cartografía de la zona en estudio

Las actividades realizadas en este estudio de investigación abarcan la recopilación de información topográfica de toda el área urbana (área de influencia) y las zonas adyacentes donde se ha construido la infraestructura de obras como las calles, las manzanas, los lotes, las franjas de los colectores primarios y secundarias, además de los buzones y las conexiones domiciliarias del sistema de alcantarillado.

a) Levantamiento topográfico: Para llevar a cabo el levantamiento topográfico de las obras lineales, no lineales y calles, se adoptó el procedimiento que se detalla a continuación:

- Para realizar el levantamiento topográfico por el método de radiación se utilizó una estación total, un equipo que permite medir ángulos y longitudes horizontales y verticales para adquirir coordenadas absolutas.
- Utilizando como referencia los puntos de los vértices de las Poligonales de Control (BM) establecidas en el área de estudio, se realizaron los levantamientos de todos los detalles planimétricos que fueran compatibles con la escala de presentación de los servicios, incluyendo viviendas, buzones, vías, aceras, canales, postes, etc. Este proceso se llevó a cabo mediante el uso de una estación total, la cual se basó en una red de poligonales cerradas.
- Los datos recolectados han sido procesados utilizando software específico, incluyendo un programa de cálculo designado para la estación total (especificado en el equipo de software).
- Utilizando los puntos de coordenadas y los programas mencionados, se llevó a cabo la creación de modelos de las superficies topográficas, con el fin de generar las curvas de nivel.
- Los trazados que se utilizan para crear los planos han sido transformados en dibujos vectoriales mediante AutoCAD CIVIL 3D 2020. Los archivos están configurados en unidades métricas. Los puntos se han integrado como bloques en la capa de puntos topográficos y se controlan mediante tres tipos de información esencial (número de punto, coordenadas norte y este, altitud y descripción).

B) Catastro de redes

Los trabajos que integran en este trabajo de investigación reflejan la búsqueda y recopilación de la información catastral del sistema de alcantarillado en toda el área urbana de la zona en estudio. Para la gestión de catastro de redes se tiene las siguientes etapas:

a) Catastro técnico

Para recopilar la información adecuado del sistema de alcantarillado se sigue el siguiente procedimiento:

- Identificación el diámetro y material de tuberías
- Identificación de los buzones
- Se identifica y se mide las alturas de buzones con una mira de aluminio de 5m
- Se identifica el diámetro de los buzones

b) Catastro comercial

Se ha solicitado la información al área usuaria de la infraestructura instalada (Municipalidad distrital de Canayre). El área usuaria por medio de su unidad de gestión municipal (UGM) nos proporcionó los planos As built de conexiones domiciliarias de su sistema de alcantarillado en el que constan de:

- Relación de padrón de usuarios de agua potable y alcantarillado por categorías
- Data del micromedidor mensual de consumo doméstico y no domestico (m^3 /mes/viv.)
- Código de cada usuario y al sector de pertenencia de cada usuario

C) Aforo en canal Parshall a la llegada de planta de tratamiento de agua residual (PTAR)

Procedimiento:

- Se realizó la inspección visual del limnómetro del canal Parshall, el cual está en mal estado. Por lo cual se ha realizado las mediciones con el uso de un regla y flexómetro.
- Se procedió con la medición del ancho de la garganta (b) del canal Parshall.
- Se determinó la formula a utilizar para el cálculo del caudal según el ancho de la garganta.
- Se midió el tirante (ha) que esta antes del ingreso a la garganta, durante 1 día y cada 2 horas.
- Luego de las mediciones se procedió con los cálculos para flujo a superficie libre.
- También se midió el tirante (ha) para eventos de lluvia.

2.3.1.2. Actividades de gabinete

A continuación, ampliamos el proyecto para mostrar cómo se alcanzarían los objetivos del proyecto utilizando los conocimientos obtenidos durante las actividades anteriores y los materiales de que disponíamos.

A) Determinación de tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento de la población se determinó según el INEI de la siguiente formula:

$$r = \left[\left(\frac{P_t}{P_0} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \right] \quad (2.1)$$

Donde:

P_t = Población actual (2017).

P_0 = Población inicial (2007).

t = Tiempo en años de periodo.

r = Tasa de crecimiento (%).

B) Determinación de la población existente y futura.

Para realizar el cálculo de la demanda futura, primero determinamos la población existente y la población futura de análisis, para ello se ha utilizado datos de los censos anteriores proporcionados por el Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI), quien en su fascículo del año 2017 establece que el distrito de Canayre cuenta con 3520 habitantes y en su casco urbano (lugar de estudio) con una cantidad de 1413 habitantes (INEI, 2017), además se tiene el censo del año 2007, dato extraído de la página, de la misma institución el cual indica que el distrito de Canayre posee 2561 habitantes en dicho año, Los enfoques empleados en la metodología de este estudio incluyen el método aritmético, geométrico y logarítmico. Los resultados derivados de estos métodos proporcionarán datos relevantes para investigaciones posteriores. Pues se resalta que en esta investigación no se ha utilizado los cálculos obtenidos de la población por contar con la data de medidores de consumo de agua potable.

a) Método de incremento aritmético

Este método se basa en el supuesto de que la población aumenta a tasa constante (Sudha et al., 2020).

$$P_n = P_0 + n * \bar{x} \quad (2.2)$$

Donde:

Po = Población actual.

Pn = Población prevista o pronosticada población después de n décadas.

n = Número de décadas entre el presente y el futuro.

$\bar{x}$ = Promedio de los aumentos de población en los decenios conocidos.

b) Método de incremento geométrico

En este método se supone que la tasa de crecimiento porcentual es constante y el aumento se incluye sobre la población existente en cada década (Sudha et al., 2020).

$$Pn = Po(1 + \frac{r}{100})^n \quad (2.3)$$

Donde:

Po = Población actual.

Pn = Población prevista o pronosticada población después de n décadas.

n = Número de décadas entre el presente y el futuro.

r = Es la tasa de crecimiento.

c) Método logarítmico o exponencial

Se plantea que la tasa de crecimiento se aplica a la población en cada momento minúsculo. A diferencia del crecimiento geométrico, que involucra una acumulación de la población a lo largo del año, en cambio exponencial es instantáneo (López, 1995).

$$P = Po * e^{r(t-to)} \quad (2.4)$$

Donde:

P = Población para el tiempo t.

Po = Población inicial.

r = Razón de crecimiento.

t = Tiempo futuro.

to = Tiempo inicial.

C) Determinación de caudal de contribución

Para determinar el caudal de contribución del sistema de alcantarillado para el modelado hidráulico se procedió con el siguiente procedimiento:

- Se procesó la información del micromedidor proporcionada por la Unidad de Gestión Municipal (UGM) de la zona de estudio utilizando Microsoft Excel.
- El dato del caudal volumétrico de consumo facturado que estaba en $m^3/\text{mes}/\text{conexión}$ se ha convertido a un caudal promedio (Q_m) de consumo en $l/s/\text{conexión}$ para cada categoría de usuarios, para así tener la data del caudal de consumo promedio.
- Para los efectos de las variaciones de consumo se realizó la mayoración al caudal de consumo promedio (Q_m) con $k_2 = 2$ según recomendación del R.N.E. y así obtener el caudal máximo horario (Q_{mh}).
- Al Q_{mh} de consumo se le multiplico con un coeficiente de retorno de $C = 0.80$.
- De los pasos anteriores también se obtuvo el caudal de malas conexiones (Q_{mc}) multiplicando con el 10% al Q_{mh} .
- Se realizó el cálculo del caudal de contribución (Q_c) de la suma de caudal máximo horario (Q_{mh}) más caudal de malas conexiones (Q_{mc}) para cada conexión y tipo de usuarios (domestico, comercial, social y estatal).
- Se realizó el cálculo de caudales de infiltración considerando los datos recomendados por R.N.E.

D) Actualización de catastro de redes

Se realizó la actualización del catastro de redes de alcantarillado, para brindarle al proyecto de investigación información precisa, confiable y vigente para el modelado hidráulico y la toma de decisiones futuras.

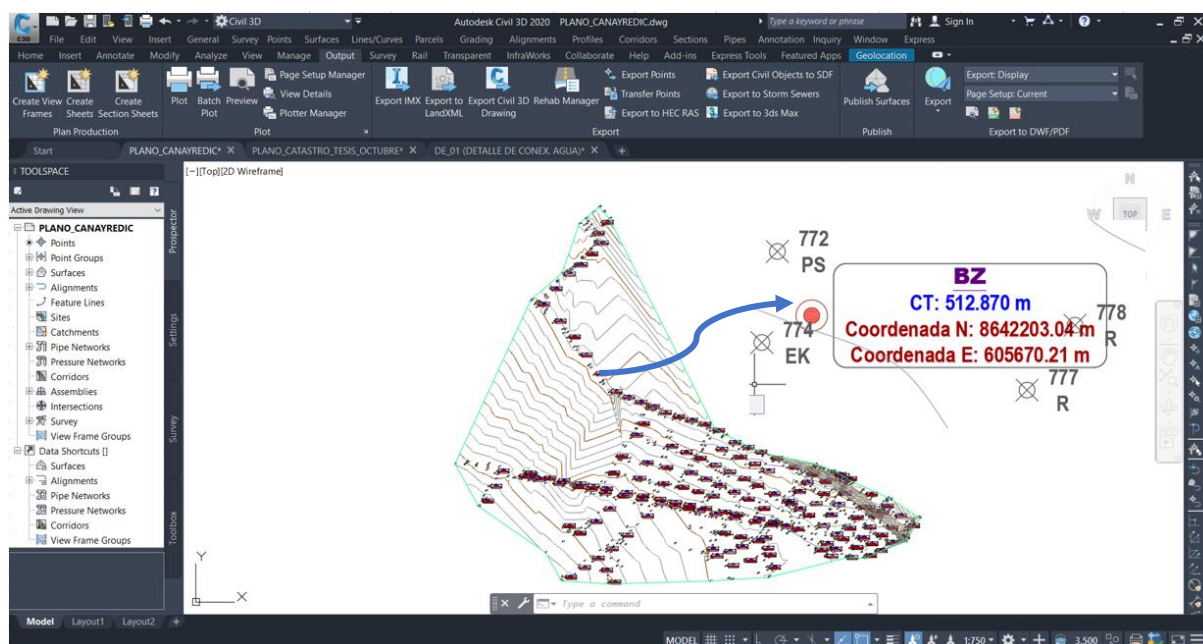
Esta labor implica la realización de levantamientos y la conversión a formato digital de los planos del catastro de las redes de alcantarillado, basándose en la recopilación de datos técnicos sobre las condiciones actuales de dichas redes (incluyendo el diámetro de las tuberías, los materiales utilizados, las profundidades de los conductos, el estado de las tapas y buzones, las direcciones de flujo, entre otros aspectos).

Se realizó el procesamiento de la información obtenida en campo con el uso de los siguientes softwares:

a) AutoCAD Civil 3d 2020

Tras finalizar el trabajo topográfico de campo, se transmitieron los datos de la estación total al ordenador, donde se obtuvieron los puntos topográficos en formato txt (véanse los anexos). Después de importar los datos, utilizamos AutoCAD Civil 3D 2020 para analizar los puntos recogidos en el campo; para ello se ha seguido el siguiente flujo de trabajo de topografía:

- Se importaron los puntos al Civil 3D mediante la opción: Toolspace/prospector/points.
- En la ficha prospector se hizo clic derecho en la opción points y luego la opción créate
- En seguida se escogió el formato del archivo de puntos que se guardó para importar.
- Se busco el lugar donde se guardó el archivo el grupo de puntos, luego en la ventana de dialogo se acepta y finalizamos con la importación de los puntos.
- Para ver los puntos importados se digito: ZE/enter
- Después de haber adquirido los puntos en el software, fue necesario contar con una representación de la superficie del terreno.
- Creamos la superficie en: Prospector/surfaces/clic derecho/créate Surface.
- En el campo Nombre introduciremos “Superficie_Canayre” y mantendremos el resto de los valores que CIVIL 3D da por defecto. Pulsaremos aceptar para cerrar el diálogo.
- Ponemos los datos siguientes luego se hizo clic en ok.
- Creamos la superficie a partir del conjunto de puntos.
- Abrimos el menú desplegable de la superficie y seleccionamos la opción defition y add.
- En la ficha prospector abrimos los árboles Surface/superficie_canayredic/definition/points group/clic derecho/add/elegimos el conjunto de puntos y aceptar(ok).
- Se guardó la superficie del área de estudio en formato LandXML
- Se realizó el trazo de red de tuberías y se guardó en formato DXF
- Se realizó el trazado de polígonos para manzanas y lotes del lugar donde se realizó la investigación de acuerdo al levantamiento topográfico.
- Se realizó la planimetría del catastro y se guarda el archivo en formato DXF
- Se realizo el trazado de conexiones domiciliarias de alcantarillado para guardar el archivo en formato DXF
- Se exporta las coordenadas planas (Norte, Este) de las conexiones domiciliarias en formato CSV (Delimitado por comas)

Figura 2.3*Procesamiento de la información en AutoCAD Civil 3D 2020***b) ArcGIS 10.5**

Se realizó la integración de datos de conexiones domiciliarias a partir de los archivos CAD y Excel para tener un base de datos SIG para el modelado hidráulico.

Procedimiento:**Integrar datos en ArcGIS**

Una vez que tengamos abierto el software de ArcGIS, nos dirigiremos a crear un nuevo “Mapa en blanco”, dentro de este nuevo mapa insertamos todas las entidades obtenidas en la gestión de información anterior.

Conexiones a carpetas

Para ello, dentro del entorno de ArcGIS, nos dirigimos a la opción de Catalog que se encuentra de la parte de la derecha del entorno y buscamos la carpeta que se titule “Folder Connections”, hacemos clic derecho y seleccionamos “Connect to Folder”.

Caudal de contribución

Continuando con la obtención de datos, ya tenemos el caudal máximo horario (Qmh) para cada vivienda, también tenemos el caudal por malas conexiones (Qmc) trabajados en Excel y lo que

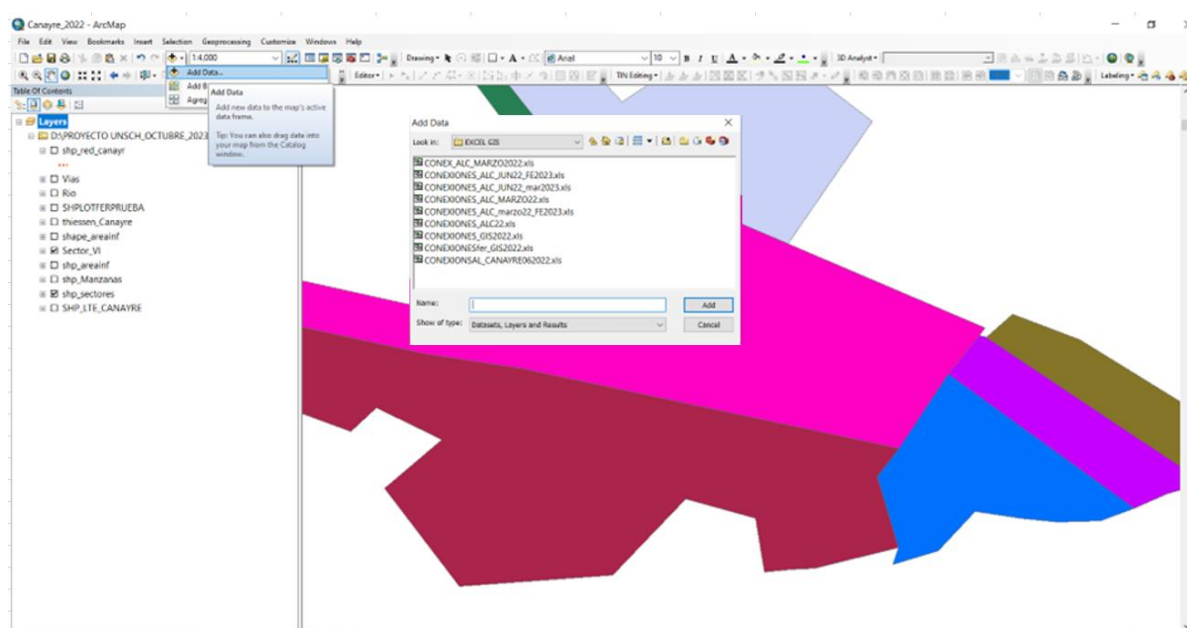
nos faltaría sería el caudal de infiltración tanto en los buzones y tuberías, que esta la obtendremos durante el proceso de modelado del sistema de alcantarillado sanitario más adelante mediante el empleo del Software SewerGEMS.

Importación de la tabla Excel de conexiones domiciliarias de alcantarillado al ArcGIS

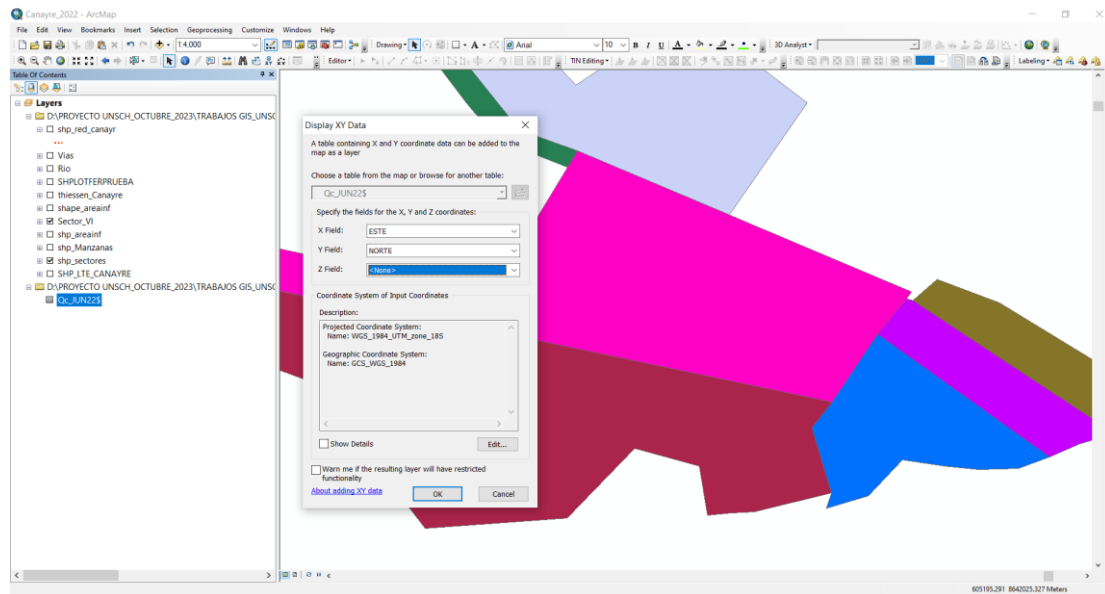
- Para añadir los datos del archivo formateado a ArcMap, seleccionamos el botón Add Data y navegamos a la carpeta donde se guardó la tabla que contiene las coordenadas de las conexiones domiciliarias del sistema de alcantarillado en la computadora, seleccionamos el archivo y hacemos clic en Add (Agregar).

Figura 2.4

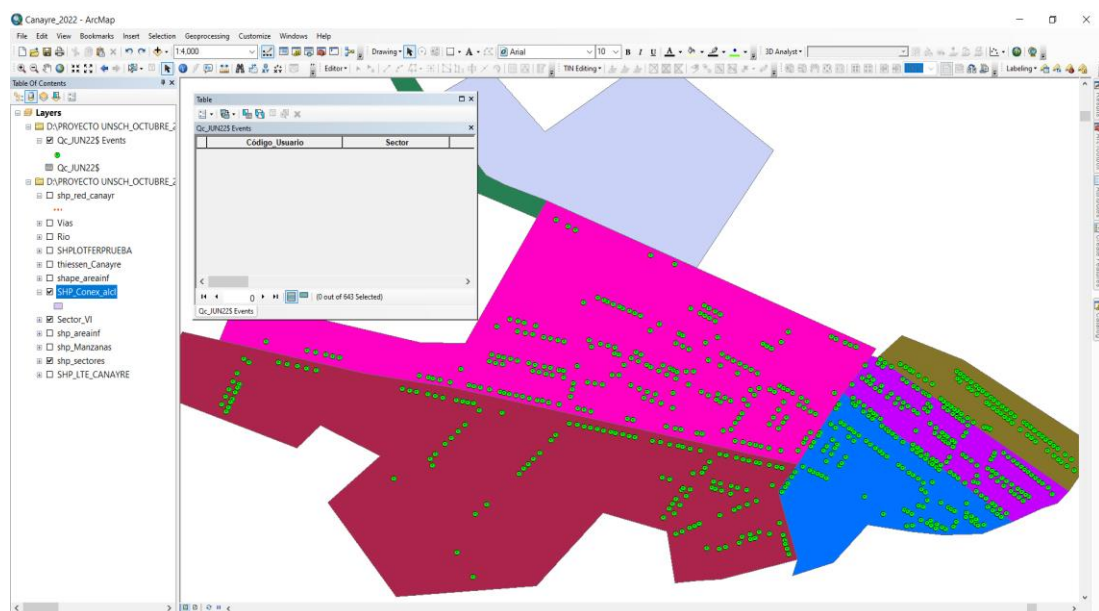
Importación de data de conexiones domiciliarias a ArcGIS



- hacemos clic con el botón derecho en el nombre de la tabla en la tabla de contenido (Layers) y seleccionamos Display XY Data.
- En la tabla de Display XY Data se especifica las coordenadas planas de Este (X) y Norte (Y)
- Hacemos clic en el botón Edit para abrir el cuadro de diálogo Spatial Reference Property. De manera similar, pulsamos el botón Select para escoger un sistema de coordenadas para los datos y se georreferencia las conexiones domiciliarias en sistema de coordenadas WGS-1984-UTM-Zone-18S.
- Una vez establecido la proyección, seleccionamos la opción "Aceptar/OK" en la ventana de Spatial Reference Property. Luego, hacemos clic en "OK" en la ventana de Display XY data.

Figura 2.5*Georreferenciación de conexiones domiciliarias en coordenadas planas*

- Los puntos de conexiones se dibujan como un archivo temporal en ArcMap. Verificamos que el archivo temporal no tiene datos en su tabla de atributos.
- Seguidamente los puntos del archivo temporal convertimos a un archivo Shapefile haciendo clic derecho sobre el archivo temporal/Data/Export Data/seleccionamos la carpeta de exportación/escogemos el tipo de archivo Shapefile/sabe/ok/sí.

Figura 2.6*Exportación de data de conexiones domiciliarias a formato Shapefile*

E) Sistema de información geográfica (SIG)

Finalmente, la información actualizada se integró en un sistema de información geográfica (SIG) para generar mapas o planos temáticos que reflejen las condiciones reales de la red.

2.3.2. Construcción del modelo hidráulico para la determinación de la capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario de Canayre.

2.3.2.1. Elección de software de modelado hidráulico

El modelado hidráulico de las redes de alcantarillado posibilita la simulación del comportamiento de estas a lo largo del día. En el ejemplo concreto del sistema de alcantarillado del distrito de Canayre, se empleó el programa SewerGEMS, un software comercial diseñado para el análisis, diseño, modelado y gestión de redes de flujo libre.

2.3.2.2. Etapas para la construcción de un modelo hidráulico utilizando el software SewerGEMS

Se realizaron las siguientes etapas en el proceso de construcción del modelo hidráulico para el sistema de alcantarillado del distrito de Canayre.

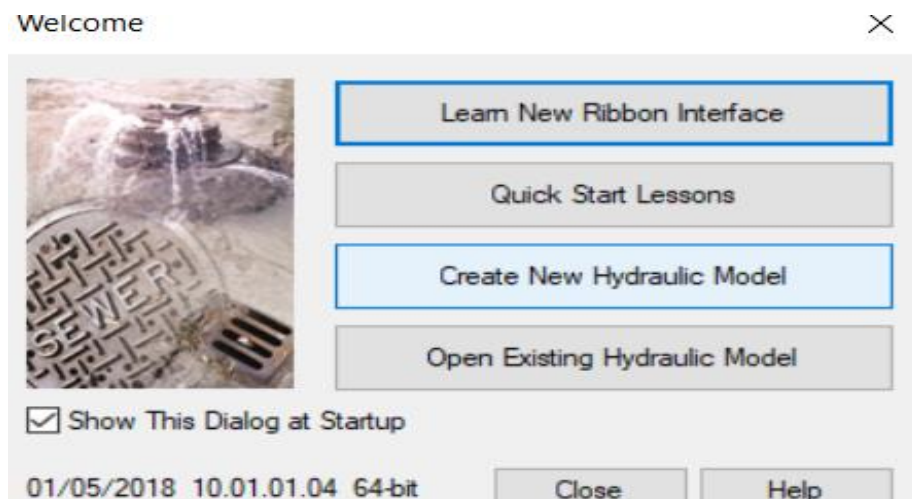
A) Etapa 1. Construcción topológica

Esta fase consistió desde la configuración básica del modelo y el proceso de dibujado a escala de todas las tuberías que contemplan el sistema de alcantarillado.

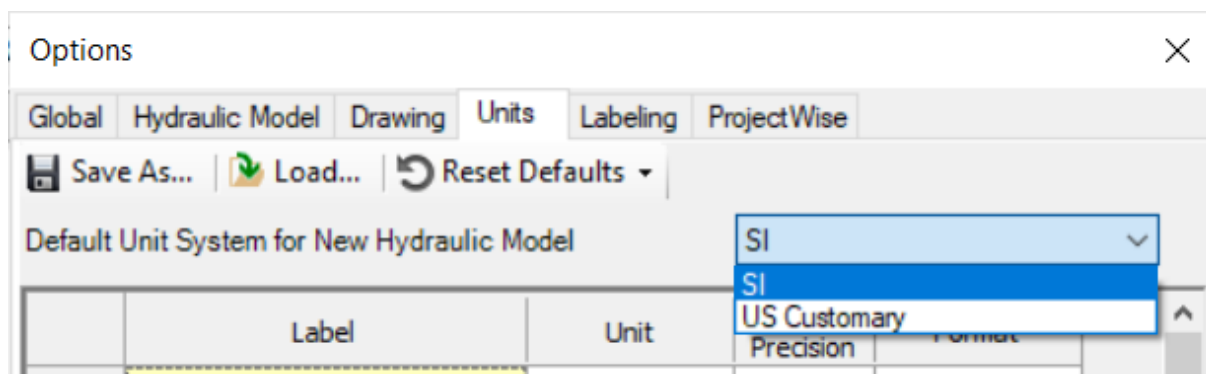
Creación del modelo hidráulico en SewerGEMS

Se prosigue con los pasos siguientes:

- En el escritorio, se hace doble clic en el ícono de SewerGEMS para iniciar.
- Clic en Create New Hydraulic Model.
- Una vez que se haya generado el nuevo modelo hidráulico, accedemos al menú File/Save As. Se asigna al proyecto el nombre "Modelado_Hidráulico_Canayre.stsw" y se presiona el botón Save.
- Después, se requerirá establecer ciertas opciones generales y de dibujo del modelo hidráulico antes de iniciar el diseño del sistema.

Figura 2.7*Inicio y creación del nuevo modelo hidráulico en SewerGEMS*

- Hacemos clic en la opción Tools/Options.
- En la pestaña Units, elegimos el sistema internacional en el menú desplegable Reset Defaults, para garantizar que se utilizarán las unidades del sistema internacional (SI).
- Luego, clic en OK para confirmar los ajustes efectuados.

Figura 2.8*Elección de sistema de unidades (SI)*

Configuración de las propiedades del modelo

- Accedemos al Menú File/Info. Dentro del cuadro de diálogo, proporcionamos detalles adicionales y descriptivos sobre el título que se asignará al modelo hidráulico.
- Para concluir, introducimos observaciones en el campo de Notas para mejorar la revisión del modelo por parte de otra persona. Después, simplemente hacemos clic en OK una vez que toda la información haya sido ingresada.

Figura 2.9*Configuración de información de las propiedades del modelo*

The screenshot shows a software interface with a tab labeled 'Info'. Below the tab are several input fields:

- Title:** Modelado hidráulico y capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado s
- File Name:** D:\TESIS_UNSCH_OCTUBRE_2022\MODEL_HIDRÁUL_SAL_CANAYRE\MODE
- Engineer:** Bach. D.Fernando Licas Espinoza
- Company:** Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
- Date:** 15/11/2022 (with a calendar icon showing the 15th)

Below these fields is a section labeled 'Notes' with a text area containing the following text:

Simulación hidráulica del sistema de alcantarillado del distrito de Canayre a partir de datos de micromedidores de conexiones domiciliarias.

B) Etapa 2. Información de infraestructura

Durante esta etapa, se agregaron todos los componentes adicionales al sistema de tuberías, como buzones, conexiones domiciliarias (Property Connection), etc. Además, es en esta etapa donde se personalizan las características específicas de cada tubería, como su diámetro, material y coeficiente de rugosidad.

El instrumento ModelBuilder de SewerGEMS automatiza las primeras dos etapas del proceso de modelado hidráulico de sistemas de alcantarillado al importar y trabajar con diversos formatos de archivos base. Para desarrollar el modelo de alcantarillado del distrito de Canayre, se empleó esta herramienta. Básicamente, facilita la construcción automática del modelo al importar datos de varios tipos de archivos, incluyendo CAD, Shapefiles de ESRI, dBase, Excel e incluso versiones antiguas de SewerCAD. El modelo se construyó a partir de un archivo shapefile que contenía los planos del sistema de alcantarillado de Canayre, y ModelBuilder generó automáticamente el esquema de la red a escala.

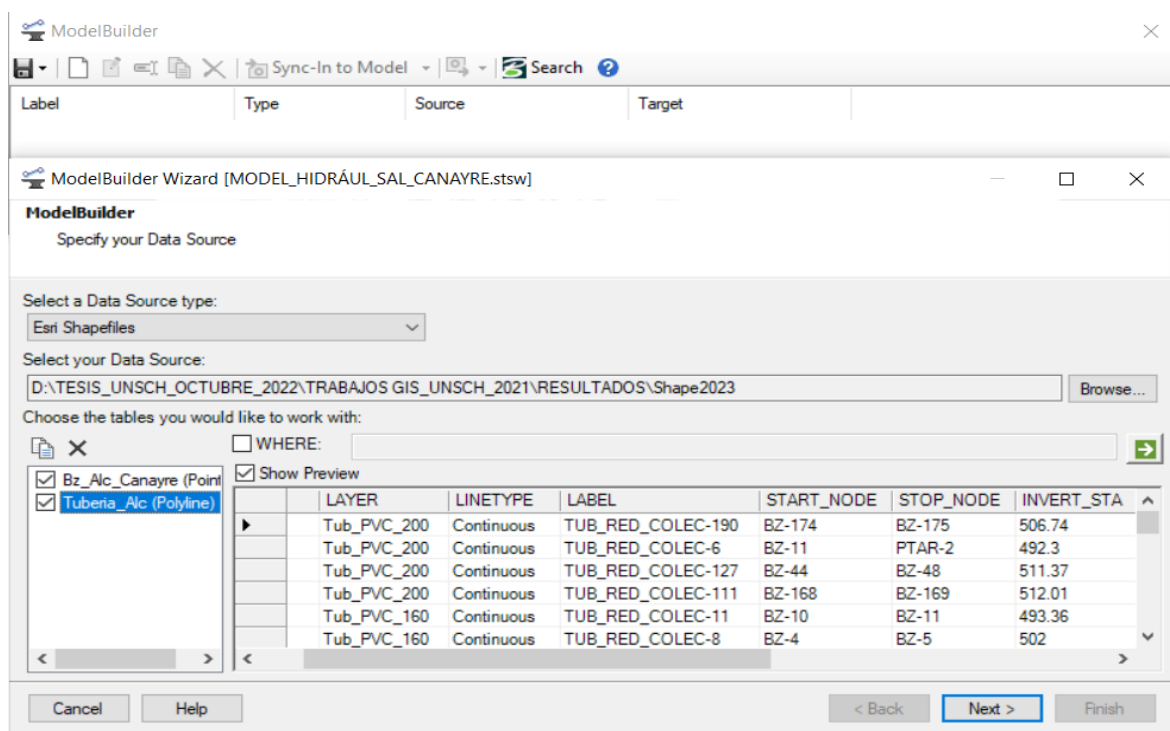
Construcción del modelo usando ModelBuilder

Pasos para construir del modelo utilizando ModelBuilder.

- Comenzamos utilizando la herramienta ModelBuilder accediendo desde el menú principal Tools/ModelBuilder o simplemente pulsamos en el botón ModelBuilder en la barra de herramientas. Esto abrirá un cuadro de diálogo en blanco.
- Pulsamos el botón New para iniciar un proceso guiado de construcción del modelo desde archivos externos. En el campo Select a Data Source type optamos por el formato Shapefiles entre la variedad de formatos compatibles con SewerGEMS que se encuentran en el menú desplegable.
- En el espacio Select your Data Source hacemos clic en Browse y buscamos en nuestro directorio el Archivos Shape que se encuentra D:\TESIS_UNSCH_OCTUBRE_2022...\Shape2023 de luego escogemos pulsando la tecla CTRL los archivos Bz_Alc_Canayre y Tuberia_Alc. Pulsamos en el botón Open para acceder al contenido de los archivos.

Figura 2.10

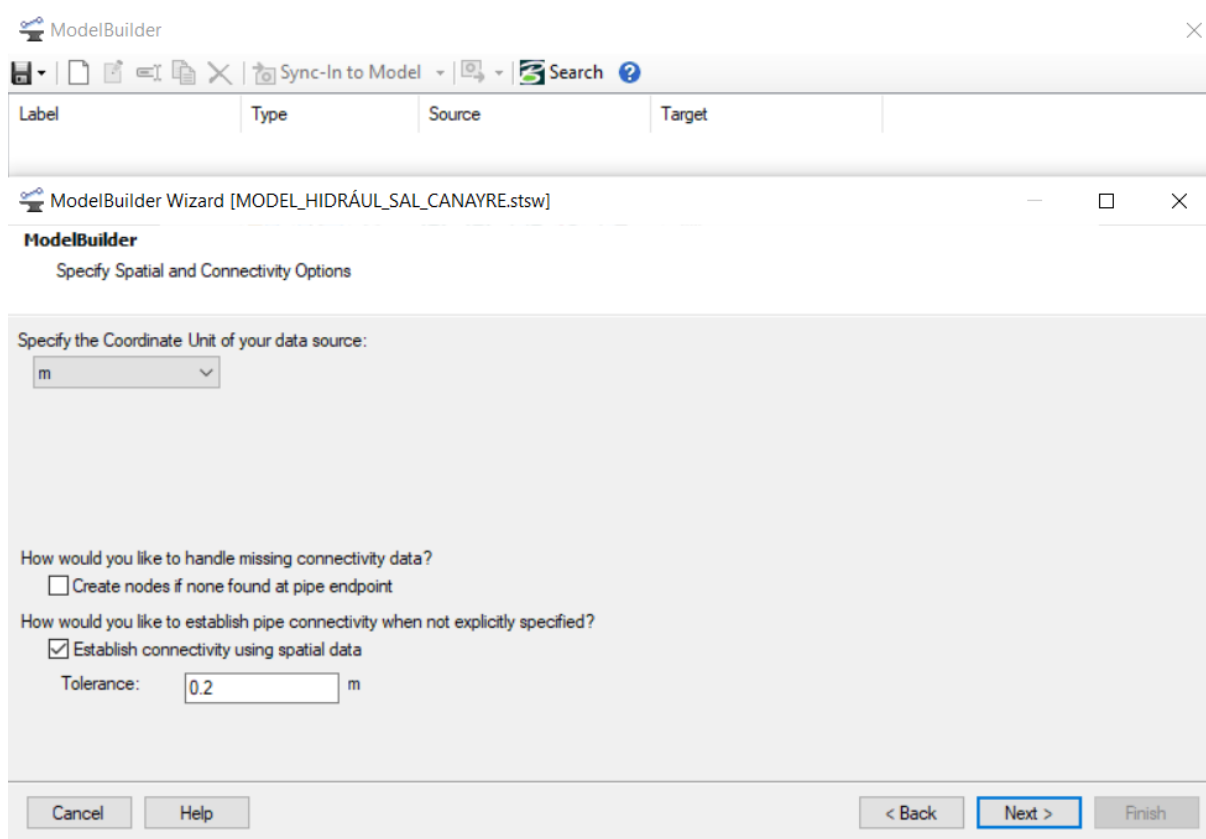
Especificación de fuente de datos externos de la red usando ModelBuilder



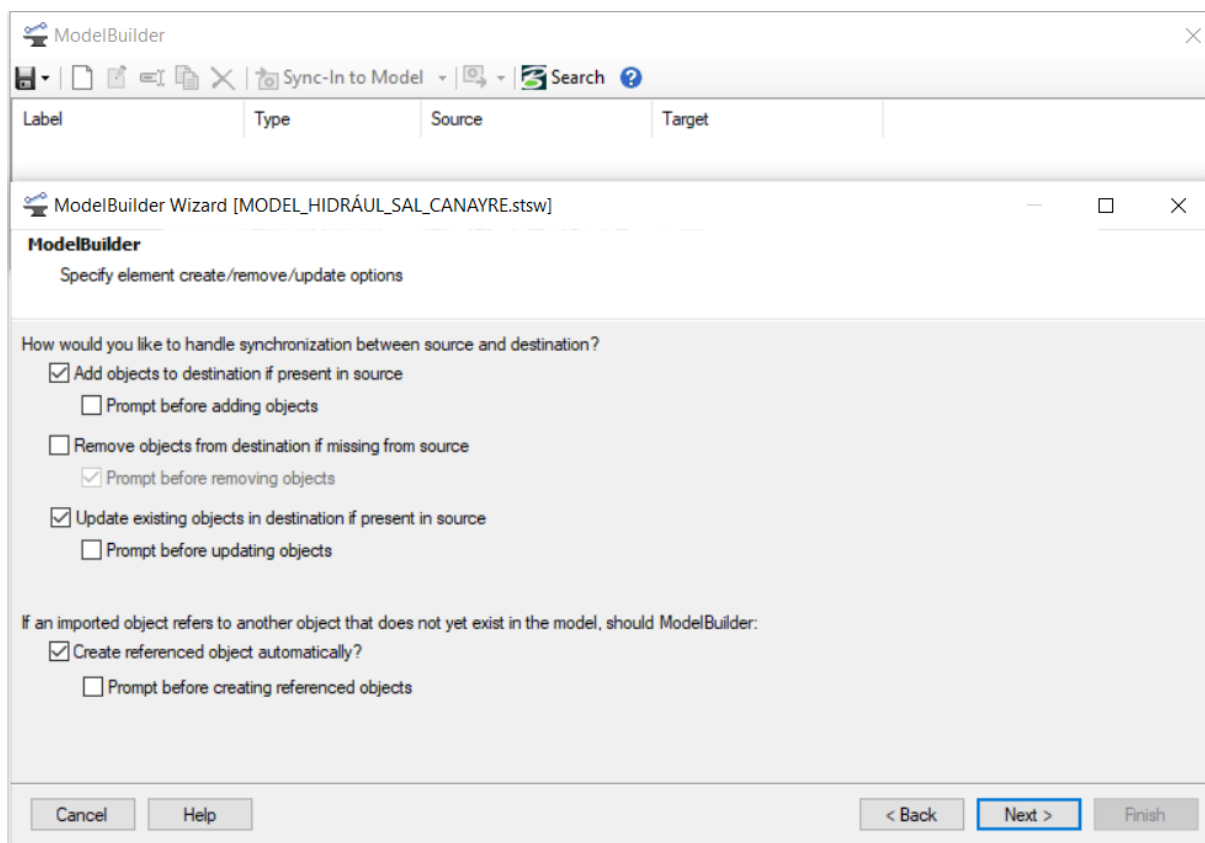
- Al activar la opción Show Preview, fue posible visualizar el contenido de la tabla de atributos de las dos capas: buzones (Bz_Alc_Canayre) y tuberías (Tuberia_Alc).
- Continuando con el proceso guiado, seleccionamos el botón Next para llegar al cuadro de diálogo que contiene las opciones espaciales de importación (Specify Spatial and Connectivity Options). Se estableció la Unidad de Coordenadas como metros (m).
- Desmarcamos la celda Create nodes if none found at pipe endpoint.
- Seleccionamos la casilla correspondiente al campo " Establish connectivity using spatial data " ya que utilizaremos la georreferenciación de los colectores en la data Shapefile.
- Establecemos la tolerancia Tolerance como 0.20 m. Hacemos Clic en Next.

Figura 2.11

Especificación de opciones espaciales y de conectividad



- En el siguiente diálogo sobre las opciones de create, remove y/o update, optamos por mantener los valores predeterminados sugeridos por el software.

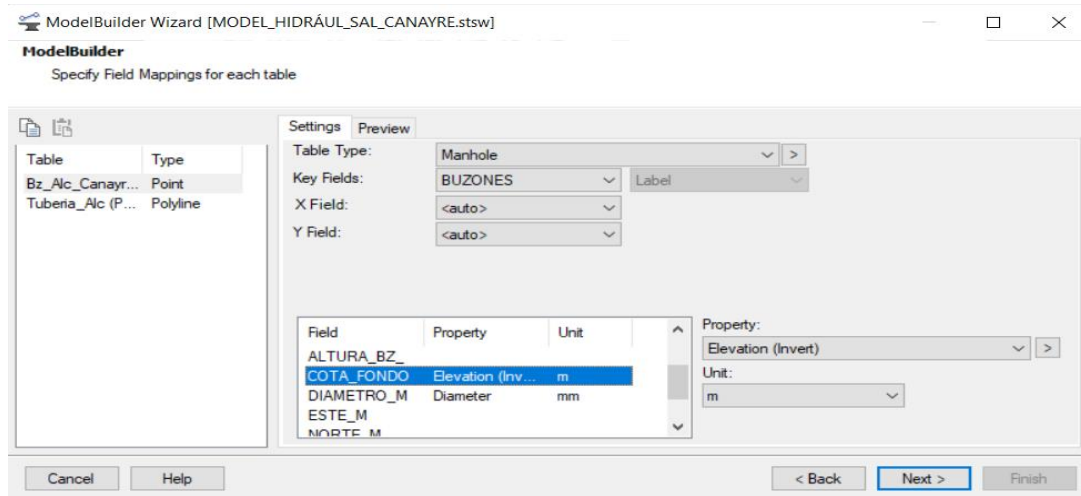
Figura 2.12*Opciones de creación/eliminación/actualización de elementos*

- Luego, se muestra el diálogo de opciones auxiliar el cual dejaremos sin cambios por defecto.
- Pulsamos en Next e ingresamos a la opción “Field Mapping” traducido como Mapeo de Campos, esto nos permitió vincular campos particulares que están presentes en el archivo Shapefile con las propiedades y atributos gestionados por el modelo del software.
- En el panel izquierdo, seleccionamos la tabla “Bz_Alc_Canayre” y establecemos las siguientes vinculaciones en el diálogo de la parte derecha de la ventana tal como:
 Table Type: Manhole
 Key/Label Field: BUZONES. Áreas X, Y: Dejamos en Auto, pues en este paso no es necesario fijar coordenadas por tratarse de un base de datos SIG en formato shapefile.
- En la sección inferior para el “Field Mapping” con características del modelo (método de vinculación), elegimos el campo Elev_Inv del registro Shapefile y en el menú de selección

“Attribute”, seleccionamos el indicador Elevation (Invertida), mientras que el campo Unit debe permanecer configurado en m.

Figura 2.13

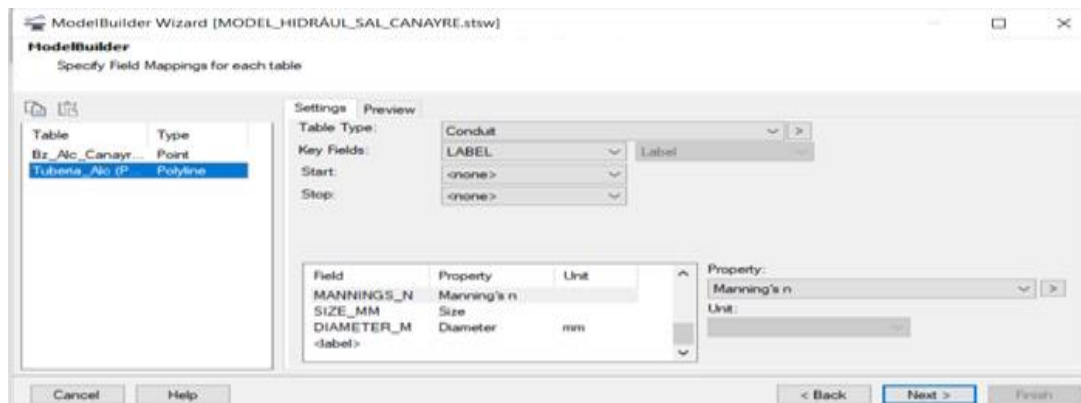
Especificación de asignaciones de campos para tabla de buzones



- Finalizado el asignado del campo de buzones, seleccionamos en Table Tuberia_Alc.
- En el diálogo Settings para la parte de Table Type de la ventana seleccionable se cambió por defecto por Conduit.
- En el diálogo Settings para Key Fields seleccionamos LABEL. El área Start y Stop queda sin cambios.
- En la sección inferior, vinculamos la propiedad Diameter_mm del fichero Shapefile con la propiedad de Diámetro especificando las unidades como milímetro(mm), en propiedad MANNINGS_N del fichero Shapefile con la propiedad Manning's n del modelo y el área MATERIAL con la propiedad Material.

Figura 2.14

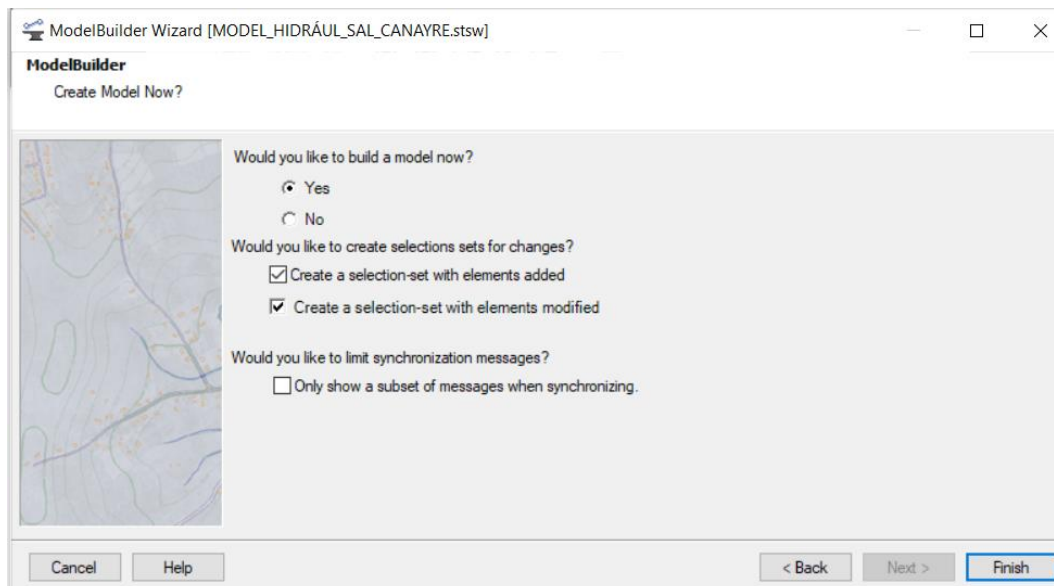
Especificación de asignaciones de campos para tabla de tuberías



- Seleccionamos Siguiente (Next). Luego, se muestra un cuadro de diálogo que pregunta si queremos construir un nuevo modelo en este momento. Respondemos afirmativamente (Yes) y pulsamos en el área de diálogo finalizar.

Figura 2.15

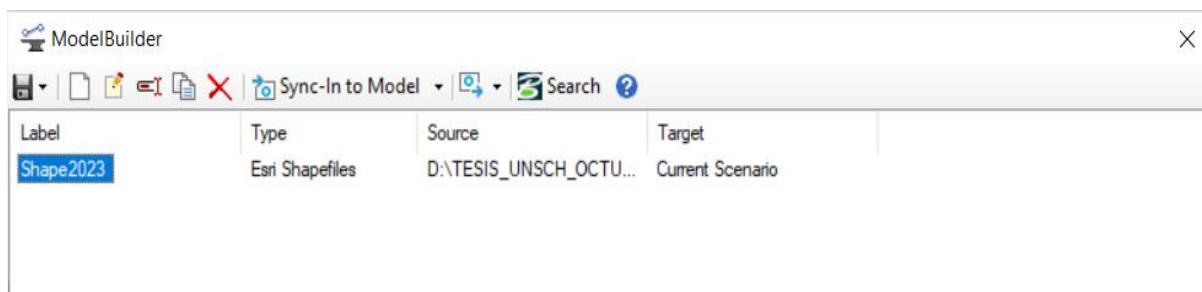
Cuadro de creación de modelo hidráulico



- Cerramos el interfaz de diálogo y nuevamente se muestra el área de diálogo principal de ModelBuilder, donde el formato de esta conexión con archivos externos será guardado por el software para su uso en el futuro.

Figura 2.16

Cuadro de diálogo general de ModelBuilder



- Se cierra el área de diálogo.
- Luego, nos encontramos con el aviso que pregunta si deseamos confirmar la sincronización entre el modelo y el dibujo. Hacemos clic en sí.
- Para visualizar el modelo construido en nuestro campo de dibujo, accedemos al menú Ver, Zoom y Zoom Extents.

Figura 2.17

Visualización de la construcción topológica del modelo hidráulico



- Para examinar toda la data importada, abrimos el informe tabular para los colectores seleccionando la opción FlexTables desde el menú Ver, y luego hacemos doble clic en la tabla de tuberías.

Figura 2.18

Reporte de las propiedades de la tubería del modelo hidráulico importado

FlexTable: Conduit Table (MODEL_HIDRÁUL_SAL_CANAYRE.stsw)

	ID	Label	Start Node	Set Invert to Start?	Invert (Start) (m)	Design Conduit?	Material	Manning's n	Size	Diameter (mm)	Stop Node	Set Invert to Stop?	Invert (Stop) (m)	Conduit Type	Has User Defined Length?
222: TUB_RED	222	TUB_RED_C...	BZ-174	✓	506.74	✓	PVC	0.010		192.2	BZ-175	✓	503.23	User Defined Co	✓
223: TUB_RED	223	TUB_RED_C...	BZ-11	✓	492.30	✓	PVC	0.010		192.2	PTAR-2	✓	491.70	User Defined Co	✓
224: TUB_RED	224	TUB_RED_C...	BZ-44	✓	511.37	✓	PVC	0.010		192.2	BZ-48	✓	511.21	User Defined Co	✓
225: TUB_RED	225	TUB_RED_C...	BZ-168	✓	512.01	✓	PVC	0.010		192.2	BZ-169	✓	511.84	User Defined Co	✓
226: TUB_RED	226	TUB_RED_C...	BZ-10	✓	493.36	✓	PVC	0.010		153.6	BZ-11	✓	492.30	User Defined Co	✓
227: TUB_RED	227	TUB_RED_C...	BZ-4	✓	502.00	✓	PVC	0.010		153.6	BZ-5	✓	498.77	User Defined Co	✓
228: TUB_RED	228	TUB_RED_C...	BZ-163	✓	516.59	✓	PVC	0.010		153.6	BZ-164	✓	516.45	User Defined Co	✓
229: TUB_RED	229	TUB_RED_C...	BZ-126	✓	513.18	✓	PVC	0.010		153.6	BZ-127	✓	513.08	User Defined Co	✓
230: TUB_RED	230	TUB_RED_C...	BZ-101	✓	511.31	✓	PVC	0.010		192.2	BZ-100	✓	511.11	User Defined Co	✓
231: TUB_RED	231	TUB_RED_C...	BZ-8	✓	492.45	✓	PVC	0.010		192.2	BZ-11	✓	492.30	User Defined Co	✓
232: TUB_RED	232	TUB_RED_C...	BZ-87	✓	512.12	✓	PVC	0.010		153.6	BZ-102	✓	511.54	User Defined Co	✓
233: TUB_RED	233	TUB_RED_C...	BZ-5	✓	498.77	✓	PVC	0.010		192.2	BZ-6	✓	494.50	User Defined Co	✓
234: TUB_RED	234	TUB_RED_C...	BZ-132	✓	513.06	✓	PVC	0.010		153.6	BZ-133	✓	512.89	User Defined Co	✓
235: TUB_RED	235	TUB_RED_C...	BZ-162	✓	517.26	✓	PVC	0.010		153.6	BZ-163	✓	516.59	User Defined Co	✓
236: TUB_RED	236	TUB_RED_C...	BZ-89	✓	512.07	✓	PVC	0.010		153.6	BZ-90	✓	511.69	User Defined Co	✓
237: TUB_RED	237	TUB_RED_C...	BZ-141	✓	508.22	✓	PVC	0.010		192.2	BZ-142	✓	505.35	User Defined Co	✓
238: TUB_RED	238	TUB_RED_C...	BZ-86	✓	511.71	✓	PVC	0.010		192.2	BZ-102	✓	511.54	User Defined Co	✓
239: TUB_RED	239	TUB_RED_C...	BZ-3	✓	508.33	✓	PVC	0.010		153.6	BZ-4	✓	502.00	User Defined Co	✓
240: TUB_RED	240	TUB_RED_C...	BZ-106	✓	511.38	✓	PVC	0.010		153.6	BZ-107	✓	511.00	User Defined Co	✓
241: TUB_RED	241	TUB_RED_C...	BZ-122	✓	509.98	✓	PVC	0.010		192.2	BZ-135	✓	509.77	User Defined Co	✓

190 of 190 elements displayed

C) Etapa 3. Distribución automatizada de alturas por medio de TRex

Durante este proceso, tras disponer de un fichero con curvas de nivel, SewerGEMS tiene incorporado una herramienta denominada TRex, que de manera directa utiliza las altitudes del fichero de referencia asignado para interpolarlas en los buzones (nodos).

Procedimiento:

- Distribuimos las alturas por intermedio de la fuente Tools/TRex.
- En el área Data Source Type: seleccionamos la alternativa LandXML.
- En elevation Dataset referido a File: hacemos clic en el área ellipse y navegamos para ubicar el fichero de LandXML en el cual seleccionamos el fichero llamado como SUPERFICIE_CANAYREDIC.xml. Hacemos clic en Open.
- En el campo Select Elevation Field: se deja por defecto.
- Las coordenadas (X, Y) y la elevación (Z) se expresarán en unidades de metros (m).
- Inferior al área Nodes to Update marcamos en alternativa ALL.
- Seleccionamos Next para iniciar TRex. Después de completar el proceso, confirmamos el aviso de advertencia.

Figura 2.19

Ventana de distribución automatizada de cotas de terreno por medio de TRex

TRex Wizard [X]

File Selection
Select an elevation dataset and the applicable nodes to operate on.

Select Data Source Type
Data Source Type: LandXML

Elevation Dataset
File: D:\TESIS_UNSCH_OCTUBRE_2022\
Spatial Reference: Unknown
Select Elevation Field:
X-Y Units: m
Z Units: m
Clip Dataset to Model: ☐
Buffering Percentage: 50.0 %

Model
Spatial Reference: Unknown

Model Features
☐ Also update inactive elements
Nodes to update:
☒ All
☐ Selection
☐ Selection Set

Cancel Help < Back **Next >** Finish

- Al presionar el botón 'Ok', la ventana se abre mostrando una síntesis de las alturas proporcionadas.
- Ya que deseamos guardar estas alturas en la opción Base-Physical, seleccionamos el botón de Finish para volver al espacio de esquema.

Figura 2.20

Ventana de reporte de elevaciones asignados a los buzones

Completing the TRex Wizard

	Label	Elevation (m)
0	*BZ-112	511.63
1	*BZ-117	511.91
2	*BZ-119	513.51
3	*BZ-120	512.55
4	*BZ-136	511.45
5	*BZ-139	510.86
6	*BZ-15	514.57
7	*BZ-158	516.02
8	*BZ-191	514.36

☒ Use Existing Alternative Base Physical
☐ New Alternative
 Parent Alternative: <None>

Click Finish to save the new ground elevation data to the chosen alternative

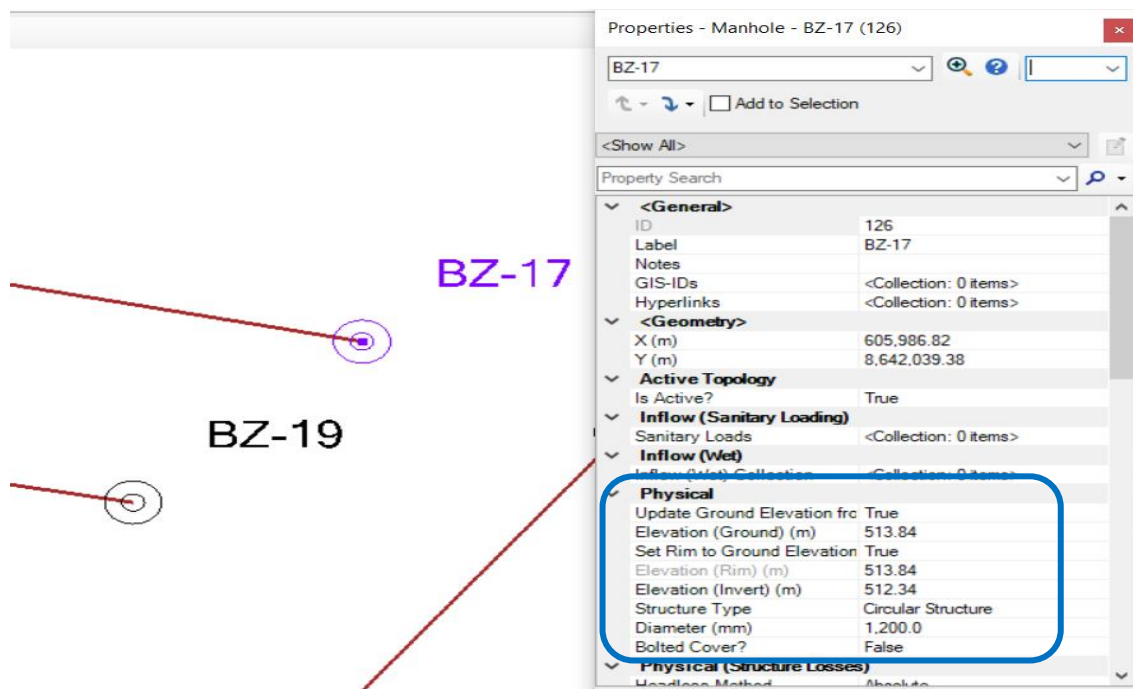
Export Results...

Cancel Help < Back Next > **Finish**

- Para evaluar, seleccionamos nuevamente el buzón BZ-17 para comprobar si el campo de Altitud (Ground) ahora contiene información.
- A la derecha se muestra el cuadro de property, y podemos notar que se ha distribuido las elevaciones de terreno a cada uno de los buzones, tanto en este caso como en otros.

Figura 2.21

Ventana de visualización de las propiedades de los buzones de la red



Elaboración y evaluación de perfiles de la superficie

Mediante el uso del instrumento profile, llevamos a cabo una rápida comprobación para determinar si los datos topográficos distribuidos coinciden con las cotas de terreno en los buzones. Antes de esto, establecemos la ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), y la importación de la superficie al modelo a través de Terrain Models.

Transformación de un buzón a una estructura de evacuación (Morphing a Outfall)

- Mientras estábamos importando datos por medio de ModelBuilder, nos llegó una notificación de que se había generado un buzón debido a la presencia de un colector sin un nodo en uno de sus extremos. Este nodo en particular corresponde a la evacuación de la red.
- Pulsamos sobre el buzón final del extremo noreste (ubicado en la línea final del emisor). Dado que este buzón fue generado durante la importación, debería haber sido etiquetado como PTAR-01. Como se mencionó anteriormente, este buzón representa en realidad una estructura de evacuación que necesita ser transformada en un componente del tipo Outfall.
- Para la transformación (morph) del buzón, escogemos el componente tipo Outfall de los instrumentos de diseño y lo colocamos encima del buzón de la entrada a la PTAR.
- En el mensaje de notificación pulsamos en sí.

Asignación automática de la superficie de terreno a través de Terrain Models

- Para asignar la superficie de terreno vamos al menú View/Terrain Models.
- Una vez estando en la ventana de Terrain Models, hacemos clic en New.
- Para el campo Source Type: seleccionamos la opción LandXML Terrain Models File.
- Para el campo Terrain Models Source: hacemos clic en el botón ellipse y seleccionamos el archivo SUPERFICIE_CANAYREDIC.xml. Hacemos clic en Open.
- En el campo de Source Unit: escogemos la unidad de medida que este en metros (m)
- En Show Contour Lines seleccionamos el intervalo de 1m a 5m para curvas de nivel.
- Luego clic en ok y cerramos la ventana de Terrain Models.

Figura 2.22.

Ventana de importación de la superficie a través de Terrain Models

Terrain Model: SUPERFICIE_CANAYREDIC.xml

Source

Source Type: LandXML Terrain Model File

Terrain Model Source: D:\TESIS_UNSCH_OCTUBRE_2022\TRABAJOS GIS_UNSCH

Source Unit: m

Boundary Settings

Color: [Green Swatch]

Width: 1

☒ Show Contour Lines

Minor Interval: 1.00 m Color: [Blue Swatch]

Lines per Major Interval: 5

Major Interval: 5.00 m Color: [Dark Blue Swatch]

Triangle Settings

☐ Show Triangles Color: [Gray Swatch]

OK Cancel Help

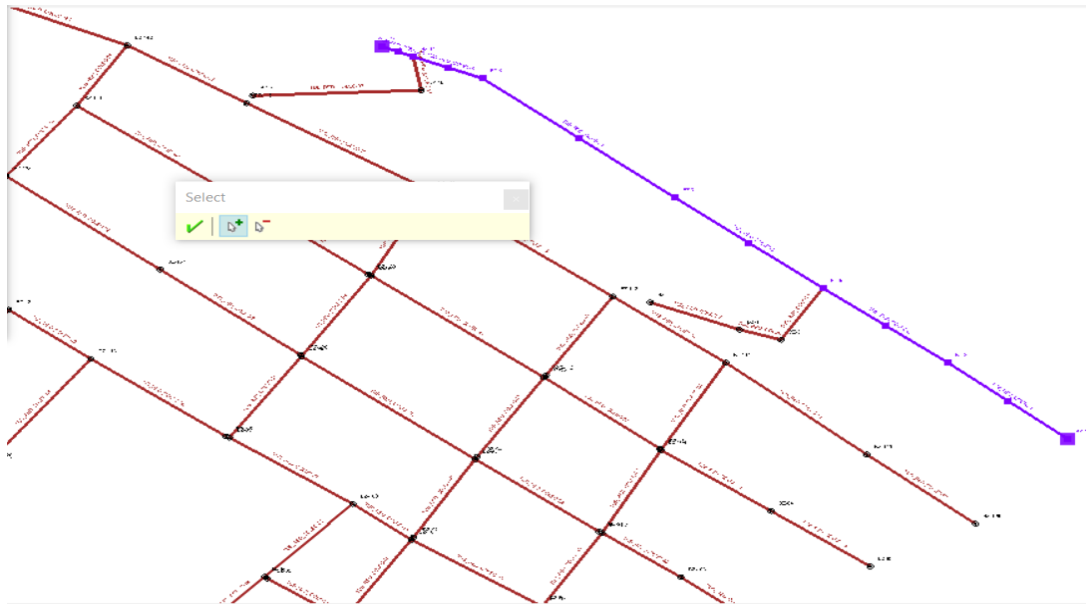
Además de ver los variables ingresados en los pasos previos, será crucial examinar el perfil de los tramos del sistema de alcantarillado como parte del proceso. Para ello se sigue el siguiente procedimiento:

- Abrimos el interfaz del software y pulsamos en View/Profiles.
- Pulsamos en New para iniciar en Profile Setup.

- Presionamos en opción Select From Drawing para escoger tramos correspondientes para tuberías a visualizar en el perfil.
- En el campo de esquema seleccionamos las tuberías de inicio en Bz-01 hacia la tubería final correspondiente al cámara de bombeo (CBD) y luego pulsamos en opción Done.

Figura 2.23

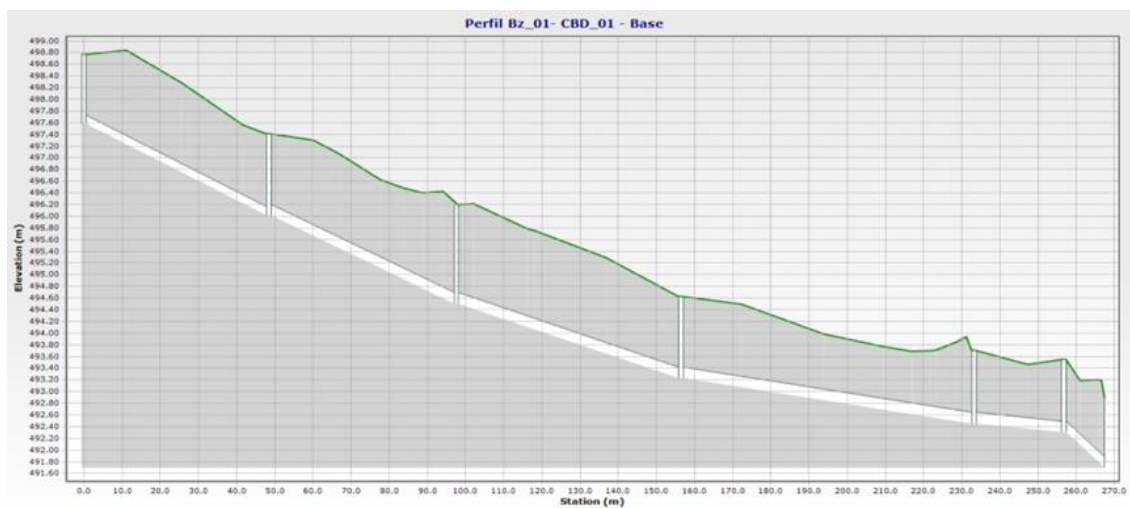
Creación y selección de tramos de tuberías a visualizar en perfil



- Después de elegir los tramos para el perfil, pulsamos el botón Open Profile para verlo en pantalla.

Figura 2.24

Perfiles de tuberías desde buzón 01 hasta cámara de bombeo de desagüe (CBD)



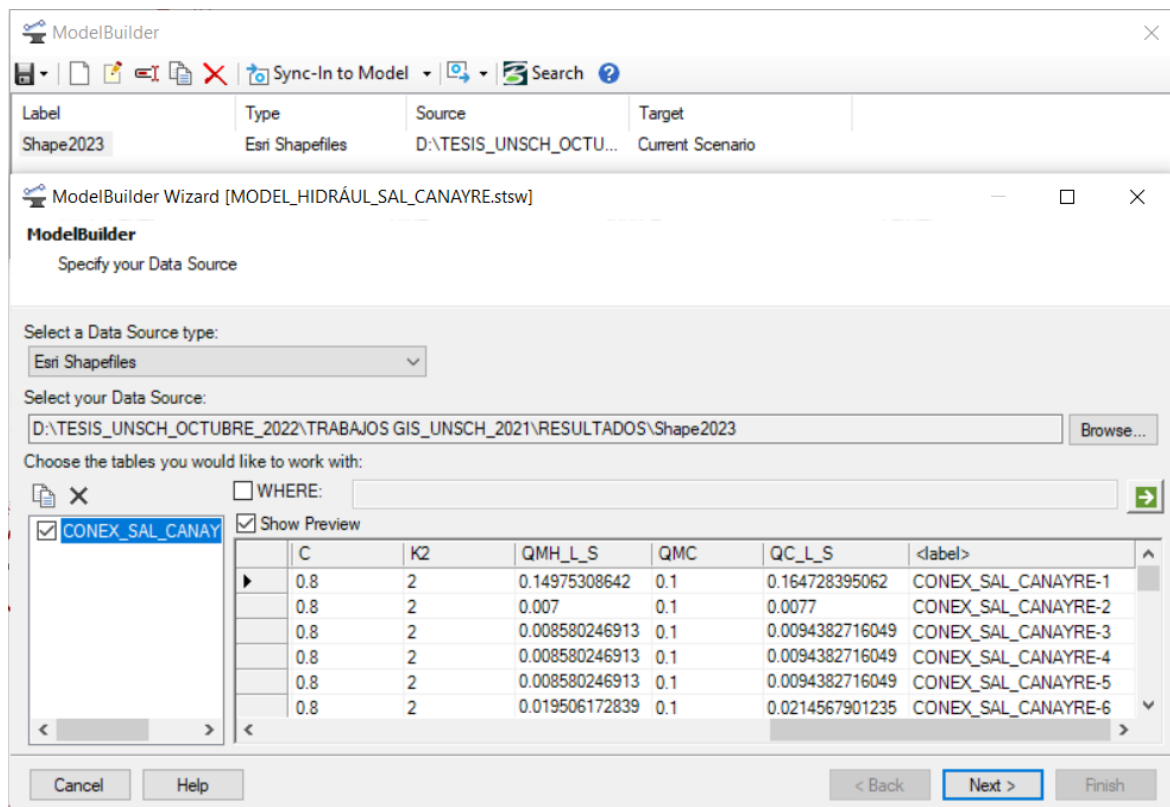
Asignación de Property Connection (Caja de registro) usando ModelBuilder

Instrucciones para importar una Conexión de Propiedad utilizando ModelBuilder

- Iniciamos la cinta de ModelBuilder en el interfaz mediante Home/ModelBuilder.
- Pulsamos en opción New, para iniciar un proceso guiado de construcción del modelo desde archivos externos. En la opción de Select a Data Source type, elegimos la opción de Shapefiles.
- En la opción de Select your Data Source, pulsamos en Browse y buscamos en nuestro directorio el Archivos Shape que se encuentra en D:\TESIS_UNSCH_OCTUBRE_2022...\Shape2023 y seleccionamos el archivo CONEX_SAL_CANAYRE. Hacemos clic en la opción Open y visualizar la esencia del archivo.

Figura 2.25

Especificación de fuente de datos de conexiones domiciliarias usando ModelBuilder



- Al activar la opción Show Preview, fue posible visualizar el contenido de la tabla de atributos de la capa CONEX_SAL_CANAYRE.
- Continuando con el proceso guiado, pulsamos Next para llegar al cuadro de diálogo que contiene las opciones espaciales de importación (Specify Spatial and Connectivity Options). Se estableció la Unidad de Coordenadas como metros (m). Hacemos clic en Next.

- En las siguientes notificaciones dejamos tal cual por defecto y hacemos clic en Next/Next.
- Pulsamos en Next e ingresamos a la opción “Field Mapping” traducido como Mapeo de Campos, esto nos permitió vincular campos particulares que están presentes en el archivo Shapefile con las propiedades y atributos gestionados por el modelo del software.
- En el panel izquierdo, seleccionamos la tabla CONEX_SAL_CANAYRE y establecemos las siguientes vinculaciones en el diálogo de la parte derecha de la ventana tal como:

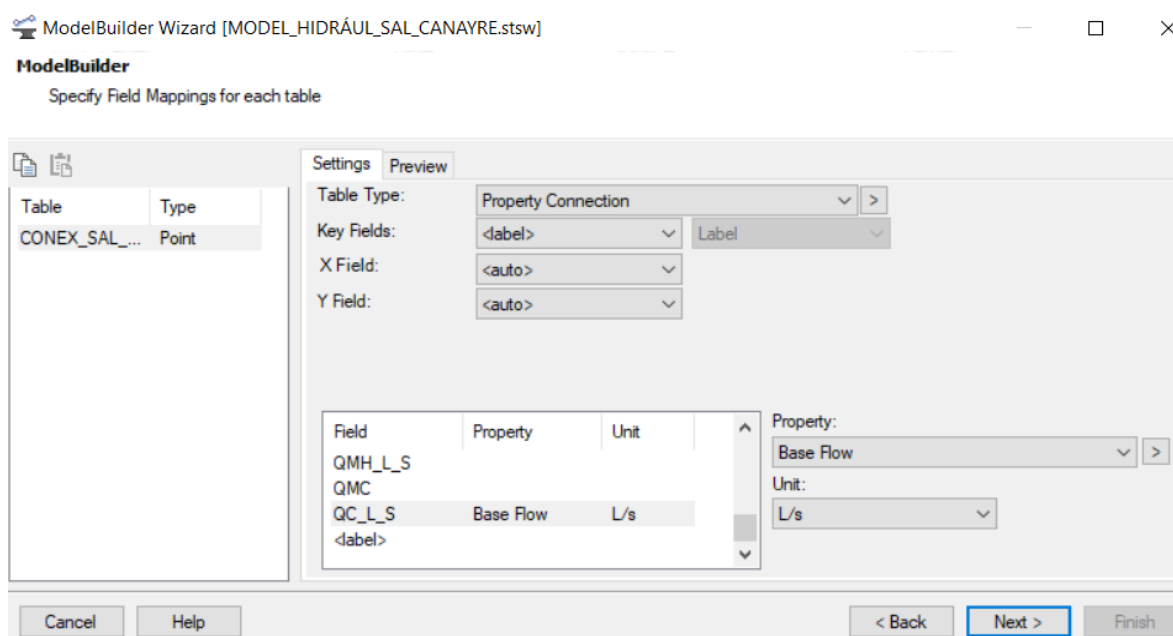
Table Type: Property Connection

Key/Label Field: Label. Los espacios de X, Y: Dejamos en Auto.

- En la sección inferior para el “Field Mapping” con características del modelo elegimos la opción Qc_l_s del registro Shapefile y en el menú de selección “Attribute”, seleccionamos el indicador Base Flow, mientras que el campo Unit debe permanecer configurado en l/s.

Figura 2.26

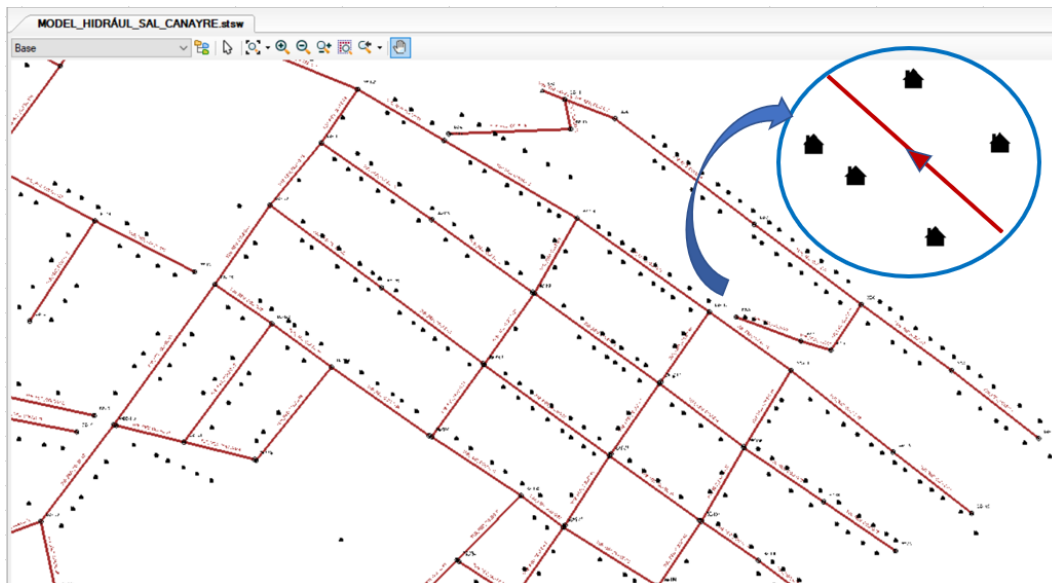
Especificación de asignaciones de campos para tabla de conexiones domiciliarias



- Seleccionamos Siguiente (Next). Luego, se muestra un cuadro de diálogo que pregunta si queremos construir un nuevo modelo. Respondemos con (Yes) y en finalizar (Finish).
- Luego, nos encontramos con el aviso que pregunta si deseamos confirmar la sincronización entre el modelo y el dibujo. Hacemos clic en sí.
- En seguida se tuvo el resumen de importación de las cajas de registro (Property Connectin) y la visualización de las mismas en la ventana de dibujo.

Figura 2.27

Visualización de elementos de Property Connection en la ventana de dibujo



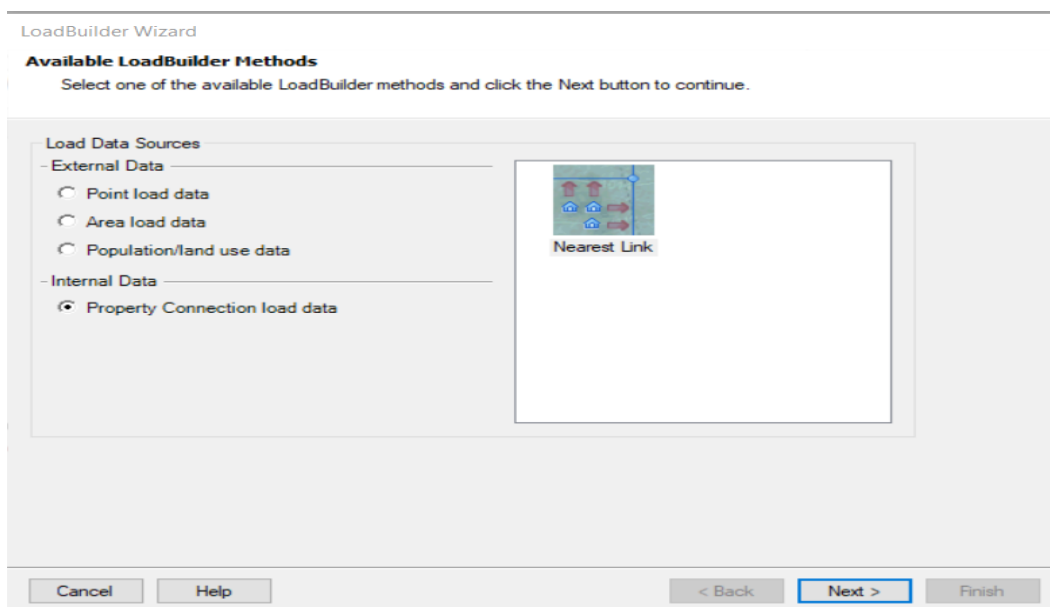
Distribución de caudales de aporte por intermedio de LoadBuilder

En esta parte, empleamos una de las diversas metodologías proporcionadas por la herramienta LoadBuilder para distribuir caudales de aporte a las tuberías según las funciones geoespaciales. Así tenemos los pasos para ingreso y distribución de caudales de aportes de aguas residuales:

- Iniciamos LoadBuilder mediante la cinta de opciones Tools/LoadBuilder.

Figura 2.28

Selección datos de conexión domiciliaria como método LoadBuilder disponible



- En la opción de interacción hacemos clic en New el cual abre la siguiente ventana indicando las diferentes metodologías de asignación de aporte sanitaria.
- Contando con el archivo que contiene la data de micromedición, optaremos por las opciones de datos de carga de la conexión de propiedades (Property Connection load data) en la parte izquierda (Internal Data), y en la parte derecha elegimos la alternativa del enlace (tubería) más cercano (Nearest Link). Luego, procedemos a hacer clic en opción Next.
- En la posterior interacción con Model Link Layer, elegimos la opción ellipse en la celda junto al área Link Layer y activamos la alternativa Conduit/Channel/All Elements, ya que son las tuberías a las que se les distribuirá los aportes. Luego, hacemos clic en Select.
- En el área Property Connection Layer, hacemos clic en la opción ellipse y seleccionamos Property Connetion/All Elementos.

Figura 2.29

Metodología de conexión domiciliaria a las tuberías más cercanas

LoadBuilder Wizard

Property Connection Nearest Link

Enter in data for all fields below and click Next to continue.

Model Link Layer

Link Layer: Conduit\Channel\All Elements

Link ID Field: ElementID

Model Property Connection Layer

Property Connection Layer: Property Connection\All Elements

Property Connection ID Field: ElementID

Cancel Help < Back Next > Finish

- Pulsamos en Siguiente (Next), lo que desencadena la aparición de un interfaz que muestra una vista previa de una lista de elementos más próximos para cada conexión de propiedad.

Figura 2.30

Resumen de lista de elementos más cercanos para cada conexión domiciliaria

LoadBuilder Wizard

Results Preview

List of nearest elements for each Property Connection

Property Connection	Nearest Element
417: CONEX_SAL_CAI	407: TUB_RED_COLEX
418: CONEX_SAL_CAI	376: TUB_RED_COLEX
419: CONEX_SAL_CAI	404: TUB_RED_COLEX
420: CONEX_SAL_CAI	404: TUB_RED_COLEX
421: CONEX_SAL_CAI	404: TUB_RED_COLEX
422: CONEX_SAL_CAI	255: TUB_RED_COLEX
423: CONEX_SAL_CAI	255: TUB_RED_COLEX
424: CONEX_SAL_CAI	398: TUB_RED_COLEX
425: CONEX_SAL_CAI	398: TUB_RED_COLEX
426: CONEX_SAL_CAI	398: TUB_RED_COLEX
427: CONEX_SAL_CAI	398: TUB_RED_COLEX
428: CONEX_SAL_CAI	398: TUB_RED_COLEX
429: CONEX_SAL_CAI	376: TUB_RED_COLEX
430: CONEX_SAL_CAI	398: TUB_RED_COLEX
431: CONEX_SAL_CAI	398: TUB_RED_COLEX
432: CONEX_SAL_CAI	258: TUB_RED_COLEX
433: CONEX_SAL_CAI	371: TUB_RED_COLEX
434: CONEX_SAL_CAI	371: TUB_RED_COLEX
435: CONEX_SAL_CAI	371: TUB_RED_COLEX

Cancel Help < Back Next > Finish

- Pulsamos en Siguiente (Next) para avanzar al interfaz de Completing the LoadBuild Process de Cargas, donde se especificará la opción de Sanitary Loads bajo la cual se establecerán los aportes calculados por el procedimiento automatizado.
- Ingresamos el nombre Q_Micromedidores en el área Label. El nombre bajo el cual se guardarán las características y estructuraciones de este procedimiento de distribución.

Figura 2.31

Ingreso de un nombre para la ejecución de LoadBuilder

LoadBuilder Wizard

Completing the LoadBuild Process

Click Finish to start the LoadBuild exporting process.

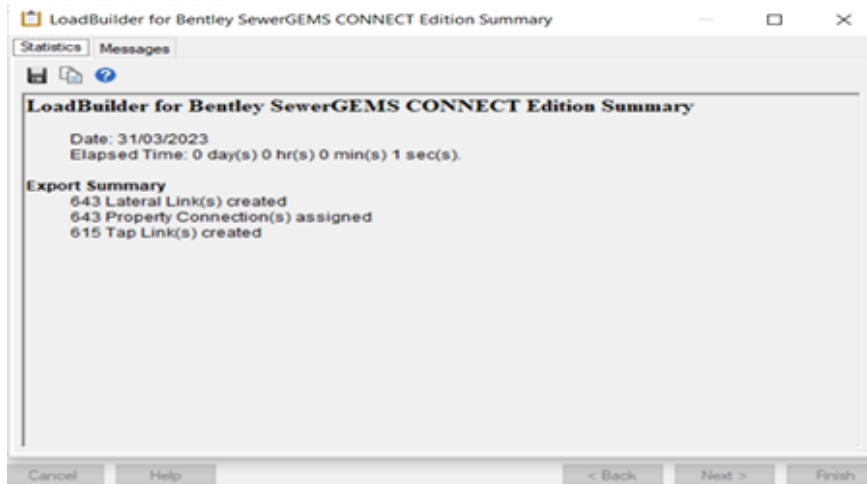
Label:

Cancel Help < Back Next > Finish

- Pulsamos sobre la opción terminar (Finish) y al finalizar la distribución, debería aparecer el siguiente aviso que indica el número total de aportes exportadas.

Figura 2.32

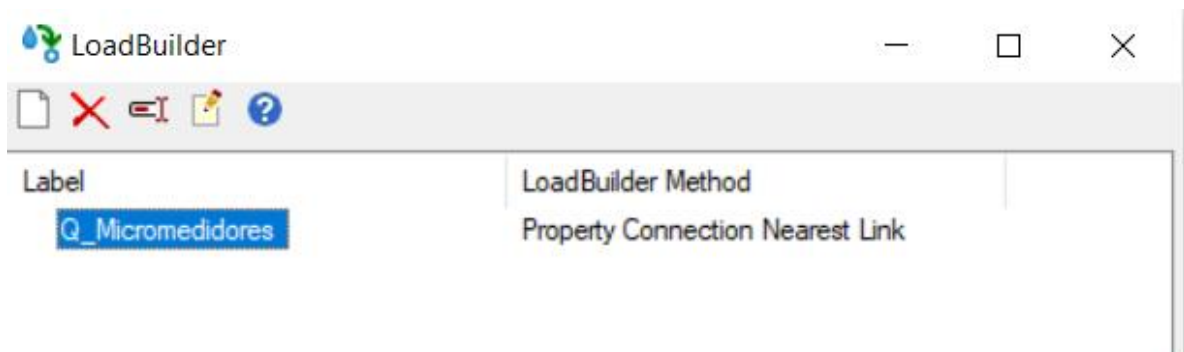
Resumen de conexiones domiciliarias en el administrador de LoadBuilder



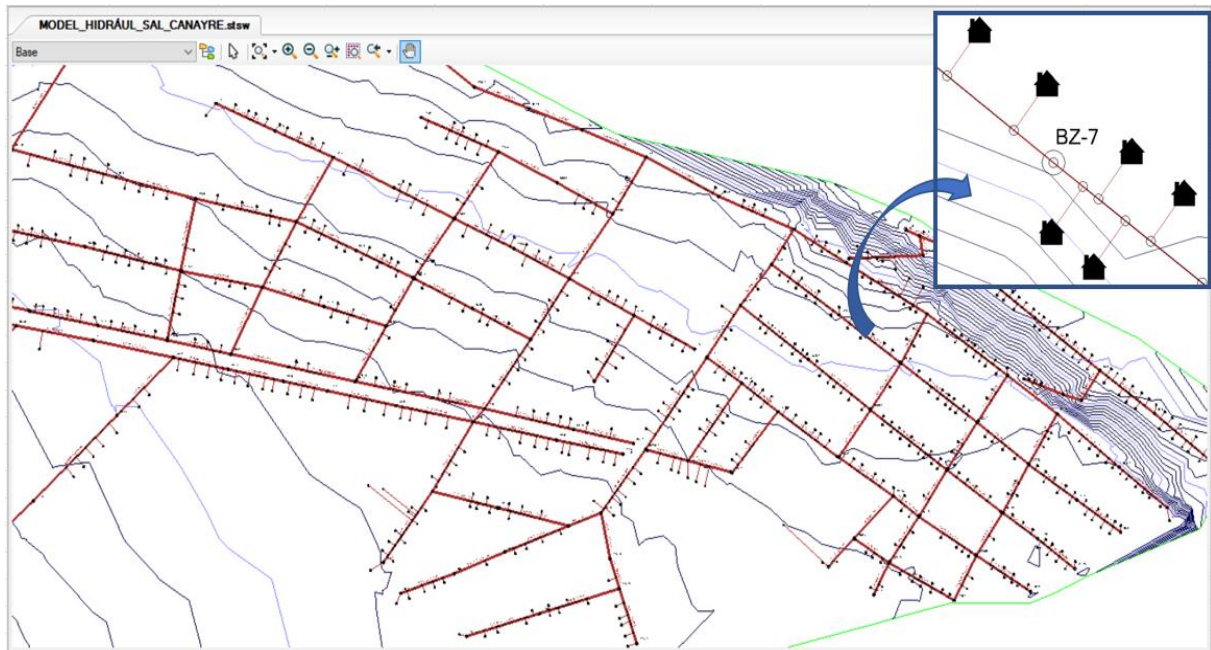
- Cerramos el interfaz que muestra los datos estadísticos del procedimiento, luego sincronizamos nuestro modelo y guardamos el archivo
- Cerramos esta ventana con las estadísticas del proceso, sincronizamos nuestro modelo y guardamos nuestro registro.

Figura 2.33

Sincronización del modelo hidráulico



- Después de ejecutar con éxito el enlace más cercano de Property Connection, se crearon los elementos laterales (acometidas). Por lo tanto, lo sincronizamos el dibujo para mostrarlos.

Figura 2.34*Creación de elementos laterales para las Property Connection***2.3.2.3 Evaluación de la capacidad hidráulica de la infraestructura**

Importados todos los datos al modelo en los procesos anteriores, se ha procedido a ejecutar la simulación hidráulica. El cálculo hidráulico se realizó para diferentes escenarios de caudal de contribución, tal como se indica en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2*Características de escenarios de análisis*

Escenario	Caudal de contribución l/s	Diámetro	Material	Manning	Observación
Caudal base Año 2022	13.5154	200	PVC	0.010	Qmh_micromed., Qce
Caudal future Año 2037	19.8766	200	PVC	0.010	Qbase, Qinf, Qesc, Qac
Caudal event Lluvia	37.9276	200	PVC	0.010	Qmh_micromed, Qafor_Lluvia

Se ha simulado todo el sistema de alcantarillado y la evaluación de la capacidad hidráulica se realizó a los tramos que presenten las características más desfavorables para cada escenario.

A. Escenario caudal base

Se ha llevado a cabo la simulación del escenario en un estado estático utilizando las condiciones conocidas como caudal base, utilizando los datos obtenidos en los procesos previos.

Procedimiento:

- Se ha verificado que los datos de caudal de contribución importado al modelo este comprendido por el caudal máximo calculado a partir de la data de micromedidor (Qmh_micromed) más el calculado de los caudales por conexiones erradas (Qce).
- Antes de iniciar la simulación, se han revisado eventuales errores en la data de ingreso utilizando el recurso de verificación ubicada en la cinta (Ribbon) Análisis/Validar. Después de hacer clic en Ok, consultamos Los avisos por parte del usuario abriendo el interfaz correspondiente mediante la opción Notificaciones de Usuario (User Notifications) en la opción de recursos.
- Ejecutamos el escenario Caudal_base haciendo clic en la cinta (Ribbon) Analysis/Compute.
- Revisamos la data resultante del sistema en la opción “Detailed Calculations Summary” explorando las diversas opciones de este informe.
- Después de revisar los datos resultantes, cerramos la opción Detailed Calculation Summary.

B. Escenario caudal futuro

El escenario se ha representado estáticamente considerando las condiciones conocidas como 'caudal futuro' (para 20 años) a partir de datos del caudal base más la consideración de caudales por infiltración, escorrentía en los buzones y por concepto de áreas de crecimiento a futuro.

Procedimiento:

- Se ha verificado que los datos de caudal de contribución importado al modelo este comprendido por el data de caudal base.
- Agregamos al modelo caudales por concepto de tasa de infiltración (Qinf)
- Agregamos caudales al modelo por concepto de escorrentía en los buzones (Qesc).
- Luego procedemos por defecto los pasos realizados para el escenario precedente.
- Realizamos el ingreso adicional de caudal de contribución de áreas de crecimiento (Qac) manualmente a los buzones Bz_120, Bz_59 y Bz_127 los valores de 0.59 l/s, 1.55 l/s y 0.55

l/s pertinente a la data de caudal de contribución. Cerramos el cuadro una vez distribuido la data.

- Ejecutamos el escenario Caudal_futuro haciendo clic en la opción Analysis/Compute.
- Revisamos la data resultante del sistema en la opción “Detailed Calculations Summary” explorando las diversas opciones de este informe.
- Después de revisar los datos resultantes, cerramos la opción Detailed Calculation Summary.

C. Escenario caudal en evento de lluvia

Siguiendo con la evaluación, se ha recreado el escenario en un estado estático, utilizando las condiciones conocidas como 'caudal aforado', basándose en datos simulados del caudal futuro, además de tener en cuenta los caudales cercanos al caudal aforado durante los eventos de lluvia.

Procedimiento:

- Se ha verificado que los datos de caudal de contribución importado al modelo este comprendido por el data de caudal futuro.
- Antes de iniciar la simulación, se han revisado eventuales errores en la data de ingreso utilizando el recurso de verificación ubicada en la cinta (Ribbon) Análisis/Validar. Después de hacer clic en Ok, consultamos Los avisos por parte del usuario abriendo el interfaz correspondiente mediante la opción Notificaciones de Usuario (User Notifications) en la opción de recursos.
- Realizamos el ingreso adicional de caudal de contribución que sea semejante o lo más cercano a lo aforado en eventos de lluvia (Qafor_Lluvia) manualmente mediante la ventana de propiedades de sanitary loads a los buzones Bz_26, Bz_35 y Bz_58, Bz_120 y Bz_150, los valores de 03 l/s, 03 l/s, 6 l/s, 5 l/s, y 8.72 l/s pertinente a la data de caudal de contribución. Cerramos el cuadro una vez distribuido la data.
- Ejecutamos el escenario denominado simulación Caudal_Evento lluvia haciendo clic en la opción de cinta del interfaz Analysis/Compute.
- Revisamos la data resultante del sistema en la opción “Detailed Calculations Summary” explorando las diversas opciones de este informe.
- Finalmente, cerramos la opción Detailed Calculation Summary.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados de gestión de la información para determinar la capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario del distrito de Canayre.

3.1.1 Actividades de campo

En la gestión de la información del sistema de alcantarillado se ha obtenido los siguientes resultados:

3.1.1.1 Cartografía de la zona en estudio

Los resultados presentados en este estudio representan la recopilación de datos topográficos de toda la zona urbana (incluyendo su área de influencia) y áreas adyacentes donde se ha construido la infraestructura de las obras, como las redes de alcantarillado primario y secundario, las manzanas, los lotes, así como los buzones y las conexiones domiciliarias del sistema de alcantarillado de Canayre.

a) Levantamiento topográfico: Después de completar el levantamiento topográfico de las estructuras lineales, no lineales y calles, se obtuvo el siguiente resultado.

- Con el uso de una estación total se ha adquirido las coordenadas absolutas, tales como para: viviendas, buzones, vías, veredas, canales, postes, etc.
- Producto del levantamiento topográfico se tiene la nube de puntos topográficos que contienen tres tipos de información básica (número de punto, norte, este, elevación y descripción).

3.1.1.2. Catastro de redes

Se tiene los resultados para las siguientes etapas:

a) Catastro técnico

En gestión de información del sistema de alcantarillado se logró los siguientes resultados:

- Se identificó el diámetro, material y la longitud total por tramos de las tuberías
- Se tiene una longitud de 1655 m de tuberías de diámetro de 160 mm instalados en el sistema de alcantarillado de Canayre.
- En el sistema de alcantarillado de Canayre se han instalado tuberías de 200 mm de diámetro, en una longitud total de 7341 metros

Tabla 3.1

Longitud total de tuberías por tipo de tramo

Diámetro	Material	Tramo		Total
		Colector	Emisor	
200.00 mm	PVC	6598.832	742.423	7,341.26
160.00 mm	PVC	1655.111	0	1,655.11
TOTAL (m)		8,253.94	742.42	8,996.37

- Se identificó la altura, diámetro y la cantidad de buzones por cada tramo.
- Se tiene clasificado los buzones según su altura en 8 tipos.
- En el sistema de alcantarillado de Canayre se tiene instalado la cantidad de 165 unidades de buzones como se demuestra en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2

Cantidad de buzones según tipo de altura y tramo

Tipo	Tramo		Total	Rango
	Colector	Emisor		
Tipo I	92	4	96	(De 1.00 a 1.50 m)
Tipo II	25	1	26	(De 1.50 a 2.00 m)
Tipo III	10	2	12	(De 2.00 a 2.50 m)
Tipo IV	6	3	9	(De 2.50 a 3.00 m)
Tipo V	8	0	8	(De 3.00 a 3.50 m)
Tipo VI	5	1	6	(De 3.50 a 4.00 m)
Tipo VII	0	0	0	(De 4.00 a 4.50 m)
Tipo VIII	4	4	8	(De 4.50 a 5.00 m)
TOTAL	150	15	165	

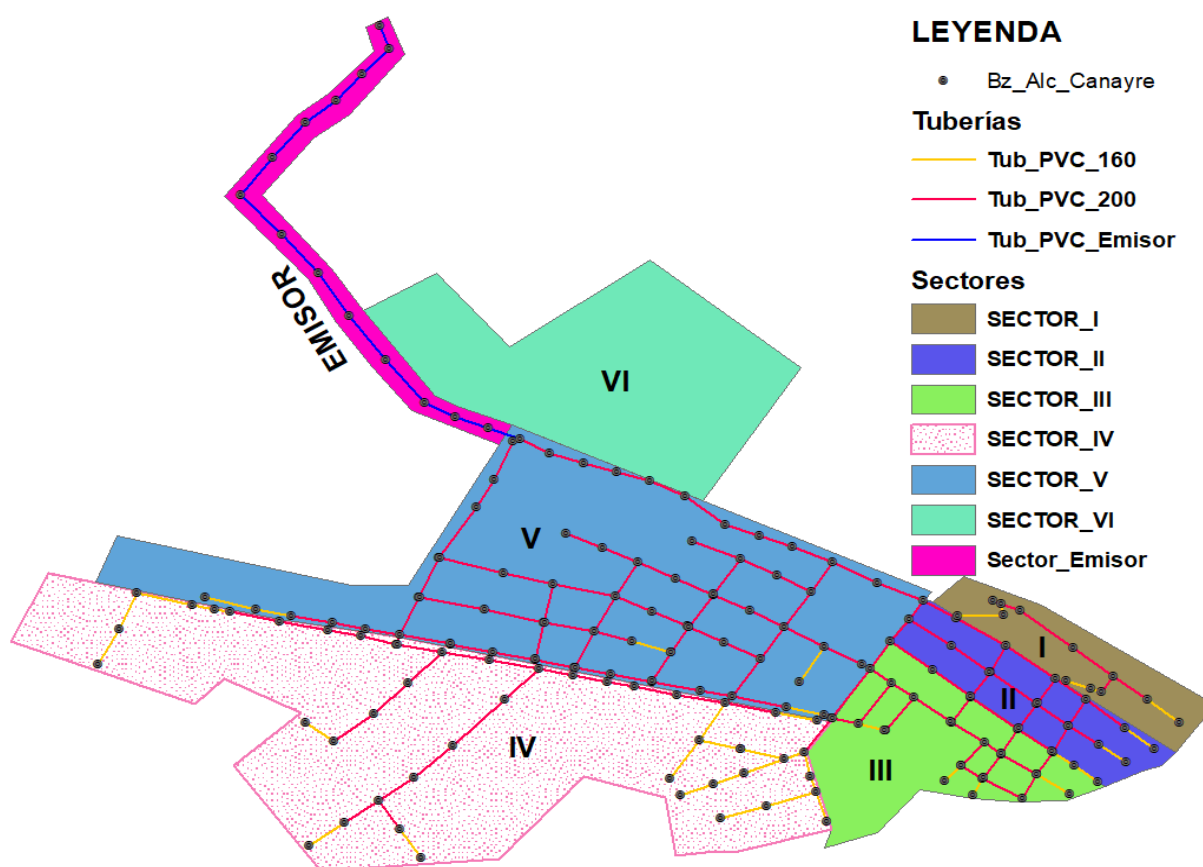
b) Catastro comercial

En este proceso de gestión de información al área usuaria de la infraestructura instalada (Municipalidad distrital de Canayre). Se logró los siguientes resultados que constan de:

- El sistema de alcantarillado de Canayre en la actualidad está delimitado como estrategia de control en seis (06) sectores según su área usuaria.
- Con el sistema de alcantarillado en la actualidad en Canayre se brinda servicio a los sectores I, II, III, IV y V respectivamente. Para años futuros se tiene planificado la instalación del servicio para el sector VI.

Figura 3.1

Topología y sectorización del sistema de alcantarillado



- En el sistema de distribución de agua potable del distrito de Canayre se tiene la cantidad de conexiones domiciliarias en un total de 736 unidades según su padrón de usuarios.
- En el sistema alcantarillado del distrito de Canayre se tiene la cantidad de conexiones domiciliarias en un total de 643 unidades según su padrón de usuarios.

- El sistema de alcantarillado de Canayre que brinda servicio a una cantidad de 643 conexiones domiciliarias según categorías, cuenta con 487 conexiones domésticas, 143 conexiones comerciales, 08 conexiones estatales y 05 sociales.
- Se tiene la data de micromedición mensual (febrero – junio) en volumen de consumo en m^3 /mes/vivienda del sistema de distribución de agua potable por sectores y según categoría tal como se evidencia en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3*Data de padrón de usuarios y consumos por sectores y categoría*

Código de Usuario	Sector	Apellidos y Nombres	Volumen Consumido m^3/mes	Categoría
S1G002	I	Aguilar Muñoz, Nery	34	Doméstico
S2P005	II	Huanaco Fernández, Marino	11	Doméstico
.	.	.	.	.
S5K2005	V	Huamán Mora, Zaida Zunilda	60	Doméstico
S2M009	II	Sandoval Loayza, Esther	114	Comercial
S3Q017	III	Gavilán Espinoza, Jaime	6	Comercial
S3Q027	III	Gonzales López, Lidia	125	Comercial
.	.	.	.	.
S5B002	V	Camasi Curo, Feliciano	111	Comercial
S2H020	II	I.E. "Las Asambleas de Dios del Perú"	62	Social
S2N001	II	Municipalidad distrital de Canayre	418	Estatal
S2N010	II	Municipalidad distrital Canayre	36	Estatal
S2O011	II	Comité de autodefensa - Canayre	19	Social
S2P008	II	Ex Posta de salud-Canayre	736	Estatal
S3R017	III	Iglesia Católica "Sagrado Corazón de Jesús"	16	Social
S3T001	III	Iglesia Evangélica Presbiteriana	21	Social
S3A1001	III	B.C.T. N° 042 - Moquegua	738	Estatal
S4Q1001	IV	I.E. Primaria	457	Estatal
S4Q1002	IV	I.E. Secundaria	100	Estatal
S4Q1003	IV	I.E. Inicial N° 400	416	Estatal
S4M2002	IV	Iglesia Pentecostal unida del Perú - Canayre	17	Social
S5S001	V	Establecimiento de salud-Canayre	320	Estatal

Nota: El padrón de usuario completo se presenta en anexo II.

3.1.1.3. Aforo a la llegada de la planta de tratamiento

En el sistema de alcantarillado de Canayre, el caudal de contribución aumenta notablemente a partir de las 6:00 a.m., alcanzando su punto máximo al mediodía, luego disminuye hasta su nivel más bajo durante las primeras horas de la mañana, como se indica en el aforo de caudal realizado en Figura 3.2.

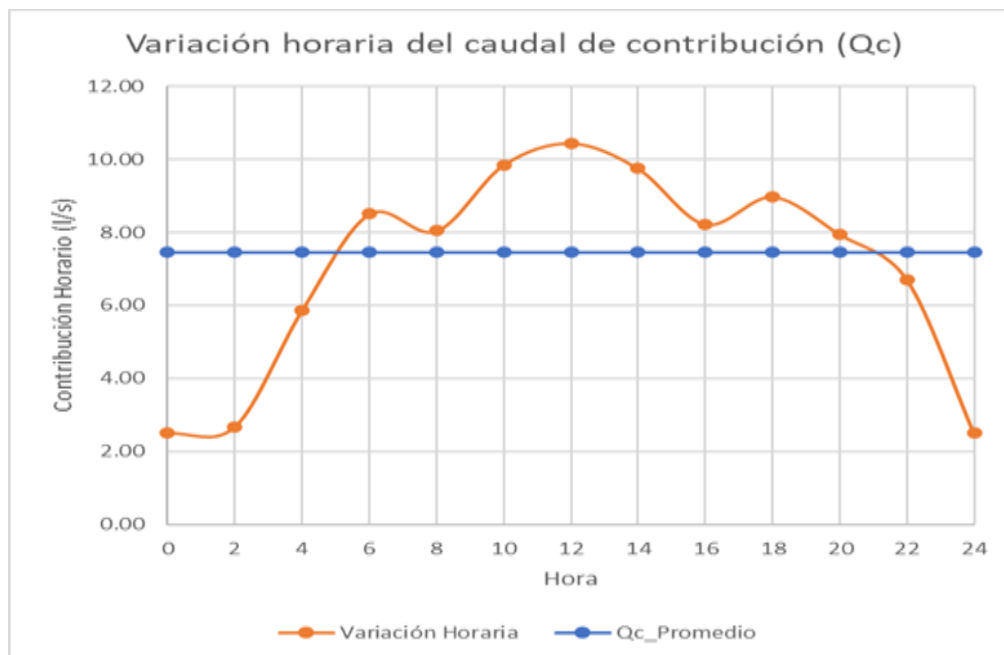
Tabla 3.4

Medición de tirante y cálculo de caudal de contribución

Hora	ha (cm)	ha (mm)	Qc_l_s	Qcp (l/s)
0.00	6.4	64	2.50	7.46
2.00	6.7	67	2.68	7.46
4.00	11.1	111	5.87	7.46
6.00	14.1	141	8.50	7.46
8.00	13.6	136	8.04	7.46
10.00	15.5	155	9.85	7.46
12.00	16.1	161	10.44	7.46
14.00	15.4	154	9.75	7.46
16.00	13.8	138	8.22	7.46
18.00	14.6	146	8.97	7.46
20.00	13.5	135	7.95	7.46
22.00	12.1	121	6.71	7.46
24.00	6.4	64	2.50	7.46

Figura 3.2

Curva de variación horaria de caudal de contribución en Canayre



3.1.2 Actividades de gabinete

3.1.2.1. Determinación de la población de análisis

Determinación de tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento de la población de la localidad de Canayre, se determinó con los datos de los censos del INEI de los años 1993, 2007 y 2017 a nivel de distrito de Canayre.

Figura 3.3

Resultados del censo 2017 del INEI, a nivel del distrito de Canayre

CENSOS NACIONALES 2017: XII DE POBLACIÓN, VII DE VIVIENDA Y III DE COMUNIDADES INDÍGENAS Sistema de Consulta de Base de Datos									
DEPARTAMENTO DE AYACUCHO									
CÓDIGO	CENTROS POBLADOS	REGIÓN NATURAL (según piso altitudinal)	ALTITUD (m s.n.m.)	POBLACIÓN CENSADA			VIVIENDAS PARTICULARES		
				Total	Hombre	Mujer	Total	Ocupadas 1/	Desocu- padas
050409	DISTRITO CANAYRE			3 520	1 964	1 556	1 393	1 237	156
0001	CANAYRE	Rupa Rupa	528	1 413	798	615	466	411	55
0002	SANTA ROSA	Rupa Rupa	510	419	234	185	183	167	16

Fuente: Tomado del INEI

La tasa de crecimiento se calculó utilizando la fórmula del crecimiento geométrico, de acuerdo como realiza los cálculos el INEI con los datos siguientes.

Población de la localidad de Canayre del año 2007: 2,561 Habitantes.

Población de la localidad de Canayre del año 2017: 3,520 Habitantes.

Tabla 3.5

Cálculo de la tasa de crecimiento Poblacional

Año	Población Censada(hab)	Tiempo (años)	r (%)
2007	2561	10	3.23%
2017	3520		
Tasa de crecimiento de Canayre			3.23%

De acuerdo a los cálculos realizados en la tabla anterior, se tiene el indicador de tasa de crecimiento a nivel de distrito de Canayre, que es positivo, por lo cual, para el presente estudio se consideró una tasa de crecimiento de 3.23%.

Determinación de la población existente y futura.

Población existente de la zona urbana del distrito de Canayre al año 2022

La cantidad de población actual existente de la parte urbana se ha obtenido de los datos de censos que maneja el centro de salud del distrito de Canayre según Tabla 3.6.

Tabla 3.6

Población y Viviendas en la Localidad de Canayre, año 2022

Localidad	Habitantes	Nº Viviendas
Canayre	1260	723
Total	1260	723

Población futura del distrito de Canayre

Con la población base del año 2017 según INEI y la tasa de crecimiento calculado se ha proyectado la población para 20 años de la localidad de Canayre.

Tabla 3.7

Población futura de la localidad de Canayre

T	Año	Pob. (Aritmética)	Pob. (Geométrica)	Pob. (Exponencial)	Pob. (promedio)
0	2017	1413	1413	1413	1413
1	2018	1459	1459	1459	1459
2	2019	1504	1506	1507	1506
3	2020	1550	1554	1557	1554
4	2021	1596	1605	1608	1603
5	2022	1641	1656	1661	1653
6	2023	1687	1710	1715	1704
7	2024	1732	1765	1771	1756
8	2025	1778	1822	1830	1810
9	2026	1824	1881	1890	1865
10	2027	1869	1942	1952	1921
11	2028	1915	2005	2016	1978
12	2029	1961	2069	2082	2037
13	2030	2006	2136	2150	2098
14	2031	2052	2205	2221	2159
15	2032	2098	2276	2294	2223
16	2033	2143	2350	2369	2287
17	2034	2189	2426	2447	2354
18	2035	2235	2504	2527	2422
19	2036	2280	2585	2610	2492
20	2037	2326	2668	2696	2563

3.1.2.2. Determinación de caudal de contribución

Se calculó el caudal de contribución del sistema de alcantarillado para el modelado hidráulico a partir de la data de micromedición.

Tabla 3.8

Cálculo de caudal promedio y caudal de contribución

Caudal promedio de consumo de viviendas			Alcantarillado	
Datos	Doméstico/No doméstico		Caudal promedio Qm (l/s)	Caudal contribución doméstico/no doméstico (l/s)
Conex. agua potable	736	und	$Q_m = \frac{V_c * 1000}{30 * 86400}$	FR: 80%
Conex. alcantarillado	643	und		
Consumo doméstico	11427.16	m ³ /mes		K2: 2
Consumo comercial	5433.10	m ³ /mes		Nº Conex. 643
Consumo social	129.90	m ³ /mes		
Consumo estatal	2914.35	m ³ /mes	7.6792 l/s	12.2867 l/s
Consumo total	19904.51	m³/mes		

En la Tabla 3.8 se resume el calculado de los volúmenes promedio de consumo para las 643 conexiones que cuentan con ambos servicios (agua y alcantarillado). El cálculo muestra por cada categoría a partir de los datos de consumo de agua potable el cual nos sirvió como datos para calcular el caudal promedio de consumo y el de caudal de contribución a la red del sistema de alcantarillado.

El número de conexiones domiciliarias de alcantarillado de la localidad de Canayre hasta el mes de junio del 2022 es de 643 conexiones, y 93 viviendas no cuentan con conexión.

3.1.2.3. Actualización de catastro de redes

Se realizó la actualización de catastro de redes a partir de la información obtenida en campo con el uso de los siguientes softwares:

a) AutoCAD Civil 3d 2020

Con el empleo del software AutoCAD Civil 3D se logró los siguientes:

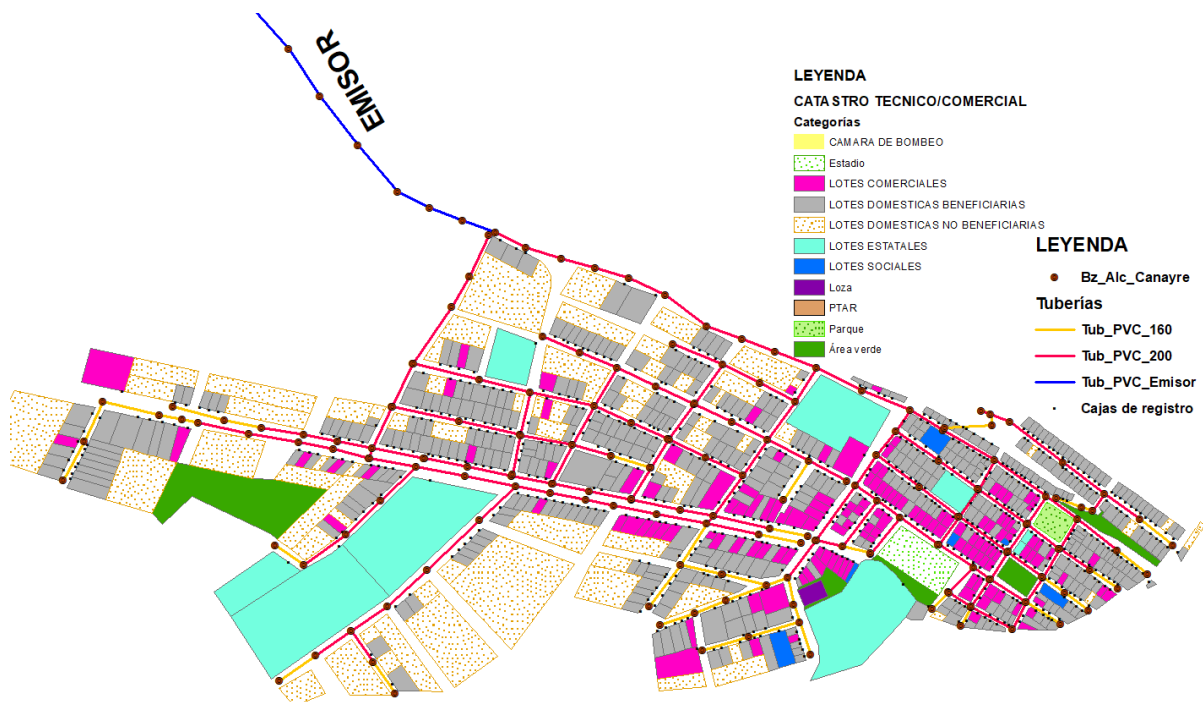
Durante el levantamiento topográfico se ha colocado BMs materializados con pintura y sus respectivas referencias para su fácil identificación.

Tabla 3.9.*Ubicación de Puntos de BMs*

Coordenadas de puntos BMs			
Descripción	Norte	Este	Elevación
BM_01	8642061.58	606287.95	511.70
BM_02	8642094.98	606323.89	496.00
BM_03	8642002.93	605406.06	520.08
BM_04	8642203.66	605208.96	519.47
BM_05	8642386.16	605609.48	508.38
BM_06	8642891.04	605455.72	499.46

A partir de la nube de puntos topográficos se logró crear la superficie de terreno con curvas mayores cada 5 m y las menores cada 1 m. en formato DXF, DWG y LandXML que representa al área del sistema de alcantarillado de la localidad de Canayre.

Se logró llevar a cabo la subdivisión del área de investigación, utilizando el software AutoCAD CIVIL 3D para trazarla, en el cual se asignaron números a los lotes y se identificaron las viviendas, instituciones estatales, instalaciones sociales, áreas deportivas, parques, etc.

Figura 3.4*Catastro técnico/comercial del sistema de alcantarillado*

Se han identificado las calles con nombre propio, las manzanas, 630 viviendas con conexiones domiciliarias de agua potable y alcantarillado, 08 instituciones estatales, 05 locales entre sociales y comunales.

Después de completar la subdivisión, procedimos a diseñar las redes de colectores y emisores, así como a determinar la ubicación de los buzones, los buzones de inicio y los buzones de intersección. Dichos trazos se tienen almacenados en formatos como DWG y DXF.

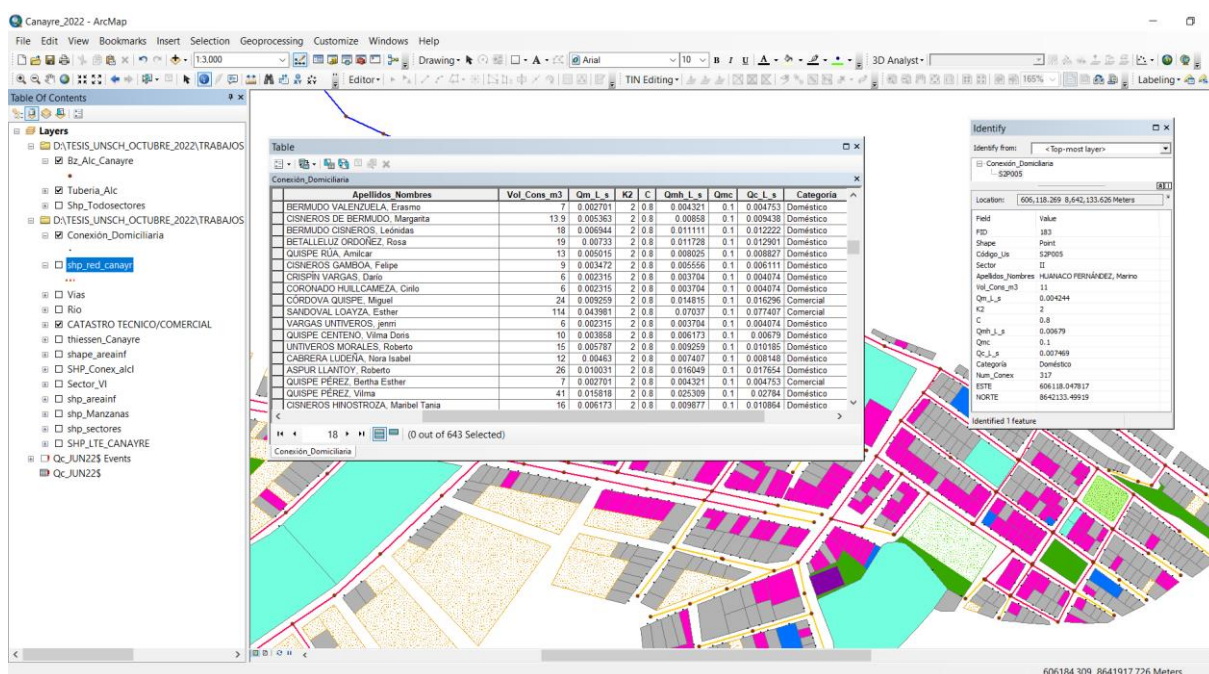
b) ArcGIS 10.5

Se logró la integración de datos de conexiones domiciliarias a partir de los archivos CAD y Excel para el cual se tiene el base de datos SIG de conexiones domiciliarias para el modelado hidráulico.

Se tiene para los 643 usuarios con su respectivo caudal de contribución la base de datos con su respectiva tabla de atributos (código de usuario, sector, nombres del usuario, categoría, etc.) en formato shapefile.

Figura 3.5

Resultados de integración del caudal de contribución de usuarios en SIG



F) Sistema de información geográfica (SIG)

Finalmente, se integró la información actualizada en un sistema de información geográfica (SIG) con el fin de generar planos que reflejen las condiciones reales del sistema.

3.1.3. Discusión sobre la gestión de la información para determinar la capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario del distrito de Canayre.

Según Jia et al. (2021) para una alcantarilla que recibe aguas residuales residenciales, los datos de población asociados con esta alcantarilla son un indicador importante de las entradas. Sin embargo, generalmente es difícil obtener datos de población precisos para un área en particular o un nivel de edificio individual debido a las tasas de ocupación y la movilidad de la población desconocidas. Además, los problemas de privacidad también pueden limitar la disponibilidad de datos de movilidad de la población en algunas áreas. Con este fin, el método propuesto utiliza mapas tomados de bases de datos disponibles públicamente, como Google Earth, OpenStreetMaps, Bing Maps. Estas bases de datos de mapas a menudo poseen datos completos geoetiquetados.

En este estudio se ha determinado la población futura para tener solo como referencia para futuras investigaciones en donde se puede calcular la demanda futura para el distrito de Canayre. Sin embargo, se realizó la actualización del catastro del sistema de alcantarillado, con el fin de brindarle al proyecto de investigación información precisa, confiable y vigente para el modelado hidráulico y la toma de decisiones futuras. Basándonos en la información recopilada mediante el levantamiento topográfico y la digitación de los planos catastrales de los sistemas de alcantarillado, así como las informaciones técnicas actuales de las redes del sistema (tales como diámetro de tuberías, materiales utilizados, profundidades de las tuberías, estado de las tapas y buzones, dirección del flujo, cantidad de conexiones domiciliarias actuales, etc.).

3.2. Resultados del modelo hidráulico para determinar la capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario del distrito de Canayre.

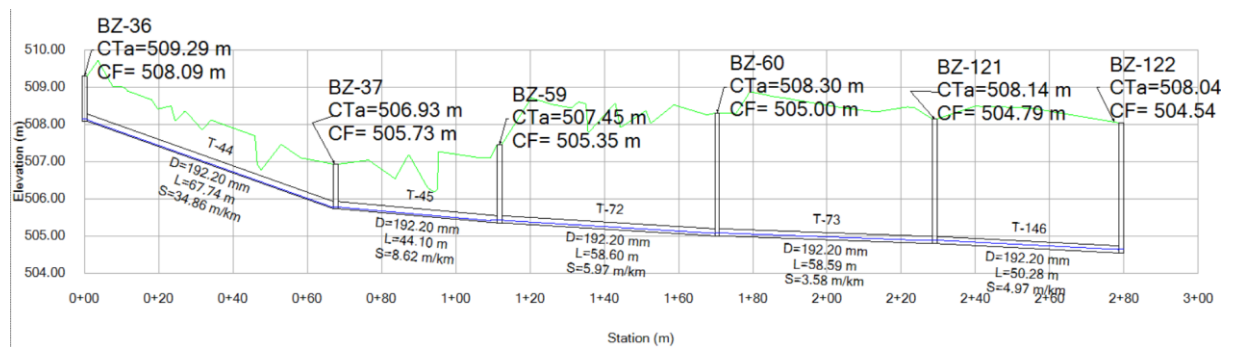
3.2.1. Simulación para diversos escenarios

Se seleccionó todos los tramos de los colectores que constan de 7341 m de tubería PVC de 200 mm y de 1655 m con tubería PVC de 160 mm (con una antigüedad mayor a 03 años) donde se presentan inconvenientes de rebose, localizado en el jirón vista alegre exactamente en el buzón 37 (Bz_37) y en cajas de conexiones domiciliarias adyacentes al buzón donde se origina el rebose del sector II del sistema de alcantarillado, y Se llevó a cabo la simulación realizando las modificaciones mencionadas en el enfoque metodológico tal como la Tabla 2.3.

Con la simulación realizado para diversos escenarios, se tiene los resultados para el tramo de la red que siempre ocasiona el problema descrito a los usuarios (tramo BZ-36 al BZ-59) tal como se muestra en la Figura 3.6.

Figura 3.6

Perfiles de tuberías, tramos buzón 36 hasta buzón 122



3.2.1.1. Escenario de simulación con caudal base

Resultados para colectores (primarios y secundarios) de Canayre

Realizado el cálculo hidráulico del colector Canayre, para la contribución máxima de desagüe a partir de la data de micromedición, agregado los caudales por malas conexiones para el año 2022, se observa que todos los conductos (176 conductos) se encuentran operando con capacidad de conducción disponible ($y/D < 75\%$), dentro de estos existen 09 conductos que se encuentran operando entre 50 a 75 % de su capacidad de conducción (y/D). Los conductos que operan en estas condiciones tienen diámetros entre 160 a 200 mm.

Figura 3.7

Perfil hidráulico en parte del sistema colector con caudal base

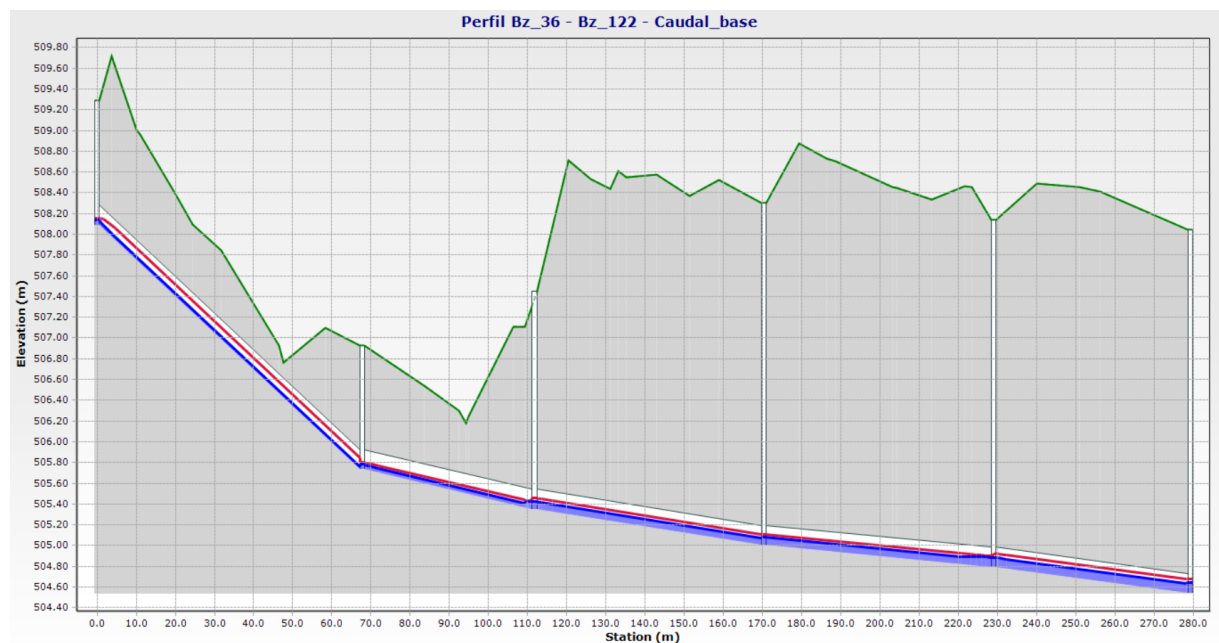
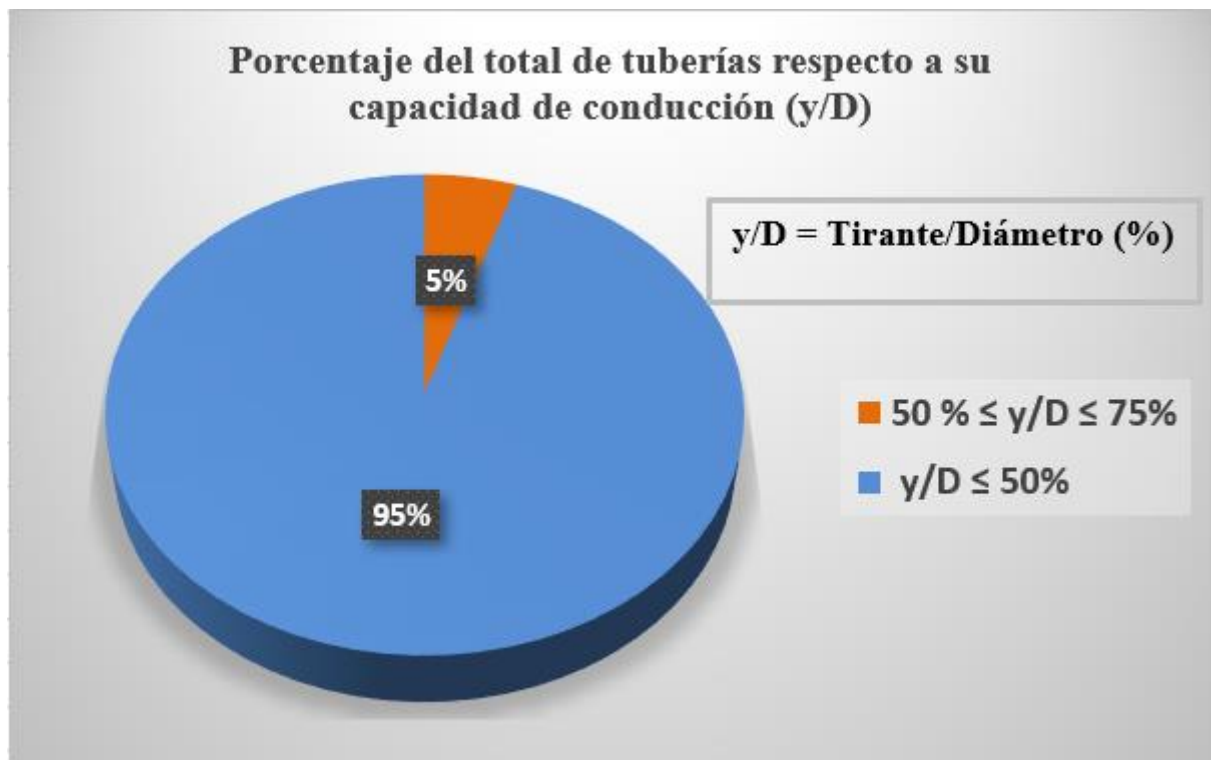


Figura 3.8

Colectores del sistema de alcantarillado Canayre simulado con caudal base

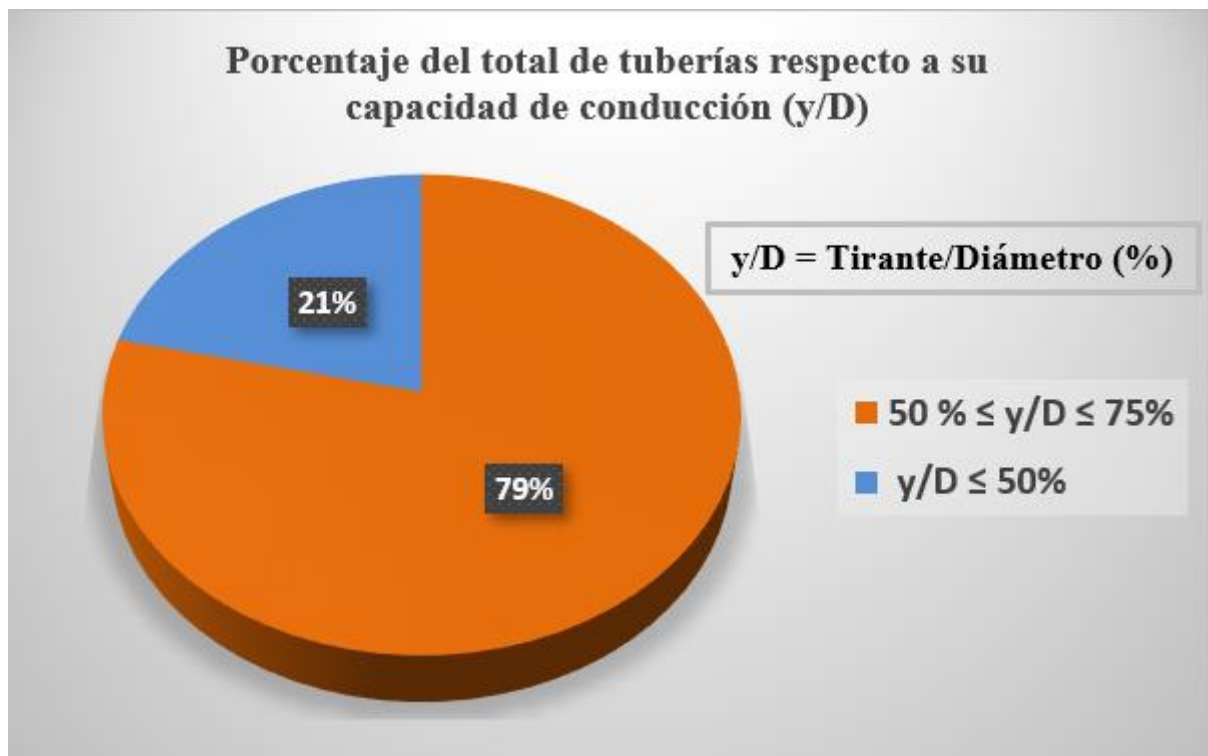


Interpretación: El 5% del total de tuberías del colector Canayre se encuentra operando entre 50 a 75 % de la relación de tirante sobre diámetro, el 95% del total de tuberías se encuentran operando menor al 50% de la relación tirante sobre diámetro (y/D).

Se verifica conductos que conducen el agua residual con velocidades menores a 0.6 m/s (136 de un total de 176) y conductos con velocidades mayores a 0.6 m/s (40 de un total de 176). En cuanto a su capacidad de autolimpieza (fuerza de arrastre), se comprobó que existen conductos (103 de un total de 176) que vienen operando con tensiones tractivas menores a 1 Pa.

Resultados para los tramos de emisor con caudal base

Realizado el cálculo hidráulico del emisor Canayre, para la contribución máxima de desagüe para el año 2022 (caudal base), se observa que todos los conductos (14 conductos) se encuentran operando con capacidad de conducción disponible ($y/D < 75\%$), dentro de estos existen 11 conductos que se encuentran operando entre 50 a 75 % de su capacidad de conducción (y/D). Los conductos que operan en estas condiciones tienen diámetros de 200 mm.

Figura 3.9*Emisor del sistema de alcantarillado Canayre simulado con caudal base*

Interpretación: El 79% de la longitud total de las tuberías en el emisor Canayre está funcionando con una relación de tirante sobre diámetro que oscila entre el 50% y el 75%. Mientras que el 21% restante de las tuberías operan por debajo del 50% de esta relación (y/D). Se verifica conductos que conducen el agua residual con velocidades mayores a 6 m/s y conductos con velocidades menores a 3 m/s (14 de un total de 14). En cuanto a su capacidad de autolimpieza (fuerza de arrastre), se comprobó que existen conductos (14 de un total de 14) que vienen operando con tensiones tractivas mayores a 1 Pa.

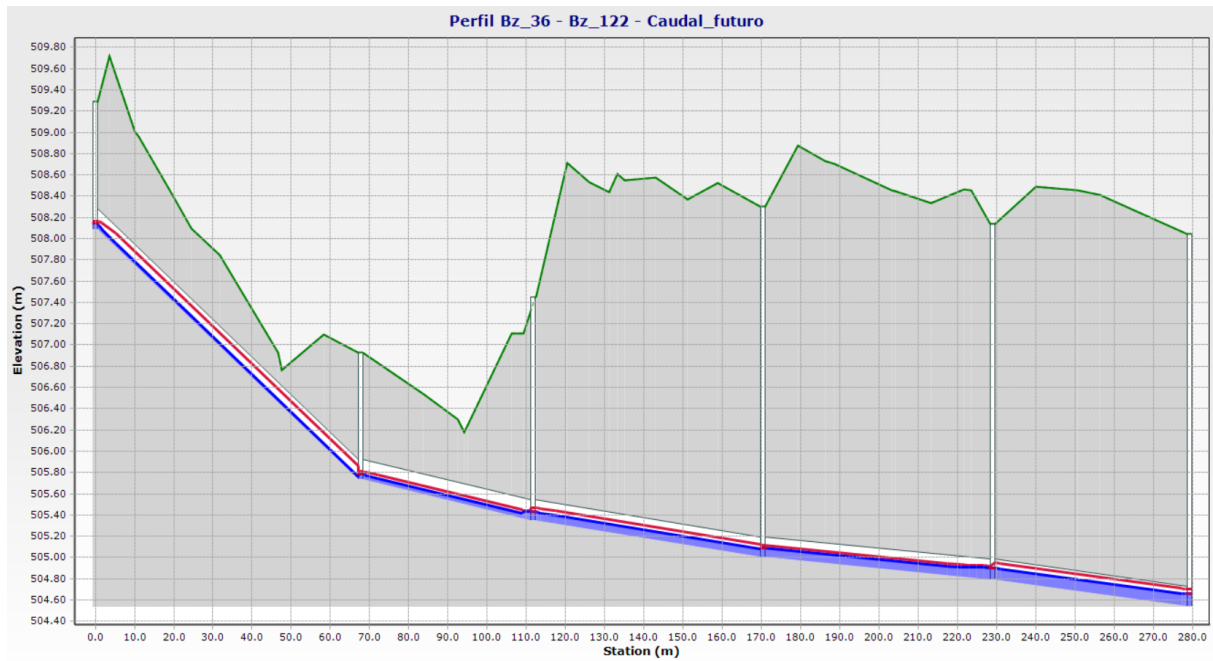
3.2.1.2. Escenario de simulación con caudal futuro

Resultados para colectores primarios y secundarios

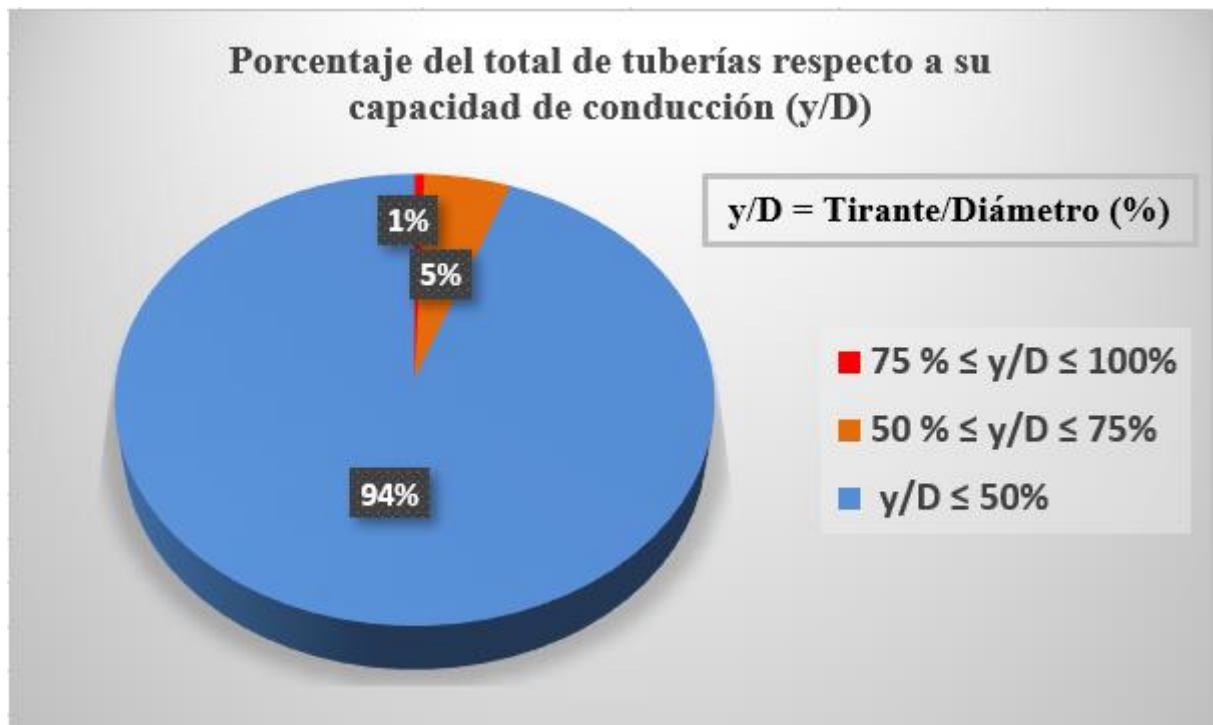
Realizado el cálculo hidráulico del colector Canayre, para la contribución máxima de desagüe para el caudal futuro (caudal base, caudal por infiltración, caudal de escorrentía y caudal de áreas de crecimiento), se observa que existen conductos (01 de un total de 176) que estarían operando por encima de su capacidad de diseño. El tramo que operan en esta condición tiene diámetro de 200 mm.

Figura 3.10

Perfil hidráulico en parte del sistema colector con caudal futuro

**Figura 3.11**

Colectores del sistema de alcantarillado Canayre simulado con caudal futuro



Interpretación: El 1% del total de tuberías del colector Canayre se encuentra operando por encima de su capacidad de diseño ($y/D > 75\%$), el 5% entre 50 a 75 % de la relación de tirante

sobre diámetro, el 94% del total de tuberías se encuentran operando menor al 50% de la relación tirante sobre diámetro (y/D).

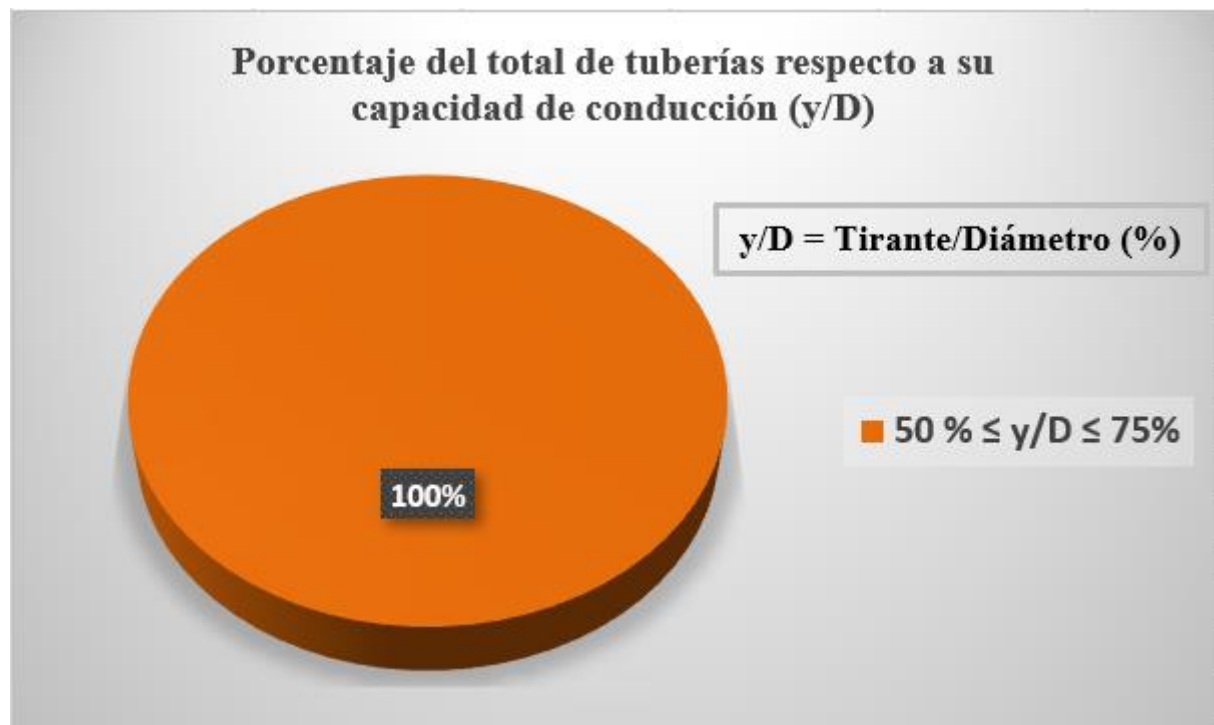
Se verifica conductos que conducen el agua residual con velocidades menores a 0.6 m/s (120 de un total de 176) y conductos con velocidades mayores a 0.6 m/s (56 de un total de 176). En cuanto a su capacidad de autolimpieza (fuerza de arrastre), se comprobó que existen conductos (90 de un total de 176) que vienen operando con tensiones tractivas menores a 1 Pa.

Resultados para los tramos de emisor

Realizado el cálculo hidráulico del emisor Canayre, para la contribución máxima de desagüe para el caudal futuro (caudal base, caudal por infiltración, caudal de escorrentía y caudal de áreas de crecimiento), se observa que todos los conductos (14 conductos) se encuentran operando entre 50 a 75 % de su capacidad de conducción (y/D). Los conductos que operan en estas condiciones tienen diámetros de 200 mm.

Figura 3.12

Emisor del sistema de alcantarillado Canayre simulado con caudal futuro



Interpretación: El 100% del total de tuberías del emisor Canayre se encuentra operando entre 50 a 75 % de la relación de tirante sobre diámetro (y/D).

Se verifica conductos que conducen el agua residual con velocidades mayores a 0.6 m/s y conductos con velocidades menores a 3 m/s (14 de un total de 14). En cuanto a su capacidad de autolimpieza (fuerza de arrastre), se comprobó que existen conductos (14 de un total de 14) que vienen operando con tensiones tractivas mayores a 1 Pa.

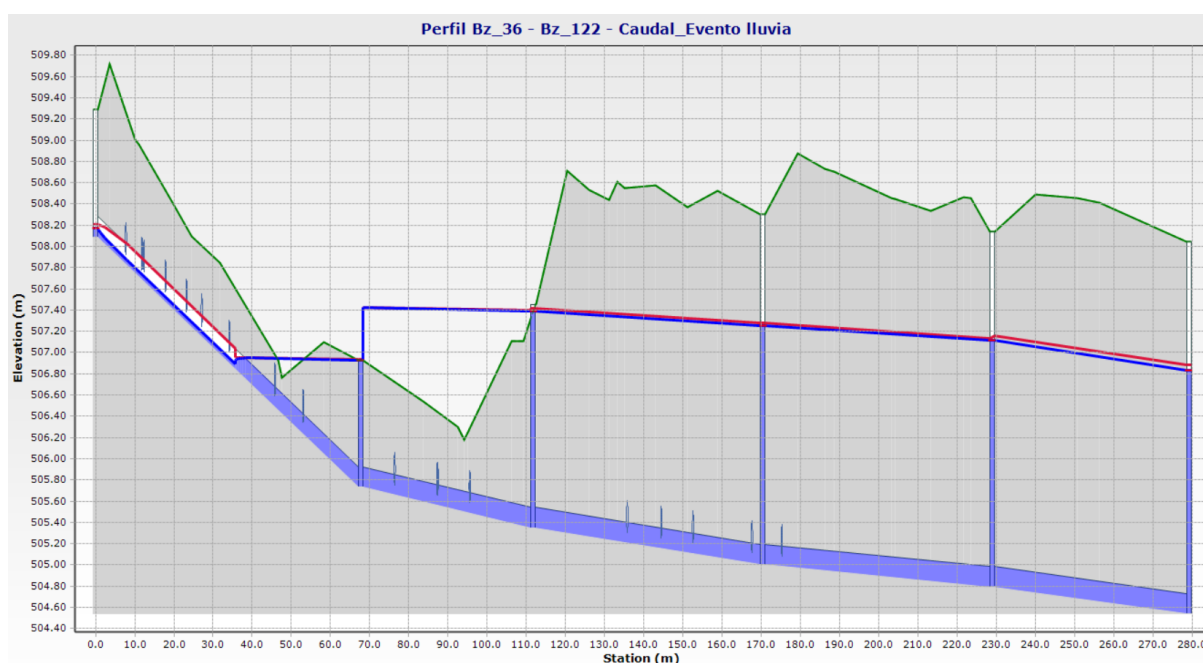
3.2.1.3. Escenario simulado con caudal aforo en eventos de lluvia

Resultados para colectores primarios y secundarios

Realizado el cálculo hidráulico del colector Canayre, para la contribución máxima de desagüe en eventos de lluvia, se observa que existen conductos (12 de un total de 176) que estarían operando por encima de su capacidad de diseño. Los tramos que operan en estas condiciones tienen diámetros de 200 mm.

Figura 3.13

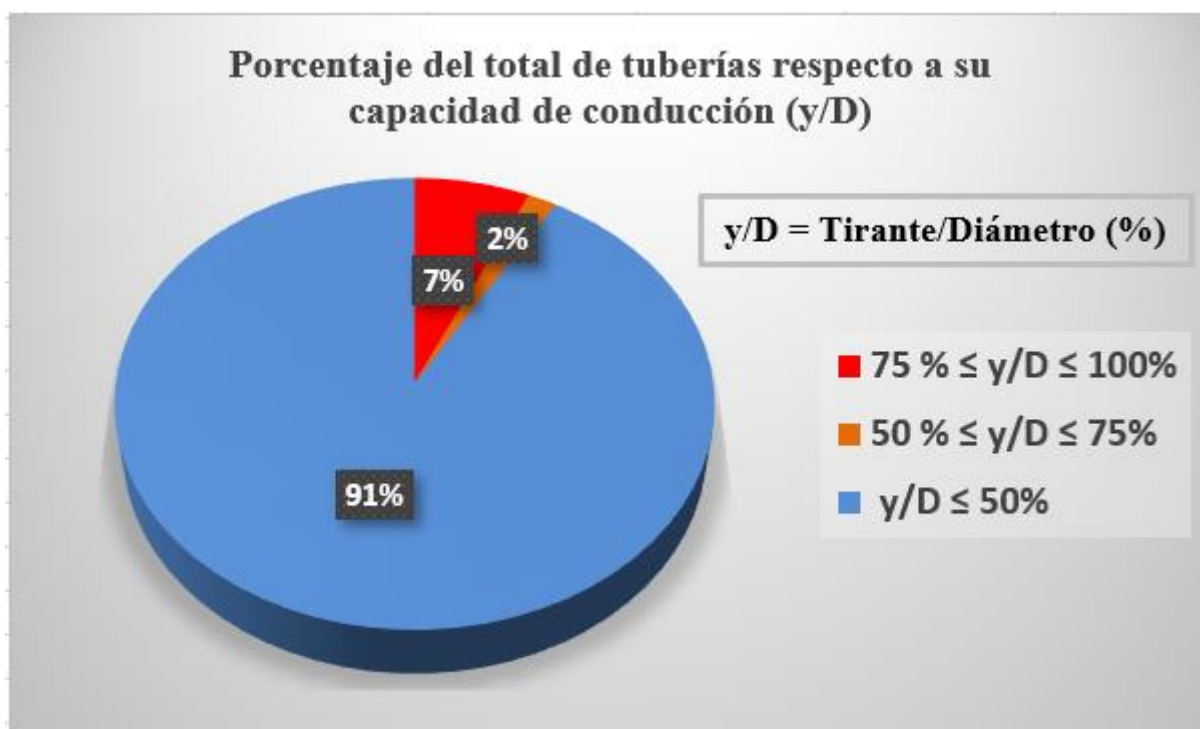
Perfil hidráulico en parte del sistema colector con caudal en eventos de lluvia



Luego de la simulación del escenario se obtuvo un mal resultado en el desempeño de la red y se observó la parte del interceptor (Bz_36 al Bz_151), emisor están operando a presión y efectivamente se observa que el rebose empieza en el Bz_37 como se observa en la Figura 3.13.

Figura 3.14

Coletores del sistema de alcantarillado simulado con caudal de evento de lluvia



Interpretación: El 7% del total de tuberías del colector Canayre se encuentra operando por encima de su capacidad de diseño ($y/D > 75\%$), el 2% entre 50 a 75 % de la relación de tirante sobre diámetro, el 91% del total de tuberías se encuentran operando menor al 50% de la relación tirante sobre diámetro (y/D).

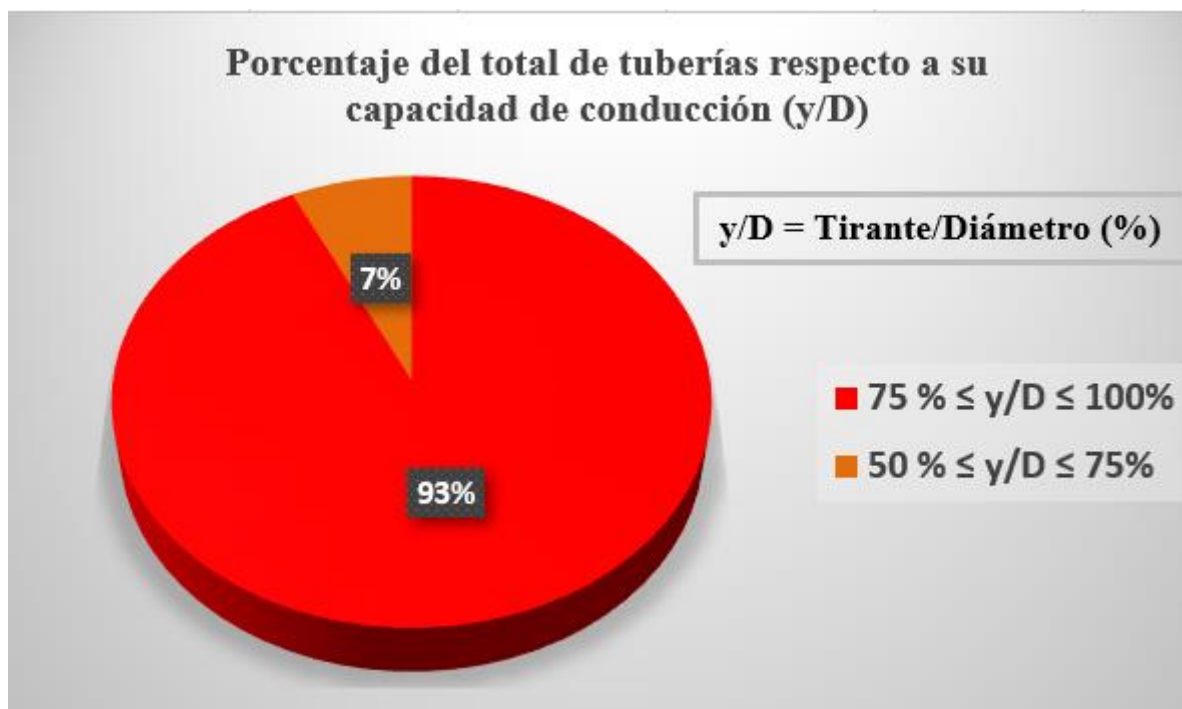
Se verifica conductos que conducen el agua residual con velocidades menores a 0.6 m/s (136 de un total de 176) y conductos con velocidades mayores a 0.6 m/s (40 de un total de 176). En cuanto a su capacidad de autolimpieza (fuerza de arrastre), se comprobó que existen conductos (103 de un total de 176) que vienen operando con tensiones tractivas menores a 1 Pa.

Resultados para los tramos de emisor

Realizado el cálculo hidráulico del emisor Canayre, para la contribución máxima de desagüe para eventos de lluvia, se observa que los conductos (13 conductos) se encuentran operando por encima de su capacidad de diseño ($y/D > 75\%$). Los conductos que operan en estas condiciones tienen diámetros de 200 mm.

Figura 3.15

Emisor del sistema de alcantarillado Canayre simulado con caudal de evento de lluvia



Interpretación: El 93% del total de tuberías del emisor Canayre se encuentra operando por encima de su capacidad de diseño ($y/D > 75\%$), el 7% del total de tuberías entre 50 a 75 % de la relación de tirante sobre diámetro (y/D).

Se verifica conductos que conducen el agua residual con velocidades mayores a 0.6 m/s y conductos con velocidades menores a 3 m/s (14 de un total de 14). En cuanto a su capacidad de autolimpieza (fuerza de arrastre), se comprobó que existen conductos (14 de un total de 14) que vienen operando con tensiones tractivas mayores a 1 Pa.

3.2.2. Discusión sobre el modelo hidráulico para determinar la capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario del distrito de Canayre.

Zhang et al. (2021) definen el concepto general de modelado hidráulico a partir del método propuesto, donde se presentan un sistema de alcantarillado (SALC) y un sistema de distribución de agua (WDS) para un área pequeña. Seleccionan dos SALC del mundo real en China, la red Benk (BKN) y la red Xiuzhou (XZN), como estudios de caso para demostrar la utilidad del método propuesto. Estos dos SALC se seleccionan porque sus WDS asociados tienen una buena cobertura de sensores de monitoreo, especialmente los medidores de demanda inteligentes. Además, BKN y XZN representan respectivamente escalas de una región y una ciudad

relativamente pequeñas, con el objetivo de demostrar la utilidad del método propuesto en el manejo de SALC con diferentes niveles de complejidad. En la implementación del método propuesto utilizaron el EPANET2.0 y SWMM5.1 como modelo de simulación hidráulica WDS y SALC respectivamente en el estudio que realizaron.

En esta investigación, se ha utilizado el software SewerGEMS para modelar y simular el funcionamiento hidráulico del sistema de alcantarillado del distrito de Canayre para la etapa de su funcionamiento. Las simulaciones del modelo se implementan con una resolución de tiempo de 30 días, coincidiendo con la resolución de tiempo de datos de medición por el área usuaria.

Según Chavan & Shitole (2022) SewerGEMS es un software de ingeniería avanzado fácil de usar para analizar, diseñar y operar sistemas de alcantarillado sanitario y combinado.

Según Sudha et al. (2020) SewerGEMS V8i parece ser una herramienta extremadamente eficaz para instalar redes de alcantarillado y aguas pluviales. Un mapa que contiene los detalles de la tubería, la velocidad, las elevaciones y el flujo se puede obtener directamente de este software.

Según Noori & Singh (2021) el propósito del diseño hidráulico de la red en la primera etapa es averiguar el diámetro requerido de las tuberías de alcantarillado, que se determina en función de la cantidad de descarga. Luego el cálculo de pendiente y control de la velocidad de flujo en todas las alcantarillas. Debido a que la velocidad es un parámetro crítico en la mecánica de fluidos y tiene un límite específico, por otro lado, las tuberías de alcantarillado no se diseñan como completamente llenas, por lo que también se debe determinar el porcentaje de llenado de las tuberías.

Como se menciona en la literatura líneas arriba, sea cual fuera el software de modelado hidráulico, los modeladores mayormente utilizan el software para la etapa de diseño y no así para la etapa de funcionamiento. En esta investigación, se hizo el uso del software SewerGEMS para el modelado hidráulico a flujo libre a partir de una data interna. Como disponemos de un archivo con la data de micromedición, seleccionaremos en la sección izquierda (Internal Data) los procedimientos basados en los datos de carga de la conexión de propiedades (Property Connection load data), y en la parte derecha elegiremos el método de enlace (tubería) más cercano (Nearest Link), tal como se ilustra en la Figura 2.36.

CONCLUSIONES

1.- Se realizó la gestión de información y se construyó el modelo de base de datos en formatos DWG, DXF y Shapefile que almacenará información geoespacial del catastro de redes que incluyen todo un inventario de tuberías, buzones y conexiones domiciliarias con una base de datos estructurada para cada entidad. El sistema de alcantarillado del distrito de Canayre cuya construcción data de 2018 (sistema nuevo), en la actualidad brinda servicio a seis sectores. Se tiene instalado 1655 m de tuberías de diámetro de 160 mm, 7341 m de 200 mm, 165 unidades de buzones y brinda servicio a 643 usuarios. Según categorías, cuenta con 487 conexiones domésticas, 143 conexiones comerciales, 08 conexiones estatales y 05 sociales. Según el aforo, en el sistema el caudal de contribución se incrementa a partir de las 6:00 am (8.50 l/s) hasta alcanzar el pico a las 12:00 pm (10.44 l/s). La información generada es útil para construir el modelo hidráulico en la etapa de operación y mantenimiento (O&M) de los sistemas de alcantarillado.

2.- Se realizó la simulación hidráulica en estado estático utilizando el software SewerGEMS para determinar la capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario, ejecutando los escenarios descritos en la metodología. En el escenario de simulación con caudal base se observó que, el 5% del total de tuberías del colector Canayre se encuentra operando entre 50 a 75 % de la relación de tirante sobre diámetro (y/D), el 95% se encuentran operando menor al 50% de la relación (y/D). En el escenario simulado con caudal aforo en eventos de lluvia, el 7% del total de tuberías del colector se encuentra operando por encima de su capacidad de diseño ($y/D > 75\%$) y se observó que el rebose empieza en el Bz_37 como se indica en la Figura 3.13, el 2% entre 50 a 75 % de la relación (y/D), el 91% del total de tuberías se encuentran operando menor al 50% de la relación (y/D). Los resultados del modelado hidráulico para la etapa de O&M son importantes para que los encargados del sistema ubiquen los puntos críticos y efectúen adecuadamente sus labores a favor de la población.

RECOMENDACIONES

1. Se les recomienda a las empresas prestadoras en pequeñas ciudades efectuar una apropiada catastro técnico, catastro comercial de la red de alcantarillado.
2. Se recomienda el uso de un software de modelado hidráulico a flujo libre para la evaluación constante de la red de alcantarillado en su etapa de operación y mantenimiento, para así detectar tramos donde se ocasionan desbordamientos generando zonas de contaminación.
3. Se recomienda que, para evitar los problemas de desbordamientos de buzones en eventos de lluvia se deben construir un sistema de drenaje en zonas donde se tenga alta precipitación.
4. Se recomienda al UGM del distrito a vigilar y prevenir el ingreso de aguas a los buzones provenientes de malas conexiones y de la escorrentía en eventos de lluvia.
5. Se recomienda destacar este tipo de investigaciones ya que ayudan a evaluar y cuidar la red de alcantarillado en su etapa de funcionamiento (O&M) y así prevenir a la población de daños de viviendas o de contaminación por desbordamientos en buzones.

REFERENCIAS

- Aguamarket. (2021). *Capacidad hidráulica*. Aguamarket. <https://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=345&termino=capacidad+hidr%C3%A1ulica>
- Belito, E. E. (2018). *Modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario en la ciudad de Huancavelica, provincia y departamento de Huancavelica* [Universidad Nacional de Huancavelica]. <https://repositorio.unh.edu.pe/items/dda14600-65de-4068-9696-3a73d7f80531>
- Bentley. (2020). *Bentley SewerGEMS CONNECT Edition*. www.aportesingecivil.com. <https://aportesingecivil.com/bentley-sewergems-connect-edition-v10/>
- Bentley. (2024). *Software de modelado de alcantarillas urbanas sanitarias y combinadas*. Bentley Systems, incorporated. <https://es-la.bentley.com/software/openflows-sewergems/>
- Bermudo, C. (2018). *Esto es trabajo que hicieron en distrito Canayre*. [Publicación de Facebook]. <https://www.facebook.com/100021913910833/videos/399105197496607/>
- Castaño, J. A., & Ramírez, J. A. (2015). *Sistema de información geográfica para la red de alcantarillado del Municipio de Arboletes orientado a la operación del sistema*. <https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/9a8235e3-060d-48f1-a909-8be70898ca74/content>
- Chavan, S. R., & Shitole, S. S. (2022). *Design of Sewerage Network by using SewerGems*. 10(11).
- Comisión Nacional del Agua. (s. f.). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. En *Alcantarillado Sanitario*. www.conagua.gob.mx
- González, E., & Bejarano, E. (2019). Sistemas de información geográfica y modelado hidráulico de redes de abastecimiento de agua potable: estudios de caso en la provincia de Guanacaste, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 2(63), 293-318. <https://doi.org/10.15359/rgac.63-2.11>
- Jia, Y., Zheng, F., Zhang, Q., Duan, H. F., Savic, D., & Kapelan, Z. (2021). Foul sewer model development using geotagged information and smart water meter data. *Water Research*, 204(May), 117594. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117594>
- López, R. A. (1995). *Elementos de diseño para acueductos y Alcantarillados* (1ra ed.). Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

- López, R. A. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados* (2da ed.). Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Mendoza, D. J. (2019). *Topografía y Geodesia* (1ra ed.). Editores Maraucano E.I.R.L.
- Moya, J. (2019). *Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado*. www.libreriaingeniero.com
- Noori, A. R., & Singh, S. K. (2021). Assessment and modeling of sewer network development utilizing Arc GIS and SewerGEMS in Kabul city of Afghanistan. *Journal of Engineering Research (Kuwait)*, 2021, 22-31. <https://doi.org/10.36909/jer.ICARI.15287>
- Oliveras, J. (2016, julio 12). *Canal Parshall, el aforador con casi un siglo de historia*. [iagua](http://iagua.es). <https://www.iagua.es/blogs/jordi-oliveras/canal-parshall-aforador-casi-siglo-historia>
- Oyinna, B., Okedu, K. E., Diemuodeke, O. E., David, L. E., Negedu, I. O., Osemudiamen, E. A., Colak, I., & Kalam, A. (2023). Assessing small hydropower sites in Nigeria for sustainable development using ArcGIS. *Energy Reports*, 10(July), 2889-2898. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.09.102>
- Pantigoso, H. (2015). *AutoCAD CIVIL 3D 2015*. Grupo editorial MEGABYTE S.A.C.
- Programa de agua potable y alcantarillado sanitario en pequeñas y medianas ciudades. (s. f.). *Modelación Hidráulica*. bivica. www.gmmf.upv.es,
- Quezada, W., & Quezada, C. J. (2011). *SewerCAD* (1ra ed.). Megabyte.
- Reglamento Nacional NB 688. (2007). Reglamento tecnico de diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial. En *Ministerio del agua viceministro de servicios básicos*. <http://www.aaps.gob.bo/images/MarcoLegal/ResolucionesMinisteriales/RM-49.pdf>
- Reza, A., & Singh, S. (2020). *Modeling of Wastewater Collection Network Using Arc GIS and SewerGEMS in Kabul, Afghanistan*.
- Sudha, J., Prasad, N., Ariramachandran, Nagarajan, & Prashanth, K. (2020). *An evaluation and analysis of a sewerage system for Tondiarpet, Chennai - A case study*. 5. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.358>
- Sunass. (s. f.). *Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento*. <https://www.sunass.gob.pe/sunass/quienes-somos/>
- Valdiviezo, A. (2019). *Manejo del software QGIS para gestionar datos de redes de distribución de agua en la Urb. Miraflores*. <https://bit.ly/3QHmRhF>
- Vergara, M. (1993). *Técnicas de Modelación en Hidráulica*. <https://books.google.es/books?id=eu4UAgAACAAJ>
- Villalba, N. (2016). Topografía aplicada. En *Empresa Editora Macro EIRL* (Número 3). Empresa Editora Macro EIRL.

- Walski, T. M., Barnard, T. E., Harold, E., Merritt, L. B., Walker, N., & Whitman, B. E. (2007). *Wastewater Collection System Modeling and Design* (1ra ed.). Bentley Systems.
- Zhang, Q., Zheng, F., Jia, Y., Savic, D., & Kapelan, Z. (2021). Real-time foul sewer hydraulic modelling driven by water consumption data from water distribution systems. *Water Research*, 188, 116544. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116544>

ANEXOS

ANEXO I
PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 1

Rebose agua residual en el desarenador a la llegada al PTAR en eventos de lluvia



Fotografía 2

Buzón en jr. Vista alegre del distrito en donde se produce el rebose en eventos de lluvia



Fotografía 3

Presencia de rebose en las cajas de registro de conexiones domiciliarias en eventos de lluvia



Fotografía 4

Situación real de las cajas de registro selladas en conexiones domiciliarias del jr. Vista Alegre



Fotografía 5

Presencia de rebose de agua residual de la cámara de bombeo.



Fotografía 6

Proceso de levantamiento topográfico del sistema de alcantarillado



Fotografía 7

Aforo de agua residual en el canal Parshall a la llegada al PTAR



Fotografía 8

Lectura de la altura de calado (H_a) en el canal Parshall



Fotografía 9

Aforo de agua residual a partir de huellas de épocas de lluvia



Fotografía 10

Recibo facturado a los beneficiarios del sistema de alcantarillado

Municipalidad Distrital de Canayre		Municipalidad Distrital de Canayre	
RUC: 20574739676		RUC: 20574739676	
USUARIO:	HUANACO FERNÁNDEZ, Marino	USUARIO:	GAVILÁN ESPINOZA, Jaime
DIRECCIÓN:	0	DIRECCIÓN:	0
SECTOR:	II	SECTOR:	III
CATEGORÍA:	Doméstico	CATEGORÍA:	Comercial
CÓDIGO	S2P005	CÓDIGO	S3Q017

MEDIDOR	PERIODO	LECTURA
FA	JUNIO	Act. 850 Ant. 839

DATOS DEL SUMINISTRO	DETALLE DE CONSUMO	DETALLE DE LOS IMPORTES FACTURADOS
Serv. de agua : Si	Tipo de facturación: Micromedición	DESCRIPCION PRECIO UNIT. IMPORTE
Serv. de alcant : Si	Consumo m3: 11	Agua potable S/ 0.20 S/ 2.20
H. de suministro: Las 24 horas	Mes de consumo Junio	Alcantarillado S/ 0.10 S/ 1.10
ACUAFONO PARA: *Emergencia de agua y desague		Cargo fijo S/ 1.50
*Requisitos de instalación		Subtotal S/ 4.80
*Reclamos		Limp. Pública S/ 3.00
*Consultas de facturación		I.G.V. S/ 0.00
		Total mes S/ 7.80
		Deuda anterior S/ 10.80
		TOTAL A PAGAR: S/ 18.60

MENSAJE AL CLIENTE

Invocamos a los usuarios a colaborar actualizando sus datos en la oficina de la UGM

FECHA DE EMISIÓN: 12/07/2022 FECHA DE VENCIMIENTO: 22/07/2022

EVITE EL CORTE Y GASTOS POR RECONEXIÓN DEL SERVICIO PAGANDO PUNTUALMENTE SU RECIBO

Municipalidad Distrital de Canayre		Municipalidad Distrital de Canayre	
RUC: 20574739676		RUC: 20574739676	
USUARIO:	GAVILÁN ESPINOZA, Jaime	AP:	S/ 1.80
DIRECCIÓN:	0	ALC:	S/ 0.60
SECTOR:	III	CF:	S/ 1.50
CÓDIGO:	S3Q017	ST:	S/ 3.90
PERIODO:	JUNIO	LP:	S/ 5.00
FECHA DE EMISIÓN:	12/07/2022	IGV:	S/ 0.00
FECHA DE VENCIMIENTO:	22/07/2022	DA:	S/ -
		TOTAL A PAGAR: S/ 8.90	

ANEXO II
PADRON DE USUARIOS

**PADRÓN DE USUARIOS DE LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO DE
CANAYRE CAPITAL - JUNIO 2022**

Nº	CÓDIGO	SECTOR	USUARIO	CATEGORÍA
1	S1A001	I	PAYAJO HERRERA, Ulda	Doméstico
2	S1A002	I	SOLÍS MORÍ, Gloria	Doméstico
3	S1A003	I	VARGAS RAMOS, Claudio	Doméstico
4	S1A004	I	CORONADO LÓPEZ, Margarita Reyna	Doméstico
5	S1A005	I	MEZA DÍAZ, Mirlo	Doméstico
6	S1A006	I	BERROCAL CÓNDOR, Edith	Doméstico
7	S1A007	I	LIMACHE RODRIGUEZ, Ruth	Doméstico
8	S1A008	I	CÁRDENAS CURO, Marina	Doméstico
9	S1A009	I	DÍAZ CENTENO, Modesta	Doméstico
10	S1A010	I	VÁSQUEZ GUILLÉN, Eliza	Doméstico
11	S1A011	I	MÉNDEZ, Abraham	Doméstico
12	S1A012	I	ROMANÍ PEÑA, Emerson	Doméstico
13	S1A013	I	ROCA, Marcelina	Doméstico
14	S1A014	I	PÉREZ PALOMINO, Felicitas	Doméstico
15	S1A015	I	ROMANÍ PEÑA, Emerson	Doméstico
16	S1A016	I	ARONE OLANO, Yaneth	Doméstico
17	S1B001	I	LIMACHE CÁRDENAS, Adina	Doméstico
18	S1B002	I	UNTIVEROS CISNEROS, Alejandra	Doméstico
19	S1B003	I	VÁSQUEZ LAURENTE, Juan	Doméstico
20	S1B004	I	ESTRELLA RODRÍGUEZ, Juana	Doméstico
21	S1B005	I	ROMANÍ BORDA, Adrián	Doméstico
22	S1B006	I	BARBOZA CCASANI, Emilio	Doméstico
23	S1B007	I	OVALLE MERINO, Edwin	Doméstico
24	S1B008	I	HUAMÁN BARBOZA, Julio	Doméstico
25	S1B009	I	ASPUR ORDÓÑEZ, Hercilio	Doméstico
26	S1B010	I	ASPUR ORDÓÑEZ, Soledad	Doméstico
27	S1B012	I	CRESPO CISNEROS, Yuliza	Doméstico
28	S1B013	I	LABRA CISNEROS, Ángel	Doméstico
29	S1B014	I	CHOCCE CHÁVEZ, Victoria (Brisas de Mantaro)	Doméstico
30	S1C001	I	LAPA PEÑAFIEL, Zósimo	Doméstico
31	S1C002	I	CÁRDENAS SIMBRÓM, Neyan Neftalí	Doméstico
32	S1C003	I	ROMANÍ, Yuri	Doméstico
33	S1C004	I	LAZO CAMASI, Jhonathan	Doméstico
34	S1E001	I	PACHECO ROMANÍ, Edson	Doméstico
35	S1E002	I	CHOCCE CHÁVEZ, María	Doméstico
36	S1E003	I	GUIZADO GUTIÉRREZ, Dina	Doméstico
37	S1E004	I	MORÁN GONZALES, Juan	Doméstico
38	S1E006	I	BERROCAL SÁNCHEZ, Demétrio	Doméstico
39	S1E008	I	INFANTE EGOAVIL, Victor César	Doméstico
40	S1E009	I	PAREDES CENTENO, Michel Elvis	Doméstico
41	S1E010	I	PAREDES GASGA, Leoncio	Doméstico
42	S1E011	I	QUISPE MARTÍNEZ, Isabel	Doméstico
43	S1F001	I	QUIJANO, Ángel	Doméstico
44	S1F002	I	LUJÁN ARROYO, Richard	Doméstico
45	S1F003	I	MALLQUI CRESPO, Nemesio	Doméstico
46	S1F004	I	BERROCAL SÁNCHEZ, Rufina	Doméstico



47	S1F005	I	GUTIÉRREZ TRUYENQUE, Edith	Doméstico
48	S1F006	I	PACHECO LIMAQUISPE, Marcelina	Doméstico
49	S1F007	I	ENCISO PÉREZ, Freddy	Doméstico
50	S1F008	I	VÁSQUEZ GUEVARA, Margarita	Doméstico
51	S1F009	I	SULCA CHIHUA, Alejandro	Doméstico
52	S1F010	I	CRUZ FLORES, Fidencio	Doméstico
53	S1F011	I	CONTRERAS CHOQUE, Víctor	Doméstico
54	S1F012	I	PALOMINO PÉREZ, Delfín	Doméstico
55	S1F013	I	BAUTISTA AGÜERO, Elva	Doméstico
56	S1G001	I	BARBOZA BERROCAL, Nancy	Doméstico
57	S1G002	I	AGUILAR MUÑOZ, Nery	Doméstico
58	S1G003	I	MUÑOZ CALIXTO, Alicia	Doméstico
59	S1G004	I	QUISPE MORALES, Avilio	Doméstico
60	S1G005	I	BERMUDO VALENZUELA, Ernesto	Doméstico
61	S1G006	I	FIGUEROA SANTAYANA, Faustina	Doméstico
62	S1G007	I	PALOMINO ESPINAL, Dolores Ana	Doméstico
63	S1G008	I	HERRERA PALOMINO, Gedeón	Doméstico
64	S1G009	I	ROJAS OLANO, Deysi Yojira	Doméstico
65	S1G010	I	BERMUDO AMAO, Freddy	Doméstico
66	S1G011	I	CRUZ HUAYLLASCO, Absalón	Doméstico
67	S1G012	I	QUISPE CCENTE, Enrique	Doméstico
68	S1G1001	I	VARGAS VILCHEZ, Rosa	Doméstico
69	S1G1002	I	NALVARTE AYALA, Adviento	Doméstico
70	S1G1003	I	VÍLCHEZ CHAHUA, Pedro	Doméstico
71	S1G1004	I	CURO VIVANCO, Aquilina	Doméstico
72	S1G1005	I	PEÑALOZA ARIAS, Zenayda	Doméstico
73	S1G1006	I	BERMUDO AMAO, Hercilia	Doméstico
74	S1G1007	I	BERMUDO FERNÁNDEZ, Clemente	Doméstico
75	S1G1008	I	CEDRÓN NUÑEZ, David	Doméstico
76	S1G1009	I	LIMACHE GÓMEZ, Leandro	Doméstico
77	S1G1010	I	LIMACHE GÓMEZ, Leandro	Doméstico
78	S2H001	II	QUISPE CURO, Deciderio	Doméstico
79	S2H002	II	HUAMÁN VARGAS, Edith Noemí	Doméstico
80	S2H003	II	PARE VARGAS, Teodoro	Doméstico
81	S2H004	II	CORONADO POMA, Demétrio	Doméstico
82	S2H005	II	ASTO SOTO, Faustina	Doméstico
83	S2H006	II	RUIZ CURO, Charles Simeón	Doméstico
84	S2H007	II	CONTRERAS NAJARRO, Andrea Apolonia	Doméstico
85	S2H008	II	DURÁN ESTRADA, José Augusto	Doméstico
86	S2H009	II	QUISPE FERNÁNDEZ, David	Doméstico
87	S2H010	II	QUISPE CURO, Rómulo	Doméstico
88	S2H011	II	CABRERA CASTRO, Analí Milagros	Doméstico
89	S2H013	II	CUSICHE CURO, Andrés Raúl	Doméstico
90	S2H014	II	GALINDO BARRETO, Raquel	Doméstico
91	S2H015	II	NOLASCO SÁNCHEZ, Edgar	Doméstico
92	S2H016	II	TORRES GÓMEZ, Percy Fabián	Doméstico
93	S2H017	II	SANTOS CASTAÑÓN, Rosa Carmen	Doméstico
94	S2H018	II	PINEDA OVALLE, Velian Juvenal	Doméstico
95	S2H019	II	HUAMÁN BORDA, Zacarías	Doméstico
96	S2H020	II	I.E. "Las Asambleas de Dios del Perú"	Social





97	S2H021	II	BERMUDO AYALA, Ancelma	Doméstico
98	S2H022	II	CRUZ RAMIREZ, Jasmín	Doméstico
99	S2I001	II	CUSICHE LÓPEZ, César	Doméstico
100	S2I002	II	TAIPE INGA, Maura Justina	Doméstico
101	S2I003	II	TAIPE INGA, Alejandra	Doméstico
102	S2I004	II	ALFARO CENTENO, Zenón	Doméstico
103	S2I005	II	ROJAS OLANO, Maribel	Doméstico
104	S2I006	II	POTOSINO CURO, Juana Herlinda	Doméstico
105	S2I007	II	HERRERA PALOMINO, Clarita	Comercial
106	S2I008	II	HUAYANAY CAMASI, Mario	Comercial
107	S2I009	II	MEDRANO HUAMÁN, Nicéforo	Comercial
108	S2I010	II	TAIPE INGA, Maura Justina	Comercial
109	S2I011	II	POTOSINO CURO, Maura Graciela	Doméstico
110	S2I012	II	QUISPE MORALES DE GUTIÉRREZ, Alicia	Doméstico
111	S2I013	II	CÓNDOR LÓPEZ, Carina	Doméstico
112	S2I014	II	BETALLELUZ ORDOÑEZ, Alejandro	Doméstico
113	S2I015	II	ÑAUPA CRUZ, Plácido	Comercial
114	S2I016	II	JAULIS ARCE, Ruth	Comercial
115	S2I017	II	GAMBOA CHÁVEZ, Rubén	Comercial
116	S2I018	II	BERMUDO SANTIAGO, Hilda	Doméstico
117	S2K001	II	BERMUDO CISNEROS, Janeth	Doméstico
118	S2K002	II	ÁVILA VARGAS, Vilma	Doméstico
119	S2K003	II	CRESPO MORALES, Nicolás	Doméstico
120	S2K004	II	RONDINEL HERRERA, Reyna Ilusteria	Doméstico
121	S2K005	II	VARGAS SICHA, Pío	Doméstico
122	S2K006	II	GUTIÉRREZ LEÓN, Virginia	Doméstico
123	S2K007	II	BETALLELUZ, GUTIÉRREZ, Roy Emerson	Doméstico
124	S2K008	II	MENDOZA LÓPEZ, Jorge Edison	Doméstico
125	S2K009	II	SOTO CARTAGENA, Michael	Doméstico
126	S2K010	II	BETALLELUZ GUTIÉRREZ, Gilberto	Doméstico
127	S2K011	II	QUISPE CÓNDOR, Segundino	Doméstico
128	S2K012	II	ORDOÑEZ SÁNCHEZ, Soledad Yarisa	Doméstico
129	S2K013	II	HUAMÁN YANGALI, Guillermo	Doméstico
130	S2K014	II	BERMUDO, Moisés	Doméstico
131	S2K015	II	AGÜERO TICONA, Beatriz	Doméstico
132	S2K016	II	ROJAS ORÉ, Maruja	Doméstico
133	S2K017	II	TORRE VEGA, Leopoldo	Doméstico
134	S2K018	II	BERMUDO BARBOZA, Epifanio	Doméstico
135	S2K019	II	CONDORI PAUCAR, Freddy	Comercial
136	S2K020	II	LAURA LLACCTAHUAMÁN, Lourdes	Doméstico
137	S2K021	II	CCARAHUANCO CISNEROS, Sebastián	Doméstico
138	S2K022	II	NAVARRO ÑAUPA, Yuri	Doméstico
139	S2K023	II	BERMUDO CISNEROS, María Elena	Doméstico
140	S2K024	II	BERMUDO VALENZUELA, Erasmo	Doméstico
141	S2K025	II	CISNEROS DE BERMUDO, Margarita	Doméstico
142	S2K026	II	BERMUDO CISNEROS, Leónidas	Doméstico
143	S2M001	II	BETALLELUZ ORDOÑEZ, Rosa	Doméstico
144	S2M002	II	QUISPE RÚA, Amilcar	Doméstico
145	S2M003	II	CISNEROS GAMBOA, Felipe	Doméstico
146	S2M004	II	CRISPÍN VARGAS, Darío	Doméstico



147	S2M005	II	CORONADO HUILLCAMEZA, Cirilo	Doméstico
148	S2M007	II	CÓRDOVA QUISPE, Miguel	Comercial
149	S2M009	II	SANDOVAL LOAYZA, Esther	Comercial
150	S2M010	II	VARGAS UNTIVEROS, jenri	Doméstico
151	S2M011	II	QUISPE CENTENO, Vilma Doris	Doméstico
152	S2M012	II	UNTIVEROS MORALES, Roberto	Doméstico
153	S2M013	II	CABRERA LUDEÑA, Nora Isabel	Doméstico
154	S2M014	II	ASPUR LLANTOY, Roberto	Doméstico
155	S2M015	II	QUISPE PÉREZ, Bertha Esther	Comercial
156	S2M016	II	QUISPE PÉREZ, Vilma	Doméstico
157	S2M017	II	CISNEROS HINOSTROZA, Maribel Tania	Doméstico
158	S2N001	II	Municipalidad distrital de Canayre	Estatul
159	S2N002	II	LAUREANO LUDEÑA, Filomeno	Comercial
160	S2N003	II	LAUREANO CABRERA, Nery	Comercial
161	S2N004	II	MIRANDA, Pastor	Doméstico
162	S2N005	II	LAYME GUTIÉRREZ, Rodolfo	Comercial
163	S2N006	II	QUISPE CENTENO, Yenni	Doméstico
164	S2N007	II	FLORES QUISPE, Nancy	Comercial
165	S2N008	II	QUISPE HERRERA, Aydee Cecilia	Comercial
166	S2N009	II	QUISPE MORALES, Avilio	Comercial
167	S2N010	II	Municipalidad distrital Canayre	Estatul
168	S2O001	II	QUISPE CASTRO, Bryan Ronell	Doméstico
169	S2O003	II	HUACHO RAMOS, Alejandro	Doméstico
170	S2O004	II	FLORES QUISPE, Mery	Doméstico
171	S2O005	II	LIMACHE MENDOZA, Emilia	Comercial
172	S2O006	II	QUISPE CÓNDR, Segundino	Comercial
173	S2O007	II	RODRÍGUEZ HUILLCA, Wilber	Comercial
174	S2O008	II	MORALES CASTILLO, Mariluz	Doméstico
175	S2O009	II	NALVARTE LUDEÑA, Marita	Comercial
176	S2O010	II	BETALLELUZ ORDOÑEZ, Mauro	Comercial
177	S2O011	II	Comité de autodefensa - Canayre	Social
178	S2O012	II	CÁRDENAS CARBAJAL, Vidal Marcial	Comercial
179	S2O013	II	CÁRDENAS CARBAJAL, Maximiliano	Doméstico
180	S2O014	II	BERMUDO DE LA CRUZ, Jesús	Comercial
181	S2O015	II	FLORES QUISPE, Carlos	Comercial
182	S2O016	II	PACHECO MUÑOZ, Leoncia	Doméstico
183	S2O017	II	BARBOZA CISNEROS, Emilio	Doméstico
184	S2P001	II	PEÑA HUAMÁN, Lucía	Comercial
185	S2P002	II	GAVILÁN BASTIDAS, Bertha	Doméstico
186	S2P003	II	FLORES MATAMORO, Ana	Doméstico
187	S2P004	II	OSCCO LUDEÑA, Félix	Doméstico
188	S2P005	II	HUANACO FERNÁNDEZ, Marino	Doméstico
189	S2P006	II	DE LA CRUZ JUÑURUCO, Marino	Doméstico
190	S2P007	II	SOTO ELFIÑO, Jorge Adalberto	Doméstico
191	S2P008	II	Ex Posta de salud-Canayre	Estatul
192	S2P009	II	MÉNDEZ SINCHITULLO, Nora Emma	Doméstico
193	S2P010	II	SANCHEZ RIMACHI, Rufino	Doméstico
194	S2P011	II	MUÑOZ SALAZAR, María	Doméstico
195	S2P012	II	QUISPE LAPA, Pelayo	Doméstico
196	S2P013	II	PARE DE LA CRUZ, Leonarda	Doméstico

197	S2P014	II	NOLASCO CERAS, Eudocio	Doméstico
198	S2P015	II	MANRIQUE, Edgar	Doméstico
199	S2P016	II	MENDOZA CURO, Ahizer	Comercial
200	S3Q001	III	HERMOZA PALOMINO, Oliver	Comercial
201	S3Q002	III	ESPINOZA RODRÍGUEZ, Julio	Comercial
202	S3Q003	III	VILLANUEVA HUAMÁN, Javier	Doméstico
203	S3Q004	III	ARIAS BERROCAL, Rayda	Doméstico
204	S3Q005	III	OSCCO HUAYANA, David Lucas	Doméstico
205	S3Q006	III	ESPINOZA DE GAMBOA, Isabel	Doméstico
206	S3Q007	III	LAZO CALIXTO, Julián	Doméstico
207	S3Q008	III	CURO AGUIRRE, Gregorio	Doméstico
208	S3Q009	III	LLANTOY ESPINOZA, Roberto	Doméstico
209	S3Q010	III	OCHOA ENCISO, Elma	Doméstico
210	S3Q011	III	PACHECO CASAFRANCA, Alfredo	Comercial
211	S3Q012	III	TAIPE QUISPE, Carmen	Comercial
212	S3Q015	III	VICAÑA VIUDA DE MOROTE, Celedonia	Comercial
213	S3Q016	III	MOROTE VICAÑA, Brígida	Comercial
214	S3Q017	III	GAVILÁN ESPINOZA, Jaime	Comercial
215	S3Q018	III	CCARAHUANCO, Emilia	Comercial
216	S3Q019	III	CORONADO LEÓN, Efraín	Comercial
217	S3Q020	III	CORONADO MORALES, Guillermo	Doméstico
218	S3Q021	III	QUISPE MARTÍNEZ, Elena	Comercial
219	S3Q022	III	MUCHA SÁNCHEZ, Lizbeth	Comercial
220	S3Q023	III	LLANOS DE LA CRUZ, José Luís	Comercial
221	S3Q024	III	CORONADO LÓPEZ, Angélica	Comercial
222	S3Q025	III	LLOCCLA ZAGA, Máximo	Comercial
223	S3Q026	III	CASTRO NAVARRETE, Kenny Érika	Comercial
224	S3Q027	III	GONZALES LÓPEZ, Lidia	Comercial
225	S3R001	III	LAZO CALIXTO, Roberto	Comercial
226	S3R002	III	PAREDES HEREDIA, Faustina	Doméstico
227	S3R003	III	NAVARRO ÑAUPA, Ruth Aydee	Comercial
228	S3R004	III	ÑAUPA BARBOZA, María Andrea	Comercial
229	S3R005	III	AYALA ARAUJO, Ancelmo	Comercial
230	S3R006	III	CRUZ RAMIREZ, Sonia	Comercial
231	S3R007	III	HERRERA QUISPE, Edita	Comercial
232	S3R008	III	BARBOZA CISNEROS, Walter	Comercial
233	S3R011	III	BETALLELUZ ORDOÑEZ, Agripino	Comercial
234	S3R012	III	BARBOZA CISNEROS, Virgilio	Comercial
235	S3R013	III	Club de madres	Comercial
236	S3R014	III	BENDEZÚ VICAÑA, Máximo	Comercial
237	S3R015	III	NALVARTE CÁRDENAS, Oliver	Comercial
238	S3R016	III	NALVARTE CÁRDENAS, Mardonio	Comercial
239	S3R017	III	Iglesia Católica "Sagrado Corazón de Jesús"	Social
240	S3T001	III	Iglesia Evangélica Presbiteriana	Social
241	S3T002	III	BERMUDO CISNEROS, Floriano	Doméstico
242	S3T003	III	VALENCIA HUAMÁN, Prudencio	Doméstico
243	S3T004	III	APONTE GUTIÉRREZ, Rolando	Doméstico
244	S3T006	III	GUTIÉRREZ LEÓN, Severino	Doméstico
245	S3T007	III	MORALES NALVARTE, Juan Alberto	Doméstico
246	S3T008	III	LIMACHE MENDOZA, Juana	Doméstico



247	S3T009	III	HUAYANAY HERRERA, Noemí Irene	Comercial
248	S3T010	III	CÁRDENAS AYALA, José Franklin	Doméstico
249	S3U002	III	MONTES UNTIVEROS, Irénea	Comercial
250	S3U002A	III	ÑAUPA VALENZUELA, Alejandro	Doméstico
251	S3U003	III	CRUZ CARBAJAL, Héctor	Doméstico
252	S3U004	III	BETALLELUZ ORDOÑEZ, Eulogio	Doméstico
253	S3U007	III	ROJAS MALLMA, Rosa Yoli	Doméstico
254	S3U008	III	CÁRDENAS ÑAHUI, Percy	Comercial
255	S3V001	III	GUTIÉRREZ LEÓN, Constanca	Comercial
256	S3V002	III	GUTIÉRREZ LEÓN, Freddy	Comercial
257	S3V003	III	CORONADO MORALES, Juan Victor	Doméstico
258	S3V005	III	YAULLICASA SULCA, Rolando	Doméstico
259	S3V006	III	CORONADO LÓPEZ, Anaclea	Comercial
260	S3V007	III	NALVARTE BERMÚDEZ, Gilber Paulino	Doméstico
261	S3V008	III	HUAMÁN CABRERA, Marina Arana	Doméstico
262	S3V009	III	TELLO ROMANÍ, Vilma	Doméstico
263	S3V010	III	HERRERA HUAMÁN, Eulogia	Doméstico
264	S3V011	III	CARRANZA AGUIRRE, Carmencita	Comercial
265	S3W001	III	UNTIVEROS CISNEROS, Mirian	Comercial
266	S3W002	III	SÁNCHEZ QUISPE, Elena	Comercial
267	S3W003	III	DE LA CRUZ PARE, Érika	Comercial
268	S3Y001	III	CENTENO ORÉ, Ricardina	Doméstico
269	S3Y002	III	BARBOZA GARAGUNDO, Jhon	Comercial
270	S3Y003	III	BARBOZA CONDORI, Máximo	Comercial
271	S3Y004	III	FLORES QUISPE, Julio César	Doméstico
272	S3Y005	III	JAULIS ARCE, Ruth	Comercial
273	S3Y006	III	ATAUCUSI LLACTAHUAMÁN, Roque	Comercial
274	S3Y007	III	VÁSQUEZ GUEVARA, Margarita	Doméstico
275	S3Y008	III	TURCO SOTO, Fermín	Comercial
276	S3Y009	III	SORAS TAYPE, Crithian Erick	Comercial
277	S3Y010	III	CORONADO GUTIÉRREZ, Mirian	Comercial
278	S3Y011	III	NAVARRO ÑAUPA, Ruth Aydee	Doméstico
279	S3Y012	III	ROMANÍ BORDA, Adrián	Comercial
280	S3Y013	III	ESPINOZA CCOCHACHI, Dolores	Comercial
281	S3Y014	III	ATAO MEDINA, Ruti	Doméstico
282	S3Y015	III	CHOQUE AGUILAR, Hipólito	Doméstico
283	S3Y016	III	AYALA QUINTANILLA, Karla Elizabeth	Comercial
284	S3Y017	III	LIMACHE CÁRDENAS, Mayquel Jhoel	Comercial
285	S3Y018	III	LIMACHE CÁRDENAS, Mayquel Jhoel	Comercial
286	S3Z001	III	ATAO MEDINA, Ruth	Comercial
287	S3Z002	III	ATAO MEDINA, Ruth	Comercial
288	S3Z003	III	FLORES GARCÍA, Teodosio	Comercial
289	S3Z004	III	CISNEROS CERVANTES DE LAZO, Justina	Comercial
290	S3Z005	III	ROMANÍ PACHECO, Digna	Comercial
291	S3Z006	III	FLORES BAÑICO, Javier Claver	Comercial
292	S3Z007	III	CENTENO, Mauro	Comercial
293	S3Z008	III	LABRA QUISPE, Mateo	Doméstico
294	S3Z009	III	RAMOS PRADO, Rafael	Comercial
295	S3Z010	III	LIMACHE CÁRDENAS, Rosario	Comercial
296	S3Z011	III	LEÓN GALINDO, Teodosio	Doméstico



297	S3A1001	III	B.C.T. N° 042 - MOQUEGUA	Estatal
298	S3B1001	III	HUAMÁN SALAZAR, Tania	Doméstico
299	S3C1001	III	HUALLASCO ÑAUPA, Julianio	Doméstico
300	S3C1002	III	GAVILÁN BORDA, Carlos Atilio	Doméstico
301	S3C1003	III	CORONADO HUILLCAMEZA, Pedro	Doméstico
302	S3C1004	III	CABRERA ARANA, Yudith	Doméstico
303	S3D1001	III	HUAMÁN LLANTOY, Serafín	Doméstico
304	S3D1002	III	CABRERA GARAGUNDO, Kevin Edison	Comercial
305	S3D1003	III	BERMUDO AGUILAR, Federico	Doméstico
306	S3D1004	III	SOTO RAMOS, Fermín	Doméstico
307	S3D1005	III	ASTUPILLO AROSTA, Antonio	Doméstico
308	S4O1001	IV	Faustina	Doméstico
309	S4O1001A	IV	ROQUE ATAUSI, Carlota	Doméstico
310	S4O1002	IV	CURO RAMOS, Juan	Doméstico
311	S4O1003	IV	ÑAUPA LLANTOY, Aydée	Doméstico
312	S4O1004	IV	BERMUDO SANTIAGO, Hilda	Doméstico
313	S4O1005	IV	MUÑOZ IZAGUIREE, Galia Aydée	Doméstico
314	S4O1006	IV	CORONADO GUTIÉRREZ, Mirian	Doméstico
315	S4O1007	IV	PALOMINO BERMUDO, Karina Pamela	Doméstico
316	S4O1008	IV	MOLINA LÓPEZ, Nikerlyn	Doméstico
317	S4O1009	IV	ROMANÍ PACHECO, Yoder	Comercial
318	S4O1010	IV	GUTIÉRREZ ASTUPILLO, Lucila Albina	Doméstico
319	S4O1011	IV	VIVANCO LUDEÑA, Alejandro	Doméstico
320	S4O1012	IV	RODRÍGUEZ HUILLCA, Wilber	Doméstico
321	S4O1013	IV	GARRIDO MARÍN, Segundo Leopoldo	Doméstico
322	S4O1014	IV	CASTRO URRIBURÚ, Noemí	Doméstico
323	S4O1015	IV	PALOMINO TITO, Federico	Doméstico
324	S4O1016	IV	CENTENO PEÑAFIEL, Yola	Doméstico
325	S4O1017	IV	VILLAR QUISPE, Edwin	Doméstico
326	S4O1018	IV	CANAVIS ARAUJO, Roti	Doméstico
327	S4O1019	IV	TAYPE LIMAQUISPE, Gustavo	Doméstico
328	S4O1020	IV	HERRERA POCOCINO, Percy	Doméstico
329	S4O1020A	IV	HERRERA POCOCINO, Jhon	Doméstico
330	S4O1021	IV	HERRERA TAIPE, Enrique	Doméstico
331	S4O1024	IV	HUINCHO CAMASCA, Marta Segundina	Doméstico
332	S4O1025	IV	BARRA ARONI, Roberto	Doméstico
333	S4Q1001	IV	I.E. Primaria	Estatal
334	S4Q1002	IV	I.E. Secundaria	Estatal
335	S4Q1003	IV	I.E. Inicial N° 400	Estatal
336	S4W1003	IV	MEDRANO ASPUR, Carlos	Doméstico
337	S4W1004	IV	BERMUDO LÓPEZ, Mary Luz	Doméstico
338	S4X1001	IV	ROMERO HUICHO, Marisol	Comercial
339	S4X1002	IV	ENCISO MALLQUI, Ayde	Doméstico
340	S4X1003	IV	VILLAR DÍAZ, Luz Karen	Doméstico
341	S4X1004	IV	AQUILAR TAIPE, Mardonio	Doméstico
342	S4X1005	IV	ESCOBAR OSATA, Marilú	Doméstico
343	S4X1008	IV	CENTENO SÁNCHEZ Mario	Doméstico
344	S4X1009	IV	LAZO UNTIVEROS, Rosmery	Doméstico
345	S4X1010	IV	QUISPE QUISPE, Wiliam	Doméstico
346	S4X1011	IV	CONDORI QUISPE, Sandra	Doméstico



347	S4X1012	IV	LLOCLLA ZAGA, Máximo	Doméstico
348	S4X1013	IV	GARCÍA LUDEÑA, Marisol	Doméstico
349	S4X1014	IV	LEÓN HUAYANAY, Eraclia	Doméstico
350	S4X1015	IV	BERMUDO DE LA CRUZ, Jesús	Doméstico
351	S4X1016	IV	LAZO UNTIVEROS, Alexander Kenyo	Doméstico
352	S4X1017	IV	LAZO CISNEROS, Jhony	Doméstico
353	S4B2004A	IV	PARIONA CHÁVEZ, Zenobio	Doméstico
354	S4B2004B	IV	ARANZA CURO, Audoberta	Doméstico
355	S4B2005	IV	ARONE MARTÍNEZ, Victoria	Doméstico
356	S4B2006	IV	SICHA PARIONA, Cirila	Doméstico
357	S4B2007	IV	GALINDO BARRETO, Elio (Hospedaje)	Comercial
358	S4B2008	IV	GALINDO BARRETO, Elio	Doméstico
359	S4C2001	IV	CURO VIVANCO, Dana	Doméstico
360	S4C2002	IV	VIVANCO LUDEÑA, Eusebia	Doméstico
361	S4C2003	IV	BETALLELUZ GUTIÉRREZ, Virgilio	Doméstico
362	S4C2004	IV	MÉNDEZ GUTIÉRREZ, Alitza	Doméstico
363	S4C2005	IV	AYALA SALAZAR, Celestino	Comercial
364	S4C2006	IV	CASTRO MEDONZA, Rosario	Doméstico
365	S4C2007	IV	CASTILLO HUAMÁN, César	Doméstico
366	S4C2008	IV	ORÉ CORONADO, Walter	Comercial
367	S4C2009	IV	MALLMA ROJAS, Donatilda	Doméstico
368	S4C2010	IV	ORIHUELA AROTOMA, Jack Jerico	Doméstico
369	S4C2011	IV	BARBOZA CISNEROS, Walter	Comercial
370	S4C2012	IV	NOLASCO SÁNCHEZ, Alicia	Doméstico
371	S4F2001	IV	ACEVEDO PÉREZ, Juanita Camila	Comercial
372	S4F2002	IV	MALLMA ROJAS, Donatilda	Comercial
373	S4F2003	IV	MALLMA ROJAS, Donatilda	Doméstico
374	S4F2004	IV	LIMACHE CÁRDENAS, Abelardo	Comercial
375	S4F2005	IV	VITOR CRESPO, Edwin	Comercial
376	S4F2006	IV	BAUTISTA MUNIVE, Magno Santos	Doméstico
377	S4F2007	IV	MISARES ROMANÍ, Claudio	Comercial
378	S4F2008	IV	RAMIREZ CABRERA, Herlinda	Doméstico
379	S4F2009	IV	BERROCAL SÁNCHEZ, Hilda	Comercial
380	S4F2010	IV	ÑAUPA LLANTOY, Sonia	Comercial
381	S4F2011	IV	HUAMÁN TABOADA, Edgar	Doméstico
382	S4F2012	IV	YARANGA INFANTE, Julia	Doméstico
383	S4F2013	IV	PACHECO BERMUDO, Zulma	Doméstico
384	S4F2015	IV	QUISPE RAYMUNDEZ, Wilfredo	Doméstico
385	S4F2016	IV	HERRERA LEÓN, Romy	Doméstico
386	S4F2017	IV	MORALES AGUILAR, Abdón	Doméstico
387	S4F2018	IV	MERCADO FABIÁN, Medalit Mercedes	Doméstico
388	S4F2019	IV	SÁNCHEZ CRUZADO, José David	Doméstico
389	S4F2021	IV	SÁNCHEZ CRUZADO, José David	Doméstico
390	S4G2001	IV	SANTIAGO AMAO, Amador	Doméstico
391	S4G2002	IV	CCAHUANA LÓPEZ, Constantina	Doméstico
392	S4G2003	IV	HUAMÁN MORA, Zaida Zunilda	Doméstico
393	S4G2004	IV	BERMUDO BETALLELUZ, Evelin Ninosca	Doméstico
394	S4G2005	IV	ORDÓÑEZ CORONADO, Victoria	Doméstico
395	S4G2006	IV	BETALLELUZ ORDÓÑEZ, Rosa	Doméstico
396	S4G2007	IV	CASTILLO JAIMES, Delina Silvia	Doméstico



397	S4G2008	IV	BARBOZA VELASQUE, Serly	Doméstico
398	S4H2001	IV	ESPINOZA CCOCHACHI, Yaneth	Doméstico
399	S4H2002	IV	HUAYRA JAUCHA, Nestor	Doméstico
400	S4H2003	IV	ROMANÍ CARRANZA, Cirila	Doméstico
401	S4H2004	IV	FIGUEROA ARESTE, Dinza	Doméstico
402	S4H2005	IV	PARIONA MUÑOZ, Wilder	Doméstico
403	S4H2006	IV	BERROCAL CÓNDOR, Edith	Doméstico
404	S4H2007	IV	RODRÍGUEZ HUILLCA, Wilber	Doméstico
405	S4H2008	IV	ARAUJO RIVEROS, Rosario Lizbeth	Doméstico
406	S4J2001	IV	NUÑEZ HUARCAYA, David	Doméstico
407	S4J2002	IV	RAMOS ARCOS, Roberto Carlos	Doméstico
408	S4J2003	IV	FLORES QUISPE, Carlos	Comercial
409	S4J2004	IV	LAGOS MINAYA, Yolanda	Comercial
410	S4J2005	IV	DÍAZ UNTIVEROS, Lili Rocío	Doméstico
411	S4J2006	IV	ROMANÍ MOREYRA, Fisher	Doméstico
412	S4J2007	IV	CORONADO LÓPEZ, Olga	Doméstico
413	S4J2008	IV	RENOJO LEÓN, Óscar	Doméstico
414	S4K2001	IV	GAMBOA CONDORAY, Zenayda	Comercial
415	S4K2005	IV	SOTO HUAMÁN, Hubert Moisés	Comercial
416	S4K2006	IV	CURO HUAYRA, Alicia Lizbeth	Doméstico
417	S4K2007	IV	HUAMÁN VILCATOMA, Rodolfo	Doméstico
418	S4K2008	IV	RODRIGUEZ ÑAUPA, María Luz	Doméstico
419	S4K2009	IV	CURO OLIVARES, Faviana Paola	Doméstico
420	S4K2010	IV	ROJAS QUISPE, Narciso	Doméstico
421	S4K2011	IV	LEÓN BENDEZÚ, Zulma	Doméstico
422	S4K2017	IV	SOTO GAMBOA, Pedro Luís	Doméstico
423	S4M2001A	IV	QUISPE MARTÍNEZ, Isabel	Doméstico
424	S4M2001B	IV	QUISPE MARTÍNEZ, Cipriana	Comercial
425	S4M2001C	IV	PAREDES GASGA, Leoncio	Doméstico
426	S4M2001D	IV	BARBOZA CCASANI, Emilio	Doméstico
427	S4M2002	IV	IGLESIA PENTECOSTAL UNIDA DEL PERÚ - CANAYRE	Social
428	S4M2003	IV	CARTOLÍN TICLLA, Godolfredo	Doméstico
429	S4M2006	IV	SALAZAR HUAMANÍ, Jaime	Comercial
430	S4M2013	IV	ACEVEDO OSORIO, Felipe Isaac	Doméstico
431	S4M2014	IV	QUISPE CABRERA, Karem	Doméstico
432	S4M2015	IV	RAMOS ESTRADA, Ángel Branny	Doméstico
433	S4M2016	IV	CAYETANO CURO, Moisés	Doméstico
434	S4M2017	IV	ROMANÍ BORDA, Adrián	Doméstico
435	S4N2001	IV	DELGADILLO RUÍZ, Yaneth	Doméstico
436	S4N2002	IV	MALLMA ROJAS, Máximo	Comercial
437	S4N2003	IV	RODRÍGUEZ POTOSINO, Rocío	Comercial
438	S4N2004	IV	NALVARTE CÁRDENAS, Oliver	Comercial
439	S4N2005	IV	CORONADO LEÓN, Ninfa	Comercial
440	S4N2006	IV	LIMACHE MURILLO, Kelion Dennis	Comercial
441	S4N2007	IV	DÍAZ YARANGA, Carlos	Comercial
442	S4N2009	IV	OSCCO LEGUÍA, Renée	Doméstico
443	S4X2001	IV	PÉREZ ALIAGA, Herminia	Doméstico
444	S4X2002	IV	QUISPE CURO, Zacarías	Doméstico
445	S4X2003	IV	TALAVERA ALIAGA, Inés Marisol	Doméstico
446	S4X2004	IV	BRUCIL PIZARRO, Antonio	Comercial



447	S4X2005	IV	PÉREZ SILVESTRE, Alexander Frank	Doméstico
448	S4X2006	IV	UNTIVEROS BARBOZA, Maritza	Doméstico
449	S5A001	V	PEÑA HUAMÁN, Dominga	Doméstico
450	S5A002	V	LIMACO TORRES, Edgar	Doméstico
451	S5A003	V	SULCA MÉNDEZ, Reyna	Doméstico
452	S5A004	V	QUILLCA ILLANES, Gregorio	Doméstico
453	S5A005	V	DE LA CRÚZ ACUÑA, Godofredo	Doméstico
454	S5A006	V	BERMUDO FERNÁNDEZ, Zoraida	Doméstico
455	S5A007	V	CONGA QUISPE, Karina	Doméstico
456	S5A008	V	ESPINOZA CCOCHACHI, Jaime Javier	Comercial
457	S5A009	V	BARBOZA CISNEROS, Miqueas	Comercial
458	S5A010	V	LIMACHE CÁRDENAS, Adina	Comercial
459	S5A011	V	YANCE GUEVARA, Anamelba	Comercial
460	S5A012	V	CASTRO URRIBURU, Zayda	Comercial
461	S5A013	V	LAZO CAMASI, Honora	Comercial
462	S5B001	V	CRUZ ARAUJO, Alberto Carlos	Doméstico
463	S5B002	V	CAMASI CURO, Feliciano	Comercial
464	S5B003	V	AVILES CASTRO, Ramón	Doméstico
465	S5B004	V	BARRIAL HUAMÁN, Leo Miguel	Doméstico
466	S5B005	V	HERRERA DE BETALLELUZ, Edita	Doméstico
467	S5B006	V	BARBOZA CCASANI, Emilio	Doméstico
468	S5B007	V	PAYAJO HERRERA, Eni	Comercial
469	S5B008	V	PARIONA PAREDES, Leonilda	Doméstico
470	S5B009	V	ROMANÍ PACHECO, Rosalia	Comercial
471	S5B010	V	RAMOS ARCOS, Hilda Gloria	Comercial
472	S5B011	V	HUAYANAY HERRERA, Hilda	Comercial
473	S5B012	V	VILLANUEVA DELGADILLO, Betzaida	Doméstico
474	S5B013	V	PALOMINO GARCÍA, Emilio	Comercial
475	S5B014A	V	CORONADO MORALES, Yuliza	Comercial
476	S5B014B	V	TAQUIA LIMACHE, Jhon Jheldon	Doméstico
477	S5B015	V	CUADROS BENDEZÚ, David	Doméstico
478	S5B016	V	LÓPEZ HUAMÁN, Fortunita	Doméstico
479	S5B017	V	LÓPEZ PACHECO, Mirian	Doméstico
480	S5C001	V	ROMANÍ BORDA, Augusto	Comercial
481	S5C002	V	ORDOÑEZ SÁNCHEZ, Dina	Doméstico
482	S5C003	V	HUAYLLASCO DÍAZ, Oswaldo	Doméstico
483	S5C004	V	CUSICHE LÓPEZ, Tomás	Doméstico
484	S5C005	V	LÓPEZ PARIONA, Madai Raquel	Doméstico
485	S5C006	V	TAQUIA LIMACHE, Jhon Jheldon	Comercial
486	S5C007	V	GUTIÉRREZ MANCILLA, Doris	Doméstico
487	S5C008	V	DÍAZ LIZANA, Rubén Toribio	Comercial
488	S5C009	V	QUISPE HERRERA, Nélida	Doméstico
489	S5C010	V	HERRERA FIGUEROA, Teodor	Doméstico
490	S5C011	V	HUAYLLASCO DÍAZ, Oswaldo	Doméstico
491	S5C012	V	QUILLCA ILLANES, Teodora	Doméstico
492	S5D001	V	SALAZAR GARAY, Mansueto Gabino	Doméstico
493	S5D003	V	BARBOZA GARAGUNDO, Jhon	Doméstico
494	S5D005	V	MALLQUI CRESPO, Jesús	Doméstico
495	S5D008	V	CASTRO MENDOZA, Rosario	Doméstico
496	S5D009	V	CASTRO MENDOZA, Rosa	Doméstico





497	S5D013	V	CUSICHE LÓPEZ, Santiago	Doméstico
498	S5D014	V	BETALLELUZ GUTIÉRREZ, Gilberto	Doméstico
499	S5D015	V	ROJAS FLORES, Noemí	Doméstico
500	S5D016	V	BERMUDO AGUILAR, Federico	Doméstico
501	S5E001	V	BENDEZÚ MIGUEL, Leonardo	Doméstico
502	S5E002	V	GÁLVEZ AGUIRRE, Toribio	Doméstico
503	S5E003	V	PALOMINO BENDEZÚ, Ruth	Doméstico
504	S5E008	V	HUAYLLASCO DÍAZ, Juan	Doméstico
505	S5E009	V	VARGAS JANAMPA, Elva	Doméstico
506	S5E010	V	CRISPÍN SÁNCHEZ, Carmen Rosa	Doméstico
507	S5E011	V	ACEVEDO CONDORI, Beatriz	Doméstico
508	S5E012	V	ECHACCAYA CHÁVEZ, Diego	Doméstico
509	S5E013	V	RODRIGUEZ POTOSINO, Pilar	Comercial
510	S5E014	V	RODRIGUEZ FIGUEROA, Froilan	Doméstico
511	S5E015	V	MALLQUI CRESPO, Jesús	Doméstico
512	S5F001	V	FERNÁNDEZ SANTILLANA, Maribel	Doméstico
513	S5F007	V	CUSICHE SOTO, Vilma Isabel	Doméstico
514	S5F008	V	LAPA PEÑAFIEL, Rufino	Doméstico
515	S5F009	V	HUAMÁN MUÑOZ, Melanio	Doméstico
516	S5H002	V	MONTES UNTIVEROS, Yovana	Doméstico
517	S5H003	V	CISNEROS HUILLCA, Edita	Doméstico
518	S5H004	V	CISNEROS GALINDO, Analí	Doméstico
519	S5H006	V	GONZALES CHÁVEZ, Lorenzo	Doméstico
520	S5H007	V	PARAGUAY MONTES, Mauricio	Doméstico
521	S5H008	V	ARONE OLANO, Norma Yanet	Doméstico
522	S5H012	V	LAUREANO ROMANÍ, Rossy Ángela	Doméstico
523	S5H013	V	LAGOS CASTRO, Teodosia	Doméstico
524	S5H018	V	QUISPE MARTÍNEZ, Elena	Doméstico
525	S5I001	V	LOAYZA SACHA, María	Doméstico
526	S5I002	V	LLOCCLLA CORONADO, Miriam	Doméstico
527	S5I004	V	QUINTANILLA MORÁN, Pascuala Ignacia	Doméstico
528	S5I008	V	ROMANÍ UNTIVEROS, Abigail	Doméstico
529	S5I009	V	BERMUDO ARONES, Ruth Mery	Doméstico
530	S5I011	V	FERNÁNDEZ ABREGÚ, José	Doméstico
531	S5I013	V	FIGUEROA GUERREROS, Moisés	Doméstico
532	S5I014	V	CHACHAYMA QUISPE, Javier	Doméstico
533	S5I015	V	CASAFRANCA RIVAS, Ronald Máximo	Doméstico
534	S5I015A	V	LOAYSA SACHA, María	Doméstico
535	S5I016	V	CONDORI PÉREZ, Alfredo	Doméstico
536	S5J001	V	QUISPE CÓNDROR, Segundino	Doméstico
537	S5J003	V	ESPINOZA CCOCHACHI, Dolores	Doméstico
538	S5J004	V	VALENCIA RIMACHI, Marcelina	Doméstico
539	S5J005	V	ALCAHUAMÁN LAPA, Norma	Doméstico
540	S5J005A	V	ARROYO DE LUJÁN, Justina	Doméstico
541	S5J005B	V	PEÑALOZA TAPE, Ruth Inés	Doméstico
542	S5J005C	V	MENDOZA QUISPE, Mirian Mónica	Doméstico
543	S5J005D	V	BERMUDO FERNÁNDEZ, Jhony	Doméstico
544	S5J006	V	PACHECO HUAMANÍ, Yaneth	Doméstico
545	S5J007	V	HUAMANÍ CARBAJAL, Marcelina	Doméstico
546	S5J008	V	VARGAS QUISPE, Rolly	Doméstico

547	S5J009	V	BETALLELUZ MONTES, Herlinda	Doméstico
548	S5J010	V	ARONI ASTO, Hilaria	Doméstico
549	S5J011	V	BERMUDO FERNÁNDEZ, Mariluz	Doméstico
550	S5K003	V	LAZO UNTIVEROS, Alexander Kenyo	Doméstico
551	S5K007	V	MARMOLEJO QUISPE, Edgar	Doméstico
552	S5K011	V	LAZO CALIXTO, Seferino	Doméstico
553	S5K012	V	HUILLCA MORA, Olga	Doméstico
554	S5K013	V	TORRES LLANTOY, Yenni	Comercial
555	S5L001	V	FERNÁNDEZ GAVILÁN, Marleny	Doméstico
556	S5L002	V	AMAO DE BERMUDO, Guillermina	Doméstico
557	S5L003	V	QUISPE TAIPE, Irena Edelmira	Doméstico
558	S5L004	V	GUTIÉRREZ QUISPE, Juan Carlos	Doméstico
559	S5L005	V	GUTIÉRREZ UNTIVEROS, Zacarías	Doméstico
560	S5L006	V	LÓPEZ PINEDA, Lucila	Doméstico
561	S5L007	V	GAMARRA ORTEGA, Gaudencio	Doméstico
562	S5L008	V	LEÓN HUAYANAY, Eraclia	Doméstico
563	S5L009	V	VELIZ DELZO, Henry Rocky	Comercial
564	S5M001	V	BARBOZA CONDORI, Máximo	Doméstico
565	S5M002	V	NALVARTE LUDEÑA, Marita	Doméstico
566	S5M003	V	BETALLELUZ ORDÓÑEZ, Hipólito Mauro	Doméstico
567	S5M006	V	GALINDO PEÑA, Marcelino (Lavadero)	Comercial
568	S5M008	V	GUTIÉRREZ QUISPE, Yaneth	Doméstico
569	S5N001	V	GALINDO PEÑA, Marcelino (Hospedaje)	Comercial
570	S5N002	V	BARRITO HUAMÁN, Ernestina	Doméstico
571	S5N003	V	TORRES DURÁN, Tania Pilar	Doméstico
572	S5N004	V	MADUEÑO VIVANCO, Flor	Doméstico
573	S5O001	V	Por regularizar	Doméstico
574	S5O001A	V	ORIGUELA HUAMÁN, Carlos	Doméstico
575	S5O002	V	MARQUINA MUÑOZ, Edmer	Doméstico
576	S5O003	V	OSCCO LEGUÍA, Ezequiel	Doméstico
577	S5O004	V	ESCALANTE ANGULO, Eduarda	Doméstico
578	S5O005	V	LEÓN BENDEZÚ, Zulma	Doméstico
579	S5O006	V	LLANTOY ESPINOZA, Roberto	Doméstico
580	S5O007	V	CASTRO NAVARRETE, Rosa Hilda	Comercial
581	S5O008	V	ROMANÍ UNTIVEROS, Yordy	Doméstico
582	S5O009	V	MADUEÑO VIVANCO, Lourdes	Doméstico
583	S5O010	V	SALAZAR HUAMANÍ, Jaime (Sra. Lourdes)	Doméstico
584	S5O011	V	CASTRO NAVARRETE, Kenny Érika	Comercial
585	S5O012	V	CHIMAYCO LAPA, Daniel	Doméstico
586	S5O013	V	RODRÍGUEZ BERMUDO, Mariluz	Doméstico
587	S5O014	V	RODRÍGUEZ BERMUDO, María Elva	Doméstico
588	S5R001	V	LLALLAHUI TINEO, Tito	Doméstico
589	S5R002	V	GUTIÉRREZ QUISPE, Herlinda Romelia	Doméstico
590	S5R003	V	QUISPE MORALES DE GUTIÉRREZ , Alicia	Doméstico
591	S5R004	V	GUTIÉRREZ QUISPE, Herlinda Romelia	Doméstico
592	S5S001	V	Establecimiento de salud-Canayre	Estatal
593	S5T001	V	GUTIÉRREZ QUISPE, José Luis	Doméstico
594	S5T002	V	ALVA RAMOS, Karina	Comercial
595	S5T003	V	TORRES GÓMEZ, Percy Fabián	Doméstico
596	S5T004	V	SALAZAR HUAMANÍ, Jaime (Portón rojo)	Doméstico



597	S5U003	V	VELASQUEZ PACHECO, Norma	Doméstico
598	S5U004	V	CALIXTO TAIPE, Donata	Doméstico
599	S5U006	V	VIVAR SOTO, Israel	Doméstico
600	S5U008	V	NALVARTE MONGE, Ana Yenni	Doméstico
601	S5U009	V	LIMACHE, Geremías	Doméstico
602	S5U010	V	GUZMÁN GÁLVEZ, Nelly	Comercial
603	S5U011	V	LECHE ESPINOZA, Juan	Doméstico
604	S5U013	V	TALAVERA URRIBURU, Edith	Doméstico
605	S5U014	V	QUISPE VILLAR, Efraín	Doméstico
606	S5U015	V	VELASQUEZ ORELLANA, Eloy Percy	Doméstico
607	S5U016	V	BERMUDO AMAO, Jhony	Doméstico
608	S5U017	V	QUINTE SANDOVAL, Yéssica Nélida	Doméstico
609	S5U018	V	NOLASCO SANDOVAL, Jhony	Doméstico
610	S5U019	V	QUINTE ISURRAGA, Leoncio Juan	Doméstico
611	S5U020	V	MONTES TAIPE, Anatolia	Doméstico
612	S5U022	V	TANTA VILLANTOY, José Luís	Doméstico
613	S5U023	V	MENDOZA PEÑA, Aurelia	Doméstico
614	S5U024	V	NALVARTE LUDEÑA, Edwin	Doméstico
615	S5U025	V	FERRÚA RUÍZ, Hugo	Doméstico
616	S5V001	V	LAUREANO LUDEÑA, Filomeno	Doméstico
617	S5V002	V	BERMUDO AMAO, Paulino	Doméstico
618	S5V003	V	GOZME ORÉ, Roxana	Doméstico
619	S5V004	V	SÁNCHEZ CRUZADO, Segundo Melciades	Doméstico
620	S5V005	V	GARAGUNDO SICHA, Marlene	Doméstico
621	S5V008	V	BARBOZA CISNEROS, Miqueas	Doméstico
622	S5V009	V	ORDOÑEZ SÁNCHEZ, Nery	Doméstico
623	S5V010	V	GARAY VÁSQUEZ, Gabriel	Doméstico
624	S5V012	V	VIVANCO LUDEÑA, Antonia	Doméstico
625	S5V013	V	LIMACHE MENDOZA, Emilia	Doméstico
626	S5V014	V	FLORES QUISPE, Carlos	Doméstico
627	S5V015	V	GALINDO BARRITO, Cledobina	Doméstico
628	S5V016	V	GALINDO PEÑA, Marcelino	Doméstico
629	S5V017	V	QUISPE NALVARTE, Pedro Celestino	Comercial
630	S5V018	V	MADUEÑO VILLAR, Rosmery	Doméstico
631	S5V019	V	CORONADO HUILLCAMEZA, Emilio	Doméstico
632	S5V020	V	MEDINA CUSICHE, Armando	Doméstico
633	S5V022	V	LAUREANO LUDEÑA, Filomeno	Doméstico
634	S5V023	V	BERMUDO SANTIAGO, Teodolinda	Doméstico
635	S5V024	V	LLANOS DE LA CRUZ, José Luís	Doméstico
636	S5V025	V	ORDOÑEZ SÁNCHEZ, Soledad Yarisa	Doméstico
637	S5V026	V	CAMASCA DE LA CRUZ, Olimpio	Doméstico
638	S5W008	V	AUCCATOMA CUCHO, Fortunita	Doméstico
639	S5W009	V	VILLANUEVA HUAMÁN, Javier	Doméstico
640	S5W010	V	MONTES TAYPE, Carmen	Doméstico
641	S5W011	V	MALLMA ROJAS, Remigio	Doméstico
642	S5W012	V	UNTIVEROS BARBOZA, Maritza	Doméstico
643	S5W013	V	CRUZ HUAMÁN, Alejandrina	Doméstico
644	S5Y007	V	ZÁRATE MANTARI, Joselin Yaneth	Comercial
645	S5Y008	V	GUTIÉRREZ QUISPE, Yaneth	Comercial
646	S5Y009	V	QUISPE MORALES DE GUTIÉRREZ, Alicia	Comercial



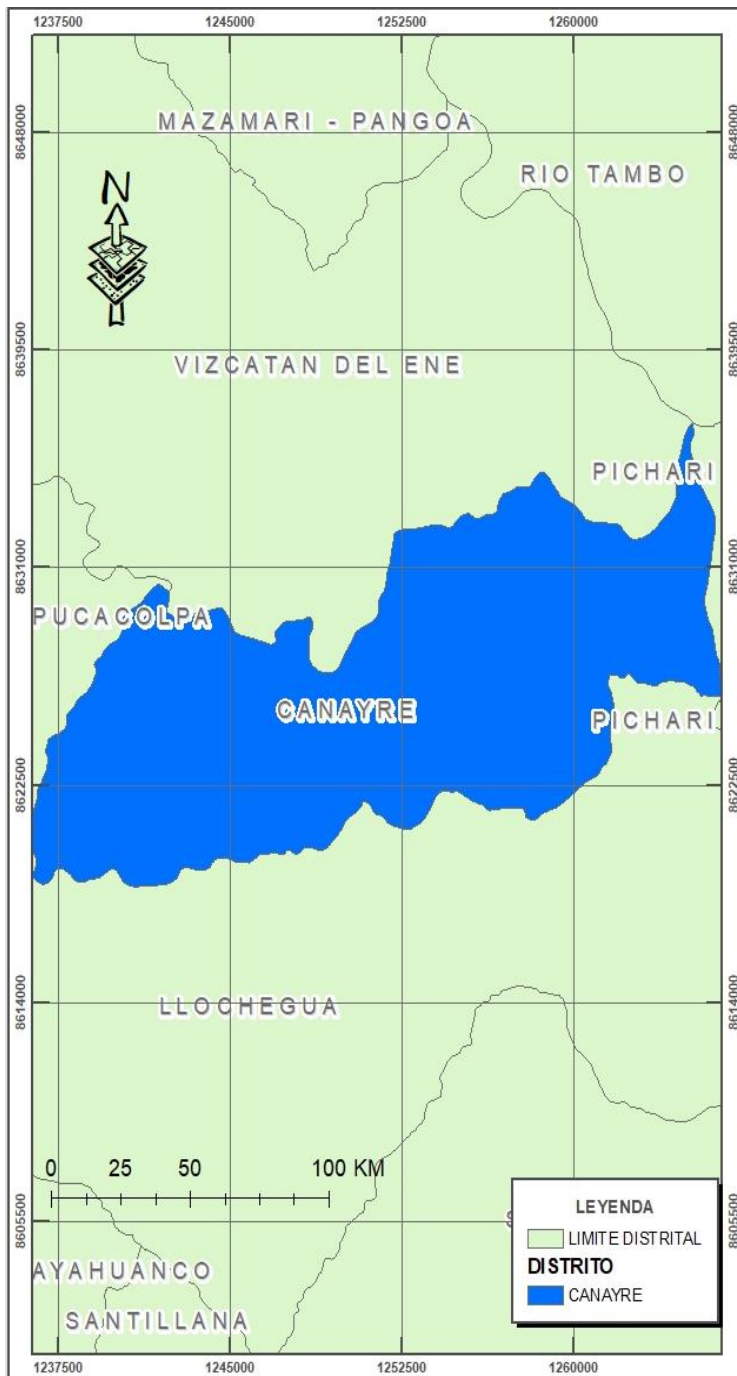
647	S5Y010	V	SOLIS ESPINOZA, Rocío soledad	Comercial
648	S5Y011	V	FLORES QUISPE, Yudid	Doméstico
649	S5Y012	V	LOAYZA PEÑAFIEL, Sofía	Doméstico
650	S5Y013	V	SALAZAR HUAMANÍ, Jaime Jhony (Local)	Comercial
651	S5Y014	V	GONZALES LÓPEZ, Lidia (Piscina)	Comercial
652	S5Y015	V	PEÑALOZA TAIPE, Óscar	Comercial
653	S5Y015A	V	MARTÍNEZ DÁVILA, Yolanda Vilma	Comercial
654	S5Y016	V	CUADROS LIZANA, Baselisa	Doméstico
655	S5Y017	V	LOAYZA PEÑAFIEL, Orlando	Doméstico
656	S5Y018	V	ZURITA GUERRERO, Esteban	Doméstico
657	S5Y019	V	ALFARO SICHA, Jursy	Comercial
658	S5Y020	V	CRESPO ESCAJADILLO, Mauro	Doméstico
659	S5Y021	V	LÓPEZ FLORES, Geraldo Germán	Comercial
660	S5Y022	V	GAMARRA ORTEGA, Gaudencio	Doméstico
661	S5F1001	V	VIGO VILLANUEVA, Santos Wilber	Doméstico
662	S5F1002	V	RAMOS ARCOS, Hilda Gloria	Doméstico
663	S5F1004	V	HUAMÁN SULCA, Jhonatan	Doméstico
664	S5F1005	V	LAYME GUTIÉRREZ, Reyna	Doméstico
665	S5F1006	V	PAREDES GASGA, Macedonio	Comercial
666	S5F1007	V	NALVARTE CÁRDENAS, Mardonio	Doméstico
667	S5F1008	V	Reforestación	Comercial
668	S5K1012	V	OLANO CERVANTES, Eberth	Doméstico
669	S5K1013	V	LÓPEZ CÁRDENAS, Carmen	Doméstico
670	S5K1014	V	CRUZ RAMÍREZ, Lidia Sonia	Doméstico
671	S5F2001	V	BENDEZÚ VICAÑA, Santa Isabel	Doméstico
672	S5F2002	V	RIVAS SANI, Trucios Onofre	Doméstico
673	S5F2003	V	BARBOZA BUSTAMANTE, Kabel	Comercial
674	S5F2004	V	PALOMINO BENDEZÚ, Russo	Doméstico
675	S5F2005	V	Planta procesadora de cacao - Canayre	Doméstico
676	S5K2001	V	Estación de Servicios "La Santa Cruz E.I.R.L."	Comercial
677	S5K2002	V	PALANTE CISNEROS, Diana	Comercial
678	S5K2003	V	PINEDA VILLAROEL, Edgar	Doméstico
679	S5K2004	V	PINEDA OVALLE, Velian Juvenal	Doméstico
680	S5K2005	V	HUAMÁN MORA, Zaida Zunilda	Doméstico
681	S5K2006	V	QUINTANILLA QUISPE, Wiliam Rubén	Comercial
682	S5K200A	V	ROMERO RODRÍGUEZ, Ausberto Fortunato	Doméstico
683	S5K2007	V	JANAMPA DE LA CRUZ, Henry	Comercial
684	S5K2008	V	HUAMÁN RIMACHI, Aydée	Doméstico
685	S5K2009	V	JANAMPA VARGAS, Elga	Doméstico
686	S5L2001	V	QUISPE RAYMUNDEZ, Wilfredo	Comercial
687	S5L2002	V	DE LA CRUZ PARE, Ely	Doméstico
688	S5L2003	V	Cooperativa Agraria Cafetalera "EL QUINACHO"	Doméstico
689	S5L2004	V	CERDÁN PALOMINO, Ruth Delia	Doméstico
690	S5L2005	V	CENTENO, Beatriz	Doméstico
691	S5L2006	V	CAPCHA ÁVILA, Juliana Yessenia	Doméstico
692	S6A001	VI	DE LA CRUZ GUTIÉRREZ, Célida	Doméstico
693	S6A002	VI	QUISPE NALVARTE, Pedro Celestino	Doméstico
694	S6A003	VI	CISNEROS GAMBOA, Fermín	Comercial
695	S6A004	VI	GARCÍA PALOMINO, Emilia	Doméstico
696	S6A005	VI	BERMUDO CISNEROS, Floriano	Doméstico



697	S6A006	VI	PAYAJO HERRERA, Ulda	Doméstico
698	S6A007	VI	QUISPE LAPA, Pelayo	Doméstico
699	S6A008	VI	CRESPO CISNEROS, Margoth	Doméstico
700	S6A009	VI	CRESPO MORALES, Nicolás	Doméstico
701	S6A010	VI	LLANCE GUEVARA, Anamelba	Doméstico
702	S6A011	VI	HERRERA QUISPE, Edita	Doméstico
703	S6A012	VI	IRUPAYLLA BERROCAL, Carlos	Doméstico
704	S6A013	VI	TINOCO CISNEROS, Alina Yuli	Comercial
705	S6A014	VI	LAZO CALIXTO, Seferino	Doméstico
706	S6A015	VI	CISNEROS DE CRESPO, Aurelia	Doméstico
707	S6A016	VI	BERMUDO, Moisés	Comercial
708	S6A017	VI	HUAYANAY CAMASI, Mario	Doméstico
709	S6A018	VI	BAUTISTA AGÜERO, Karina	Doméstico
710	S6A019	VI	ATAURIMA CURO, William	Doméstico
711	S6A020	VI	AGUILAR GUERRA, Diana	Doméstico
712	S6A021	VI	VARGAS UNTIVEROS, Jenrri	Doméstico
713	S6A022	VI	MORALES, Abdón	Doméstico
714	S6A023	VI	TAIPE DE HUANACO, Paulina	Doméstico
715	S6A024	VI	PRADO PALOMINO, Raida	Doméstico
716	S6A025	VI	MUÑOZ QUISPE, Sonia	Doméstico
717	S6A026	VI	Franklin	Doméstico
718	S6A027	VI	CRISPÍN VARGAS, Darío	Doméstico
719	S6A028	VI	CHUQUIYAURI LLIUYACC, Niquer	Doméstico
720	S6A029	VI	SÁNCHEZ CRUZADO, Segundo Melciades	Doméstico
721	S6A030	VI	CORONADO POMA, Demétrio	Doméstico
722	S6A031	VI	PIRCA FLORES, Lucía	Doméstico
723	S6A032	VI	CABRERA LUDEÑA, Nora Isabel	Doméstico
724	S6A033	VI	CAYETANO CURO, Moisés	Doméstico
725	S6A034	VI	ROMERO FARFÁN, Margarita	Doméstico
726	S6A035	VI	MANCILLA CÁRDENAS, Adela	Doméstico
727	S6A036	VI	ROMANÍ PACHECO, Digna	Doméstico
728	S6A037	VI	QUINTERO FLORES, Goyo	Doméstico
729	S6A038	VI	BETALLELUZ, Jhonatan	Doméstico
730	S6A039	VI	BETALLELUZ ORDOÑEZ, Agripino	Doméstico
731	S6A040	VI	VARGAS ARONÉS, Wagner	Doméstico
732	S6A041	VI	TORRES CASAS, Clén	Doméstico
733	S6B001	VI	BERMUDO VALENZUELA, Erasmo	Doméstico
734	S6B002	VI	Doris	Doméstico
735	S6B003	VI	BERMUDO CISNEROS, Yaneth	Doméstico
736	S6B004	VI	BERMUDO CISNEROS, Renán	Doméstico



ANEXO III
PLANOS



MAPA PERU



LIMITE PROVINCIAL



MAPA DE LOCALIZACION



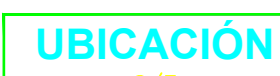
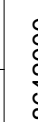
Elaboró: FERNANDO LICAS ESPINOZA

UNSCH - EPIA 12/08/2021

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA

World Geodetic System 1984 - UTM 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA



LONGITUD TOTAL DE TUBERÍAS

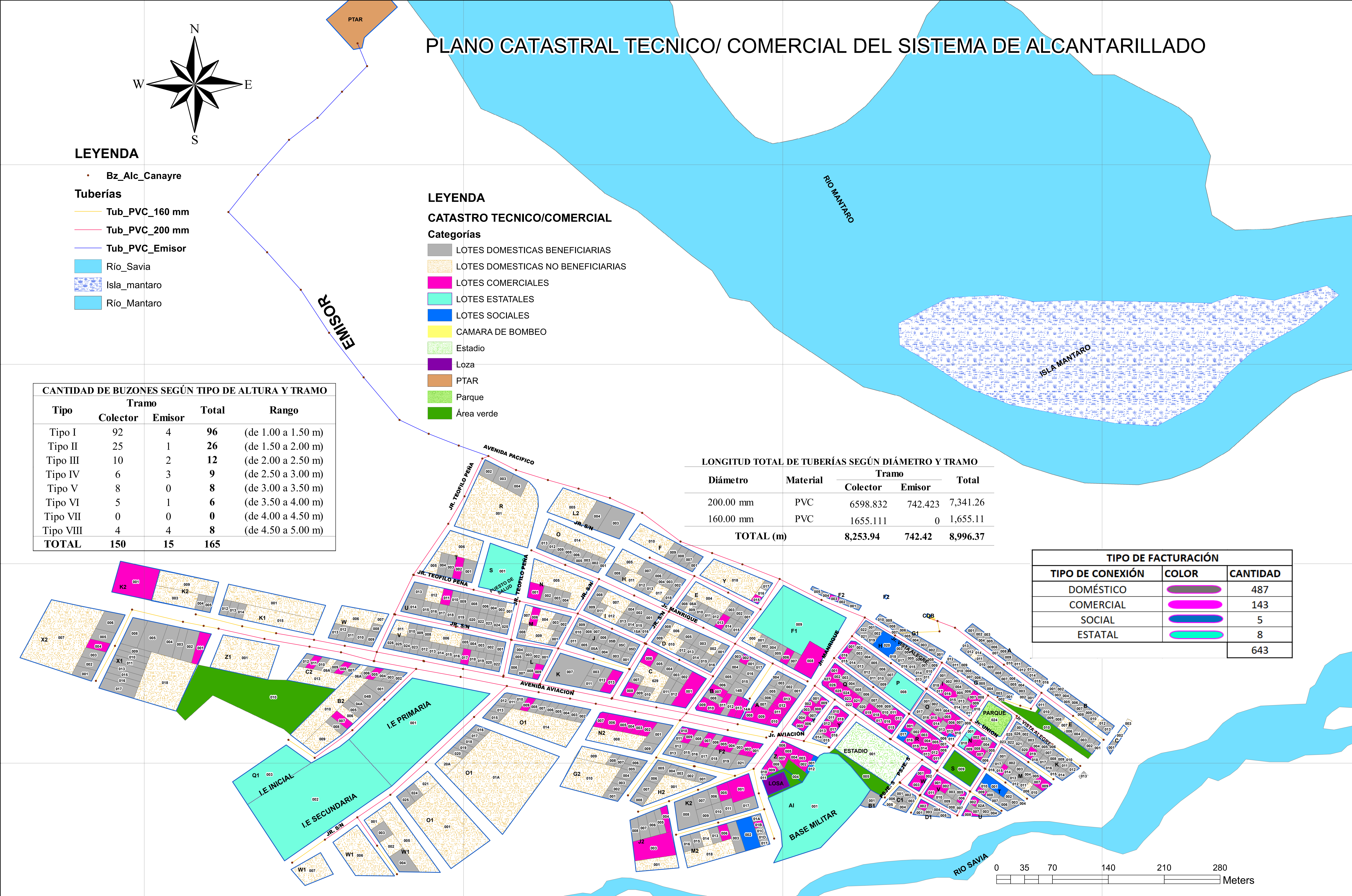
CANTIDAD TOTAL DE BUZONES

LEYENDA

LEYENDA



		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA	
TÍTULO:	Distrito: CANAYEH Provincia: FRUTILLA Departamento: AYACUCHO Escuela: 1.1000 Dibujo: ead-1000grapequi-Ancosis	PLANO : CLAVE: Plano N° ALC-01	
AUTOR:	M.Sr.C. JUAN CHAPAGUQUI ANCOSIS Bach. Licas Espinoza, D. Fernando	Fecha: JUNIO, 2022 Límina: 01 / 01	



LEYENDA

- Bz_Alc_Canayre
- Tuberías
 - Tub_PVC_160 mm
 - Tub_PVC_200 mm
 - Tub_PVC_Emisor
- Río_Savia
- Isla_mantaro
- Río_Mantaro

LEYENDA

CATASTRO TECNICO/COMERCIAL

- Categorías
- LOTES DOMESTICAS BENEFICIARIAS
 - LOTES DOMESTICAS NO BENEFICIARIAS
 - LOTES COMERCIALES
 - LOTES ESTATALES
 - LOTES SOCIALES
 - CAMARA DE BOMBEO
 - Estadio
 - Loza
 - PTAR
 - Parque
 - Área verde

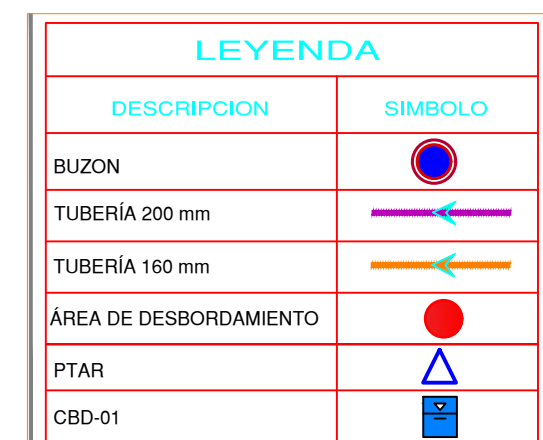
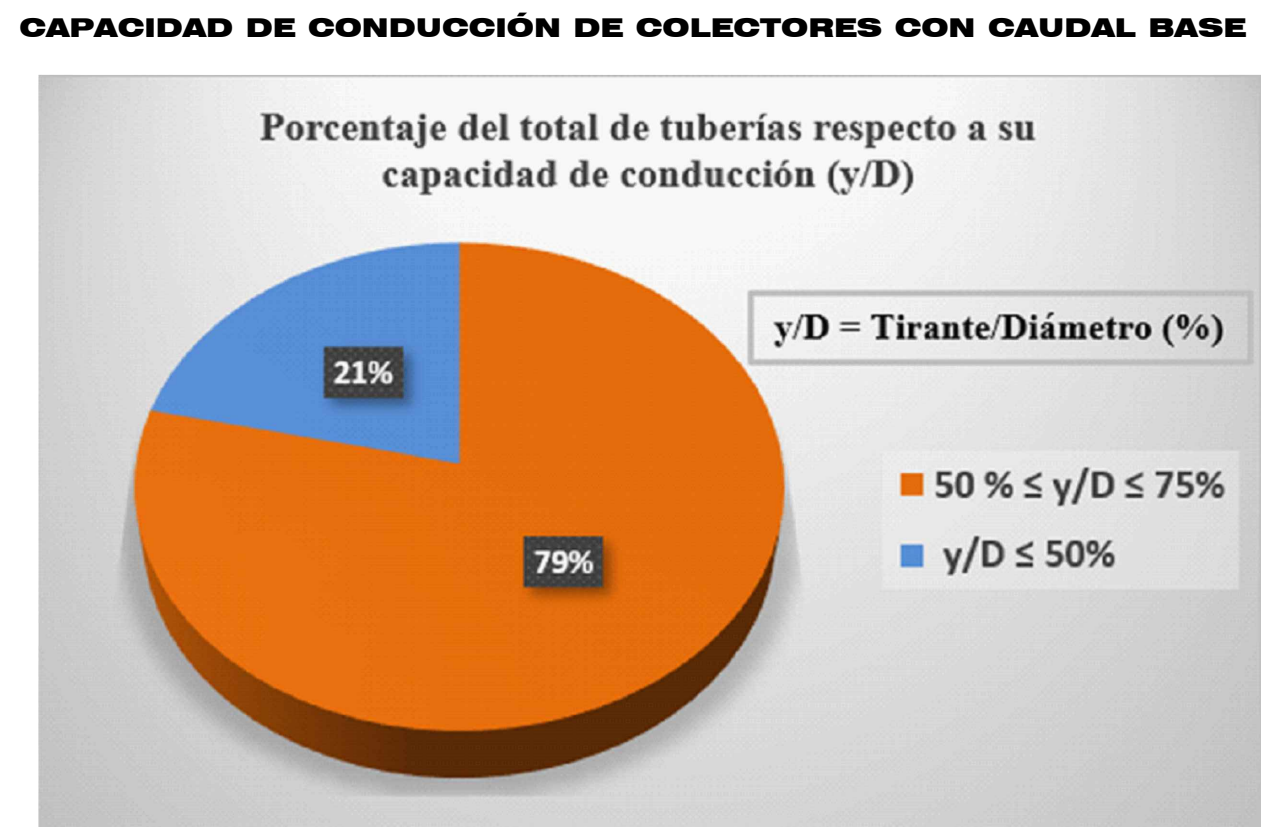
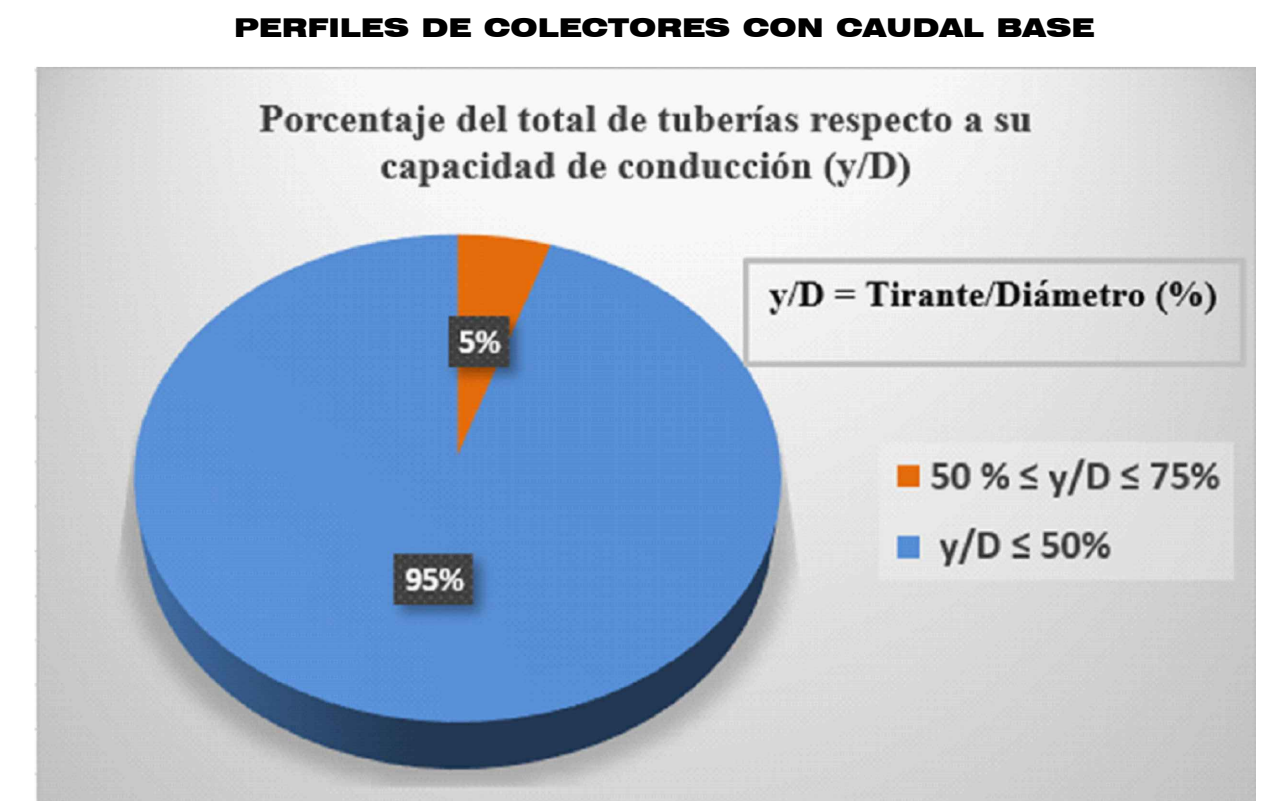
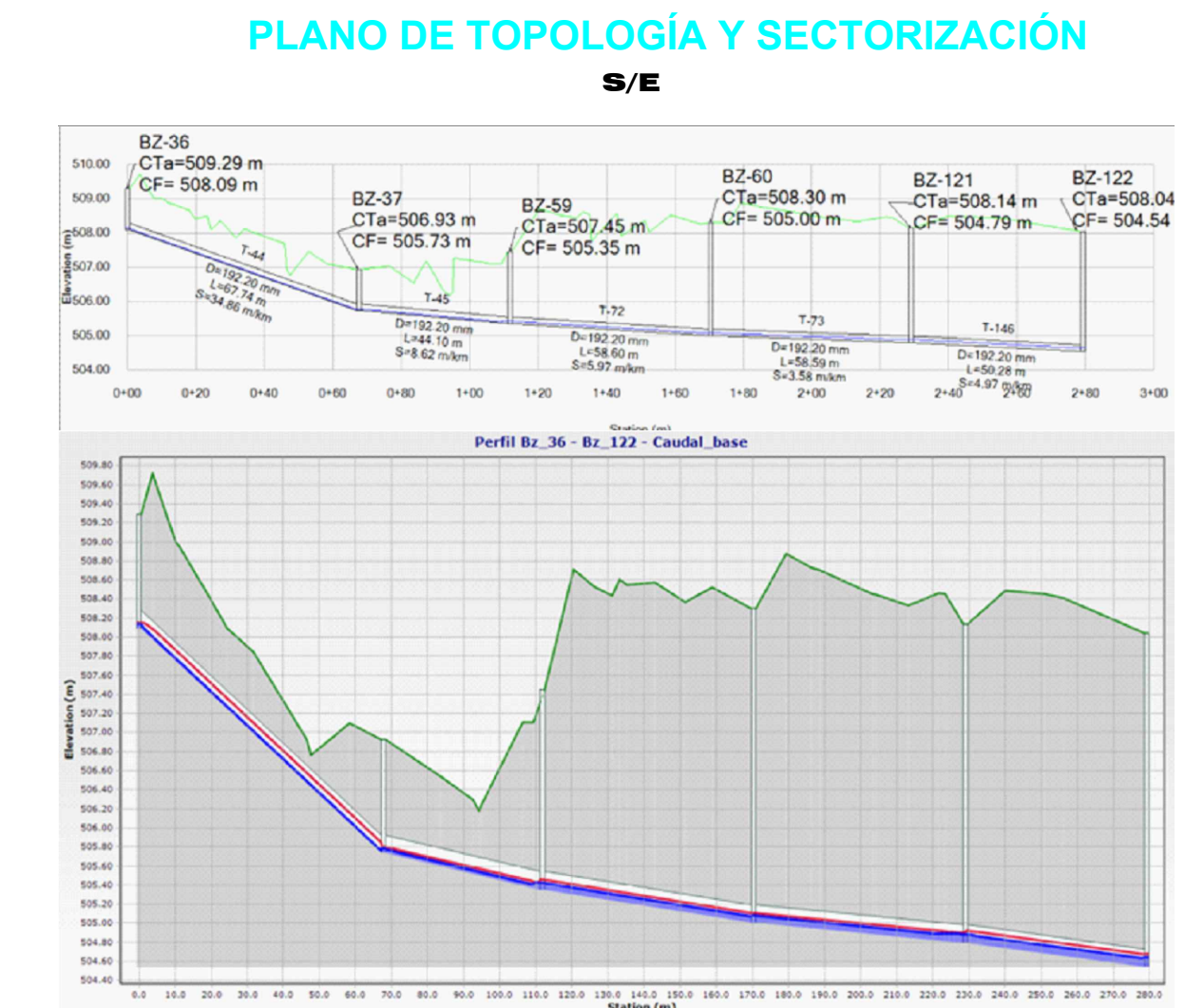
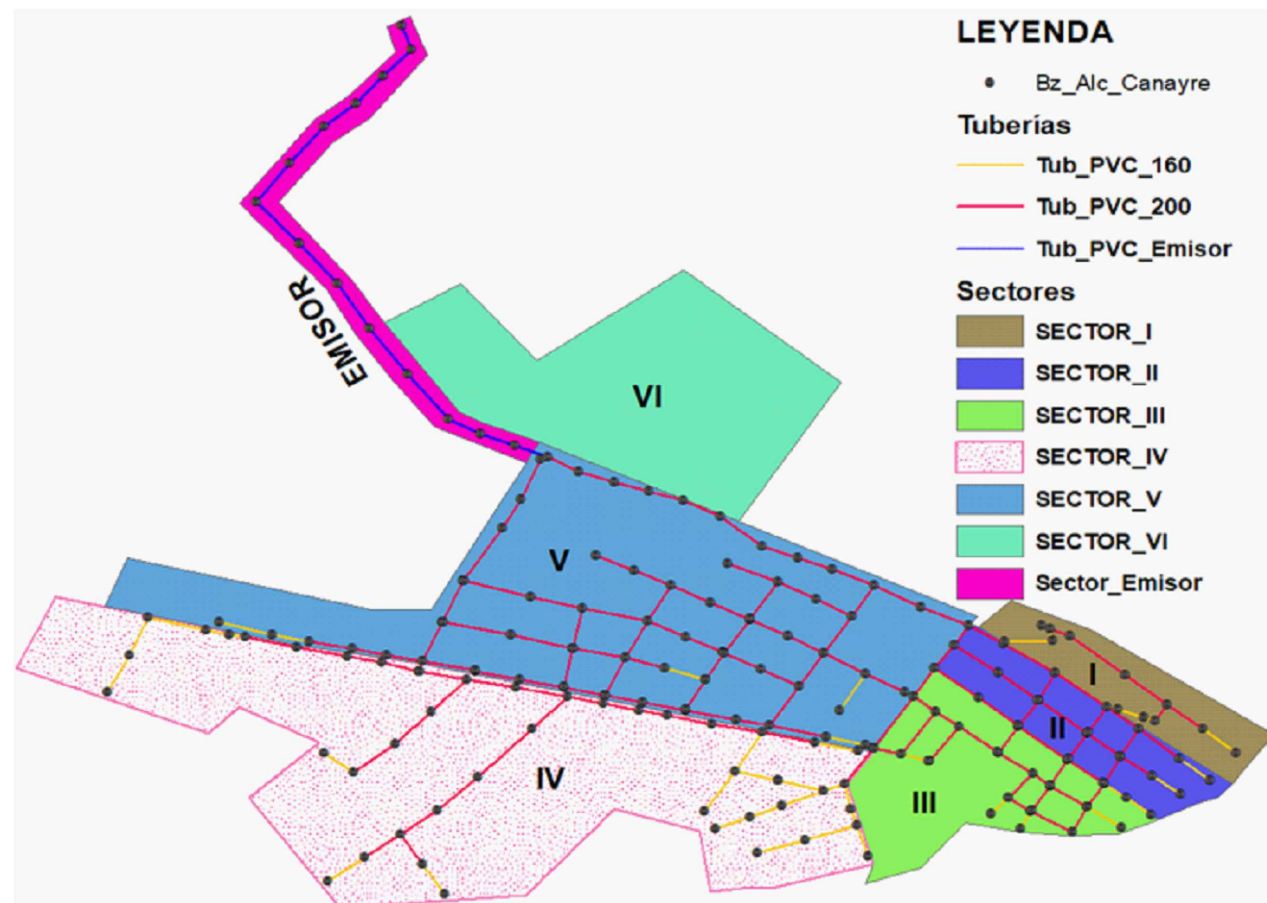
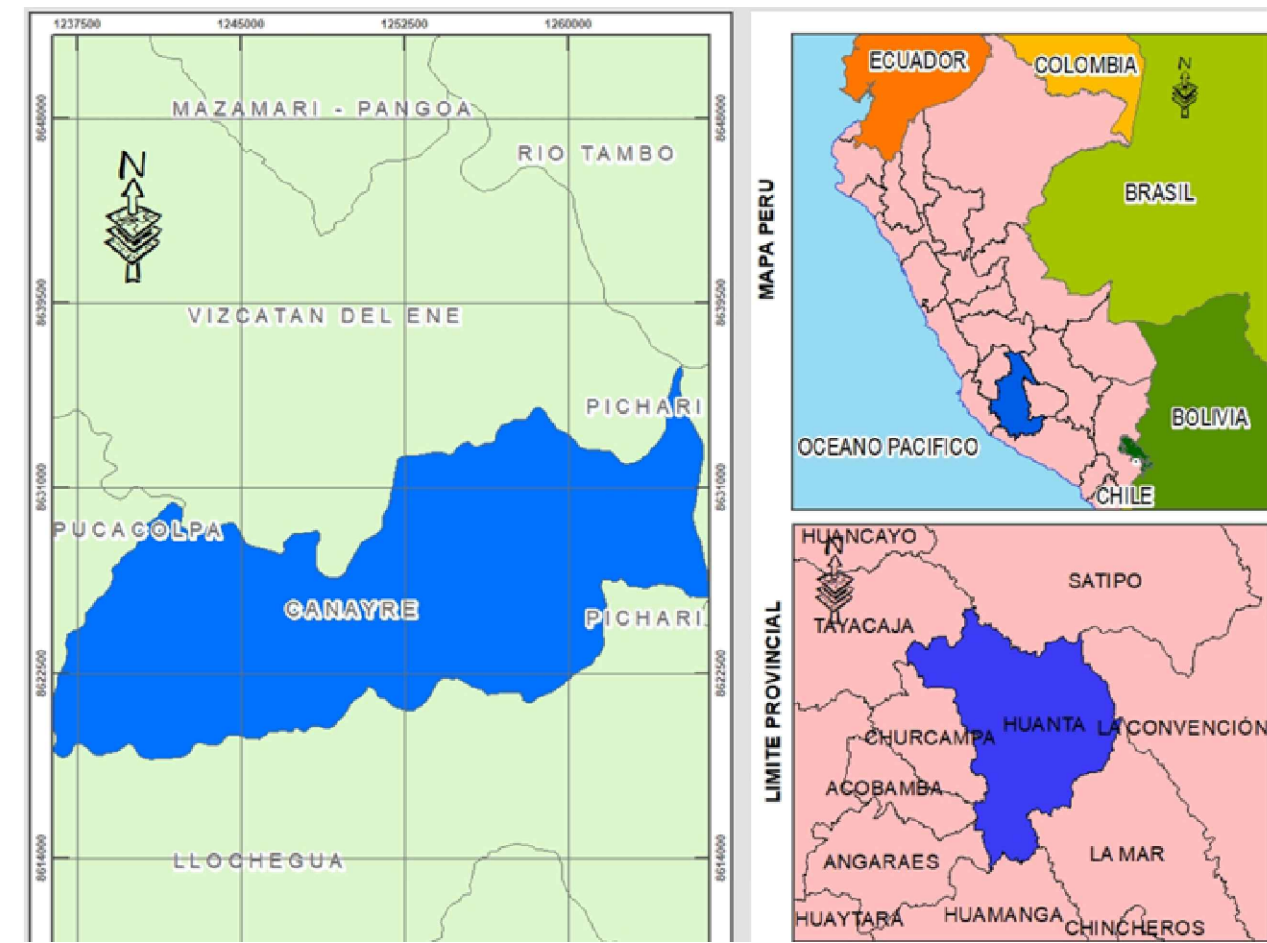
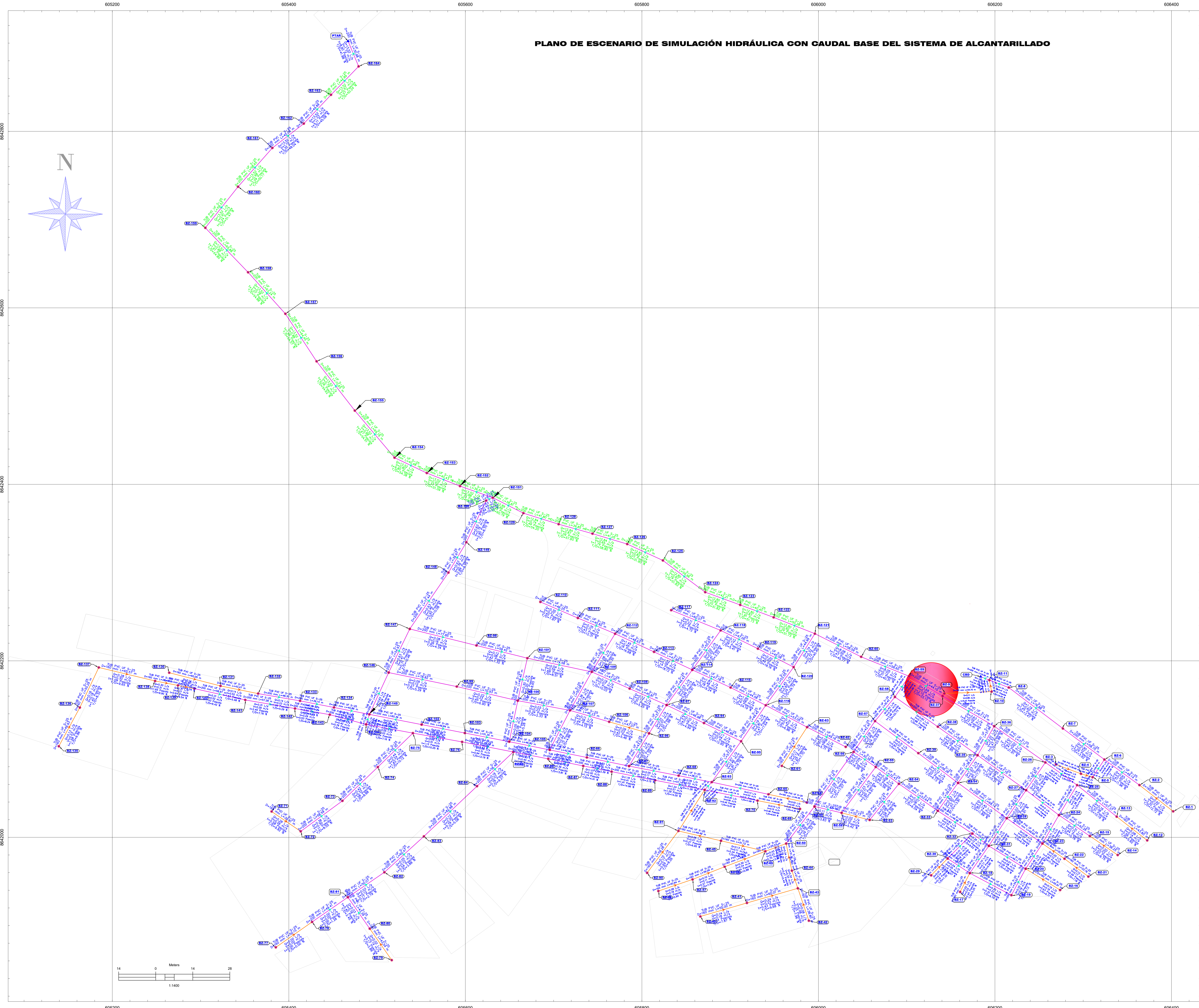
CANTIDAD DE BUZONES SEGÚN TIPO DE ALTURA Y TRAMO

Tipo	Tramo		Total	Rango
	Colector	Emisor		
Tipo I	92	4	96	(de 1.00 a 1.50 m)
Tipo II	25	1	26	(de 1.50 a 2.00 m)
Tipo III	10	2	12	(de 2.00 a 2.50 m)
Tipo IV	6	3	9	(de 2.50 a 3.00 m)
Tipo V	8	0	8	(de 3.00 a 3.50 m)
Tipo VI	5	1	6	(de 3.50 a 4.00 m)
Tipo VII	0	0	0	(de 4.00 a 4.50 m)
Tipo VIII	4	4	8	(de 4.50 a 5.00 m)
TOTAL	150	15	165	

LONGITUD TOTAL DE TUBERÍAS SEGÚN DIÁMETRO Y TRAMO

Diámetro	Material	Tramo		Total
		Colector	Emisor	
200.00 mm	PVC	6598.832	742.423	7,341.26
160.00 mm	PVC	1655.111	0	1,655.11
TOTAL (m)		8,253.94	742.42	8,996.37

TIPO DE FACTURACIÓN		
TIPO DE CONEXIÓN	COLOR	CANTIDAD
DOMÉSTICO		487
COMERCIAL		143
SOCIAL		5
ESTATAL		8
		643



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

Título: **MODELADO HIDRÁULICO Y CAPACIDAD HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL DISTRITO DE CANAYRE - AYACUCHO**

Plano: **PLANO DE SIMULACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO**

Departamento: **Ayacucho**

Provincia: **Huanta**

Distrito: **Canayre**

Lugar: **Canayre**

Fecha: **AÑO - 2023**

Escala: **1:1400**

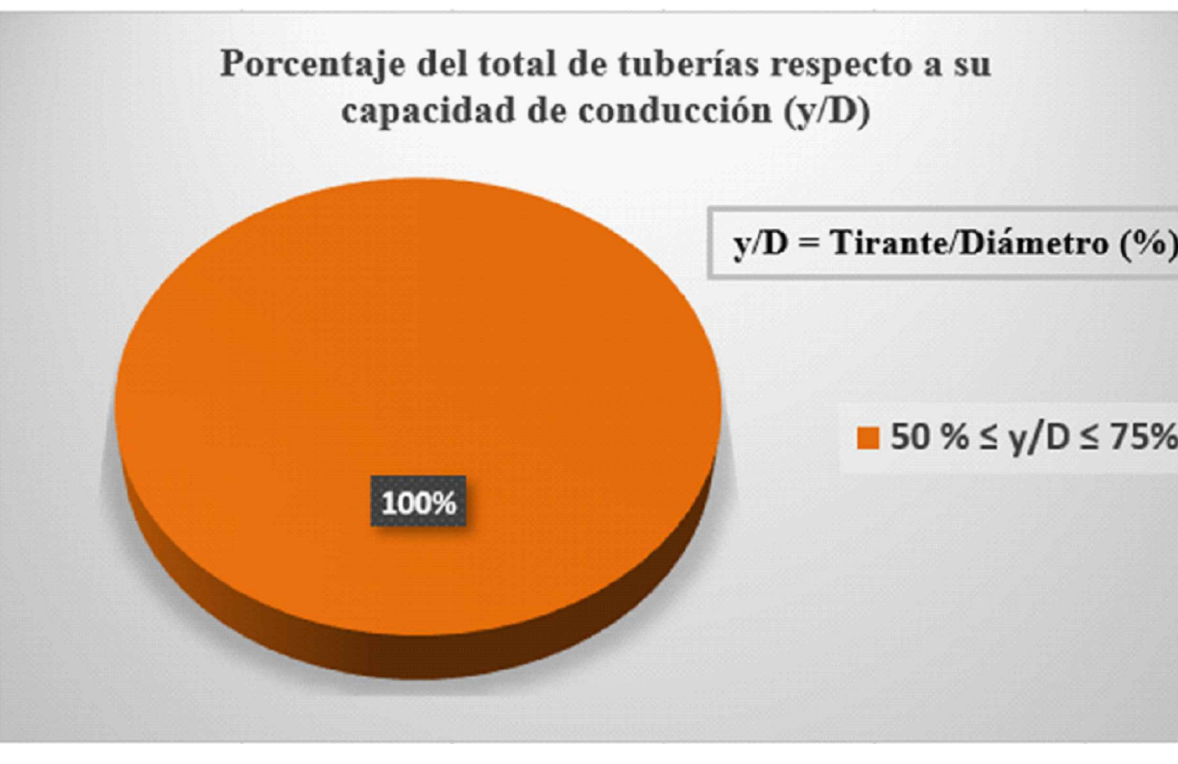
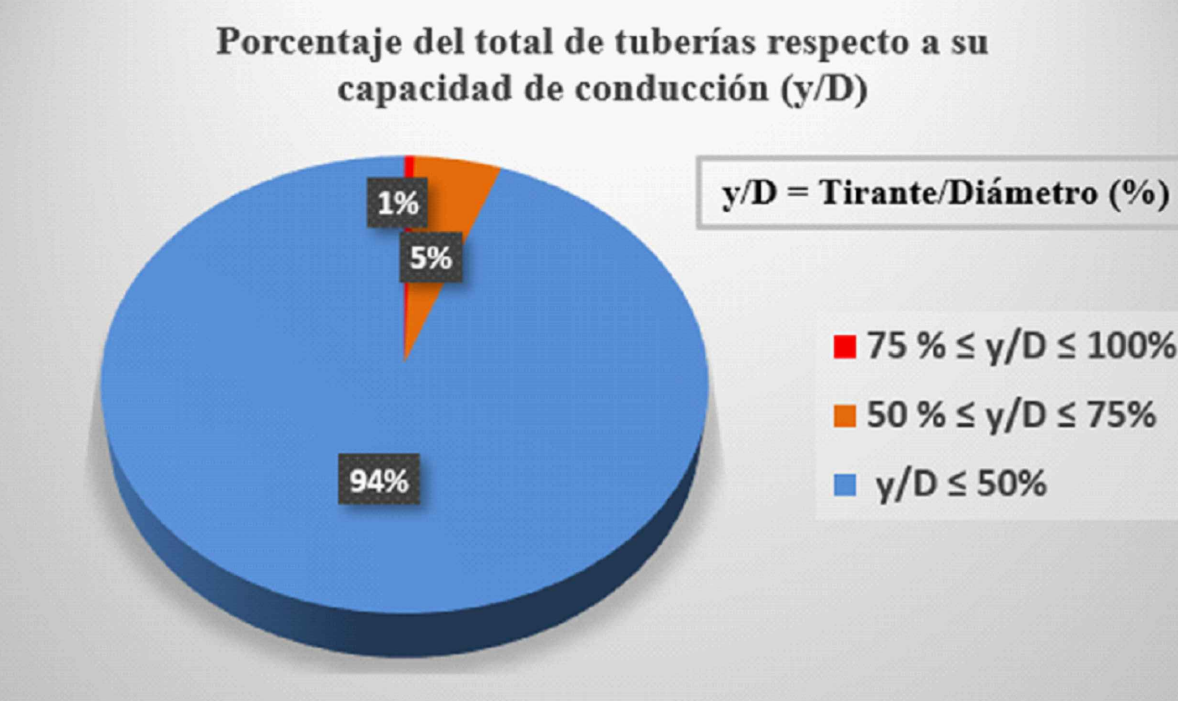
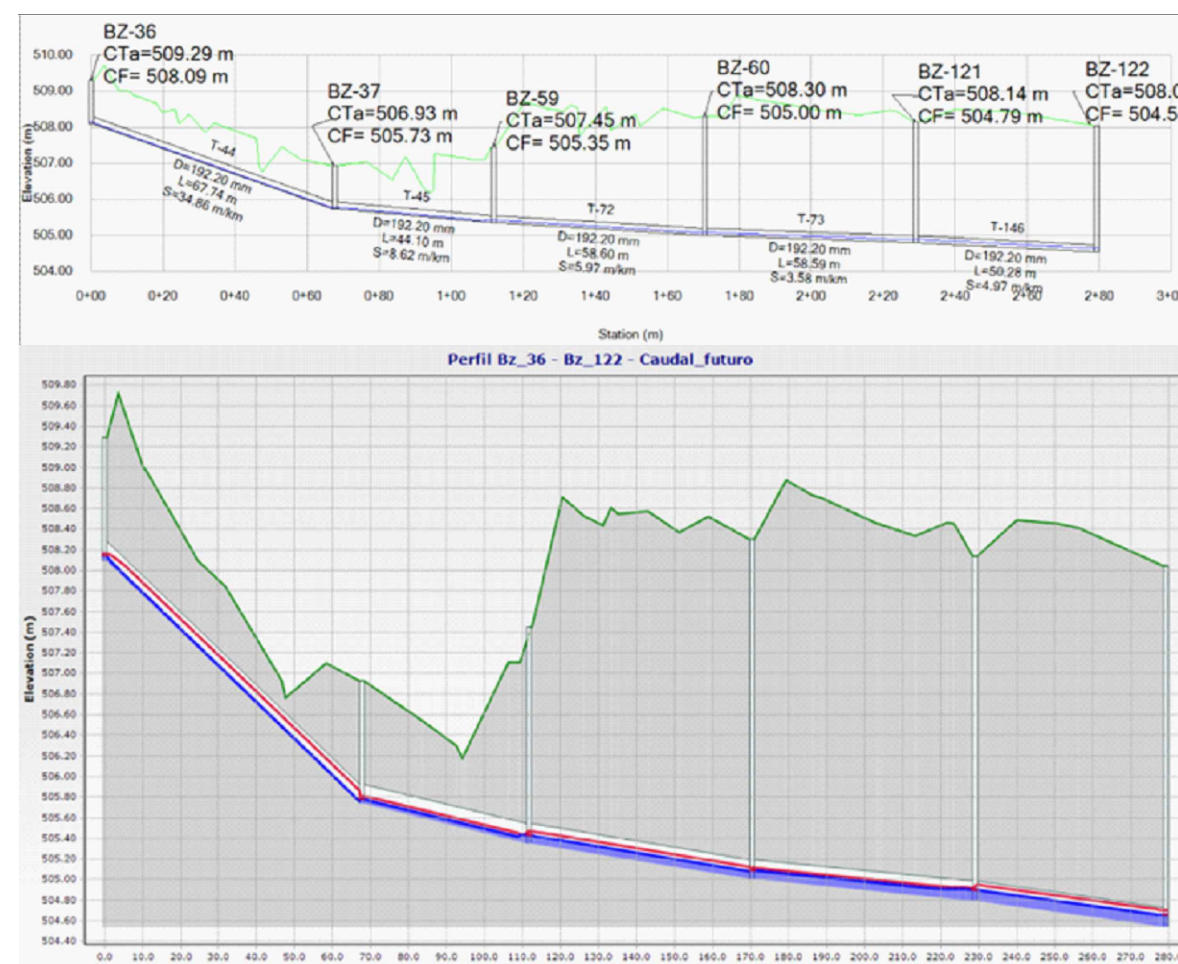
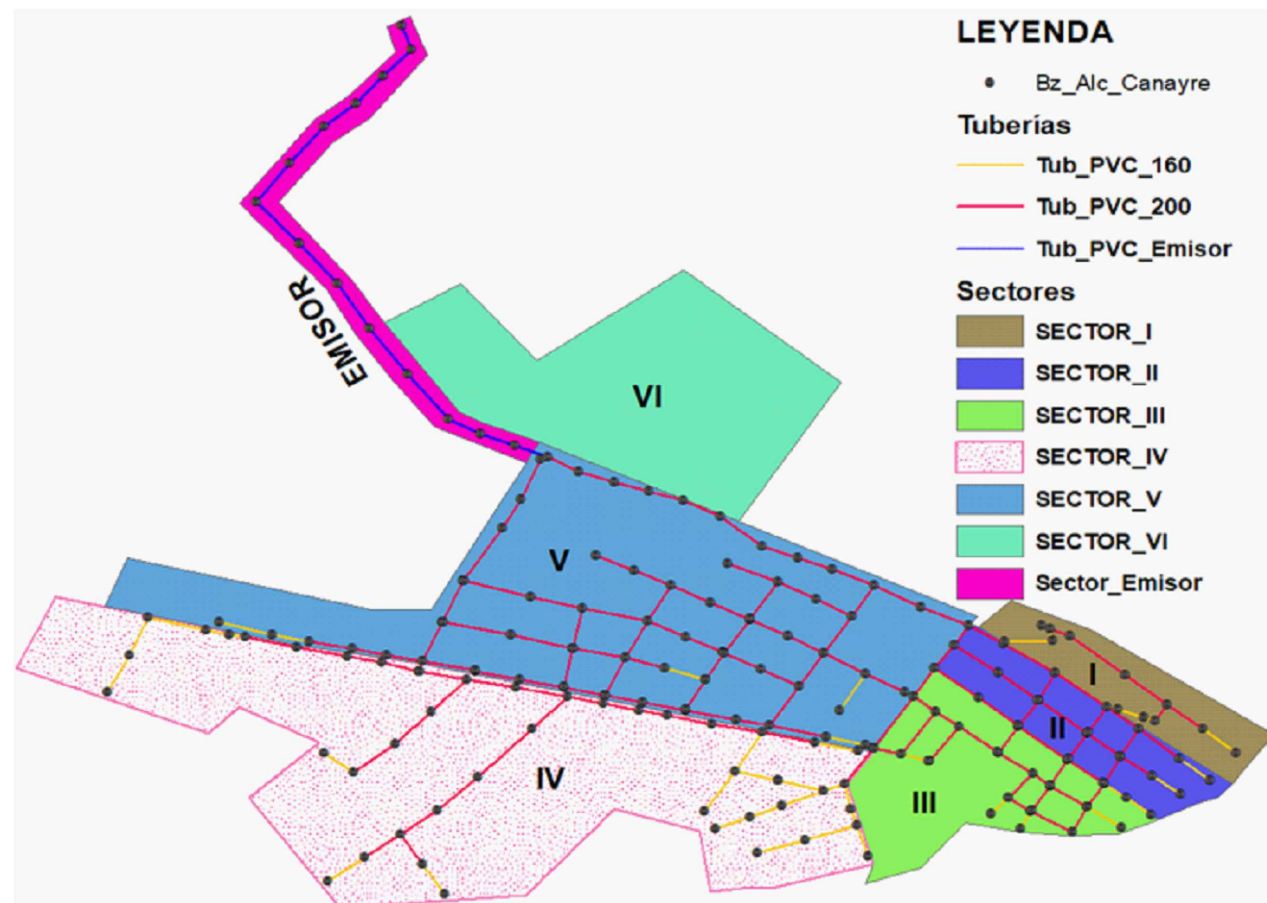
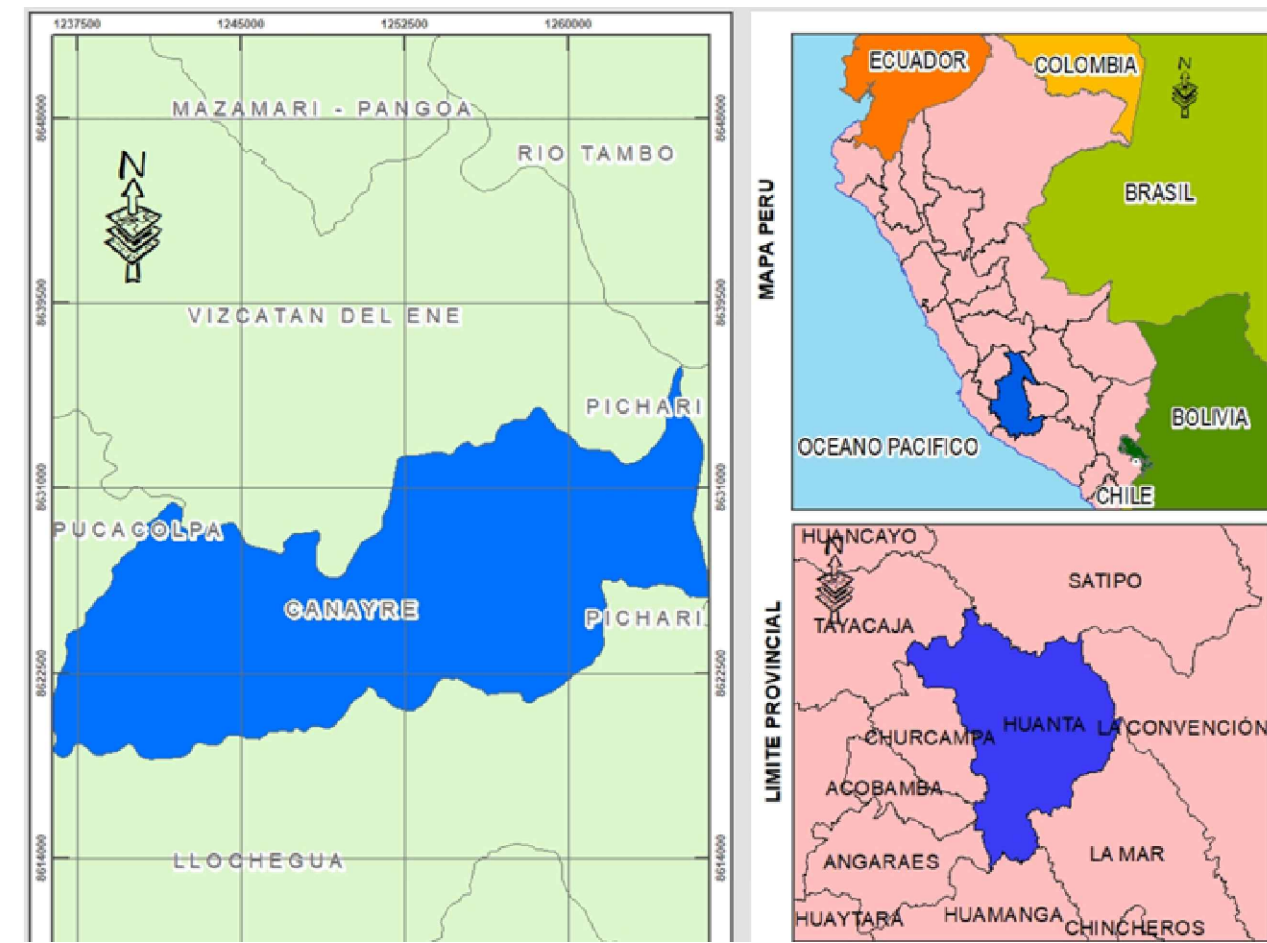
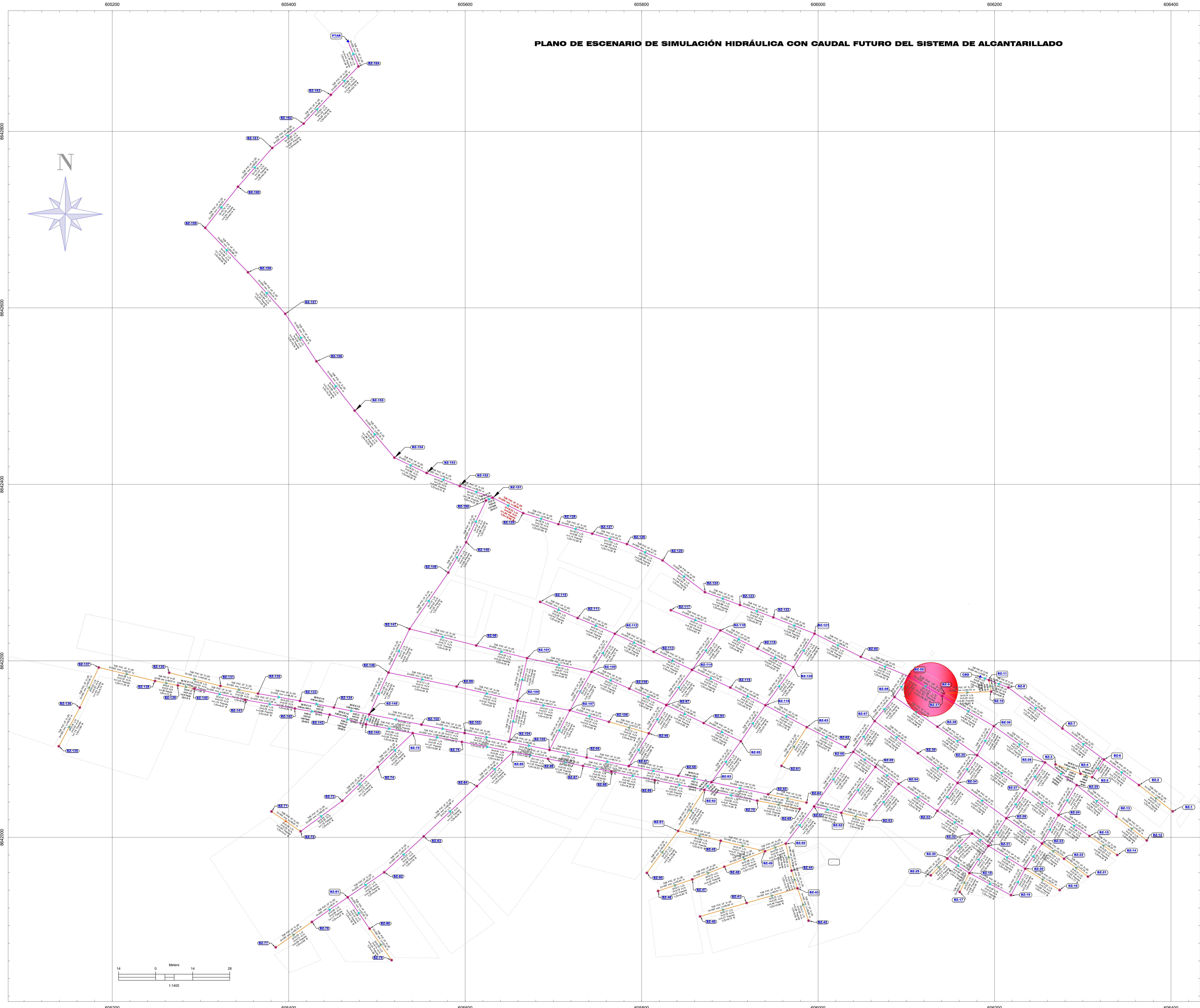
Autor: **Bach. D. Fernando Licas Espinoza**

Asesor: **MSc. Juan Chirapagui Ancasti**

Dibujó: **deffe1002@gmail.com**

Laminas: **SALC-PS-01**

PS_01-01/01



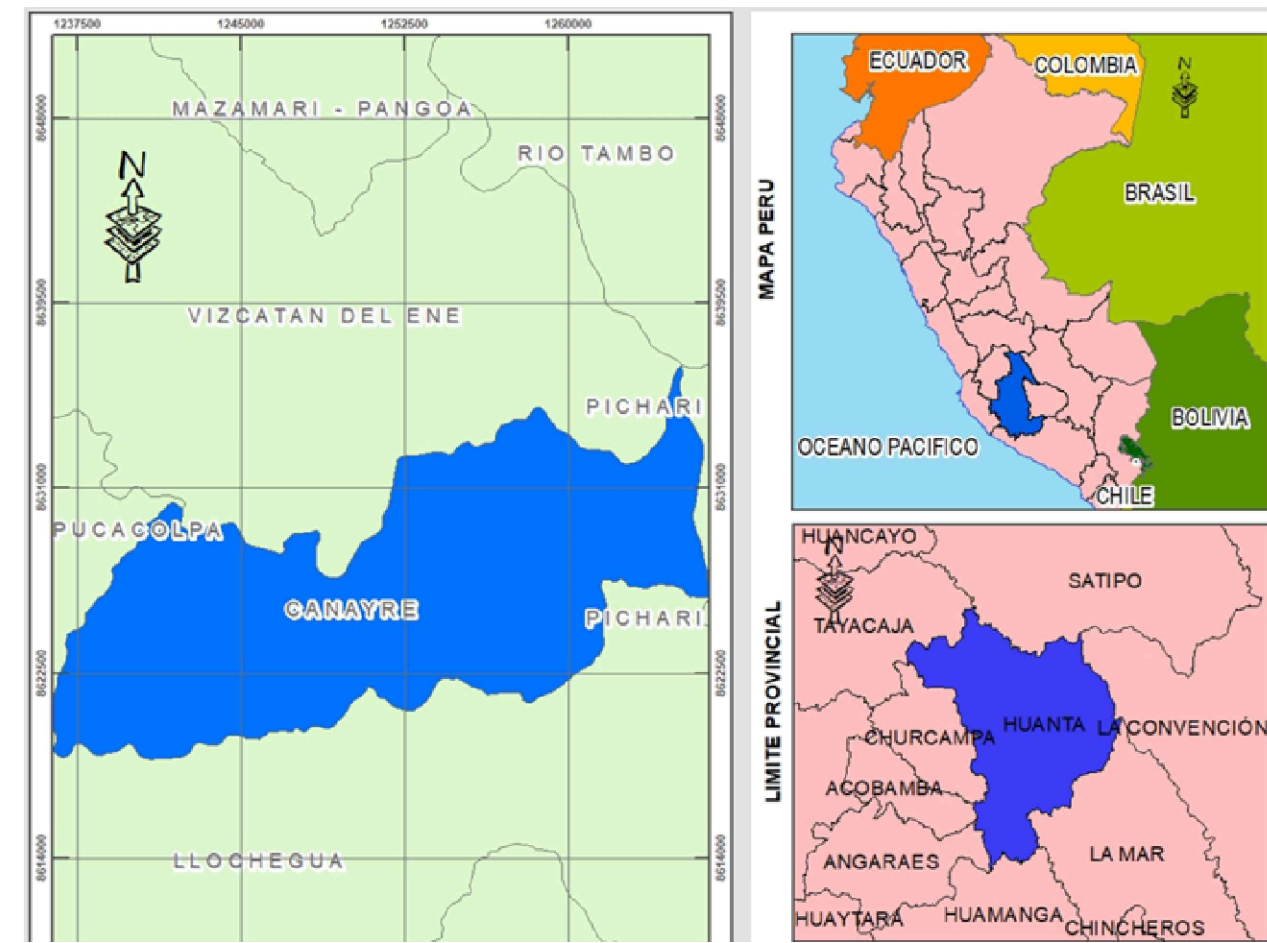
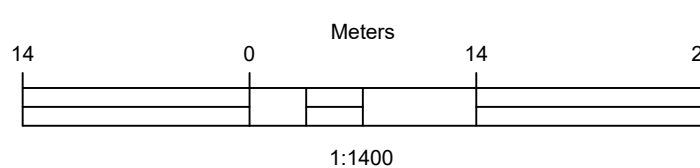
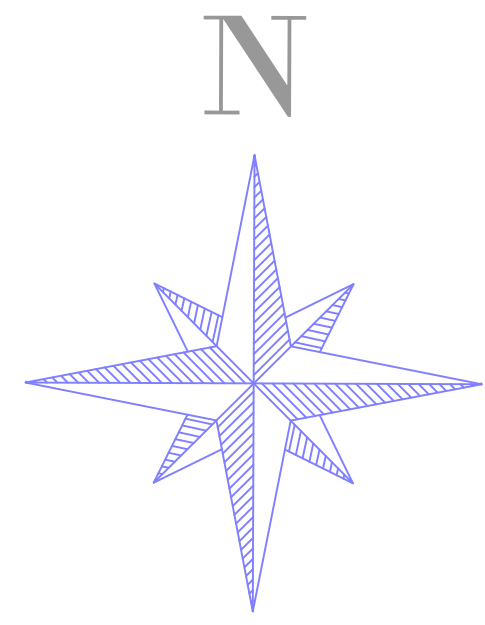
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

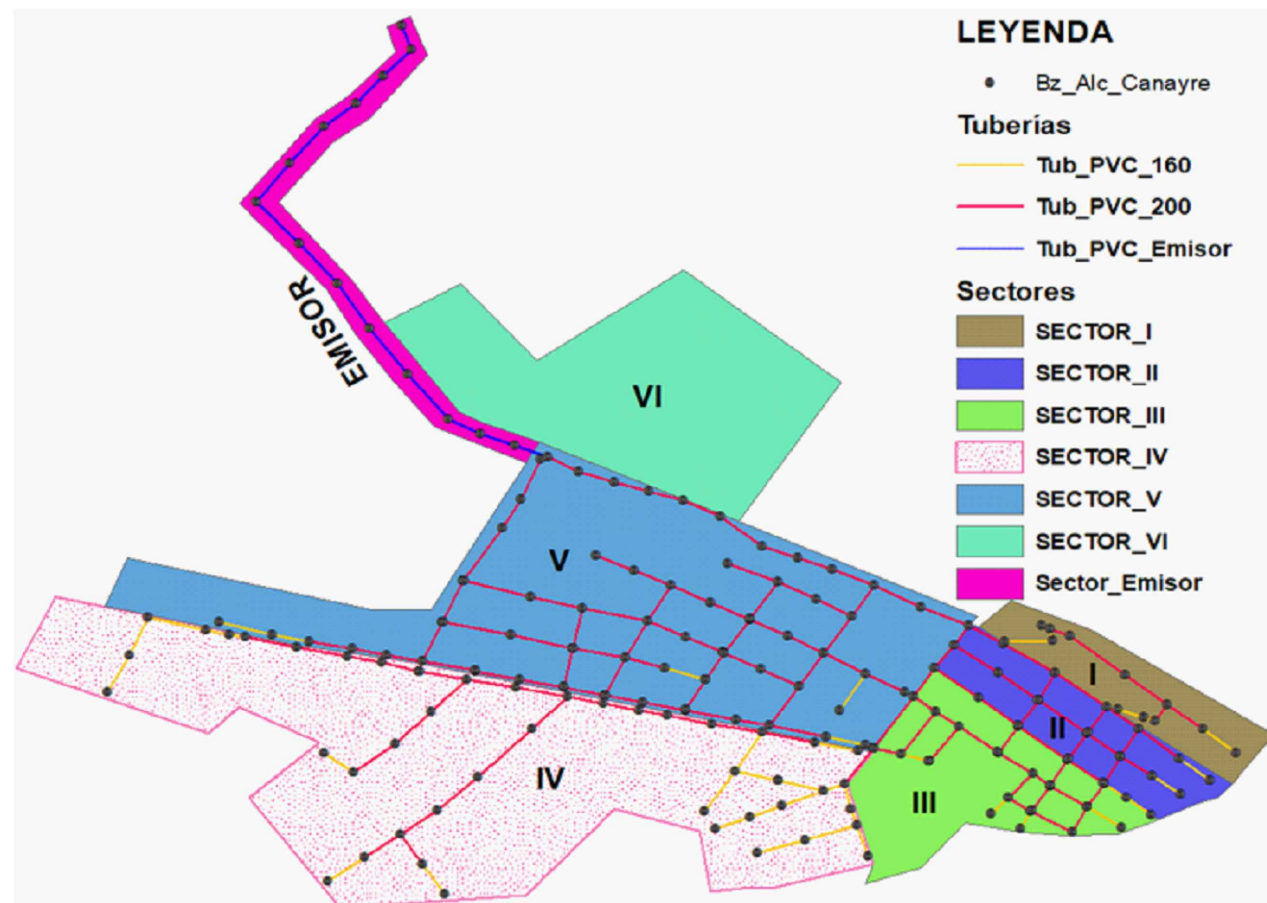
Título: **MODELADO HIDRÁULICO Y CAPACIDAD HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL DISTRITO DE CANAYRE - AYACUCHO**

Plano: PLANO DE SIMULACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO	Departamento: Ayacucho	Lamina: SALC-PS-02
Autor: Bach. D. Fernando Licas Espinoza	Provincia: Huanta	PS_OF-02/02
Asesor: MSc. Juan Charapagui Ancasti	Districto: Canayre	Fecha: AÑO - 2023
	Lugar: Canayre	Escala: 1:1400
	Dibujó: defle1002@gmail.com	

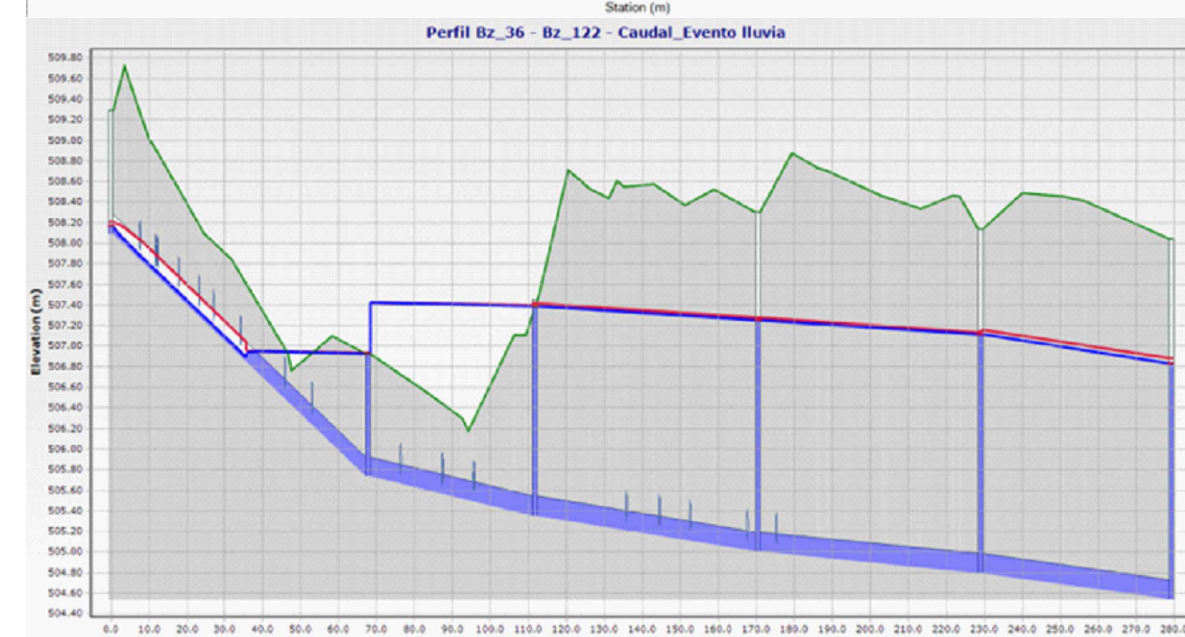
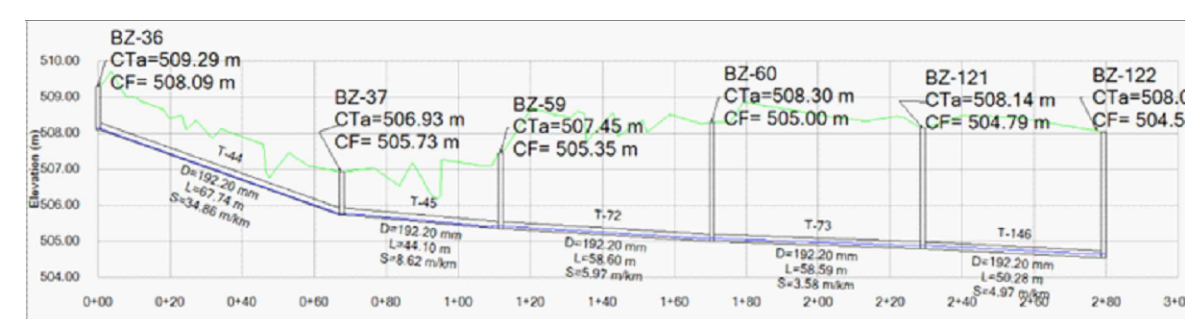
PLANO DE ESCENARIO DE SIMULACIÓN HIDRÁULICA CON CAUDAL DE AFORO EN EVENTO DE LLUVIA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO



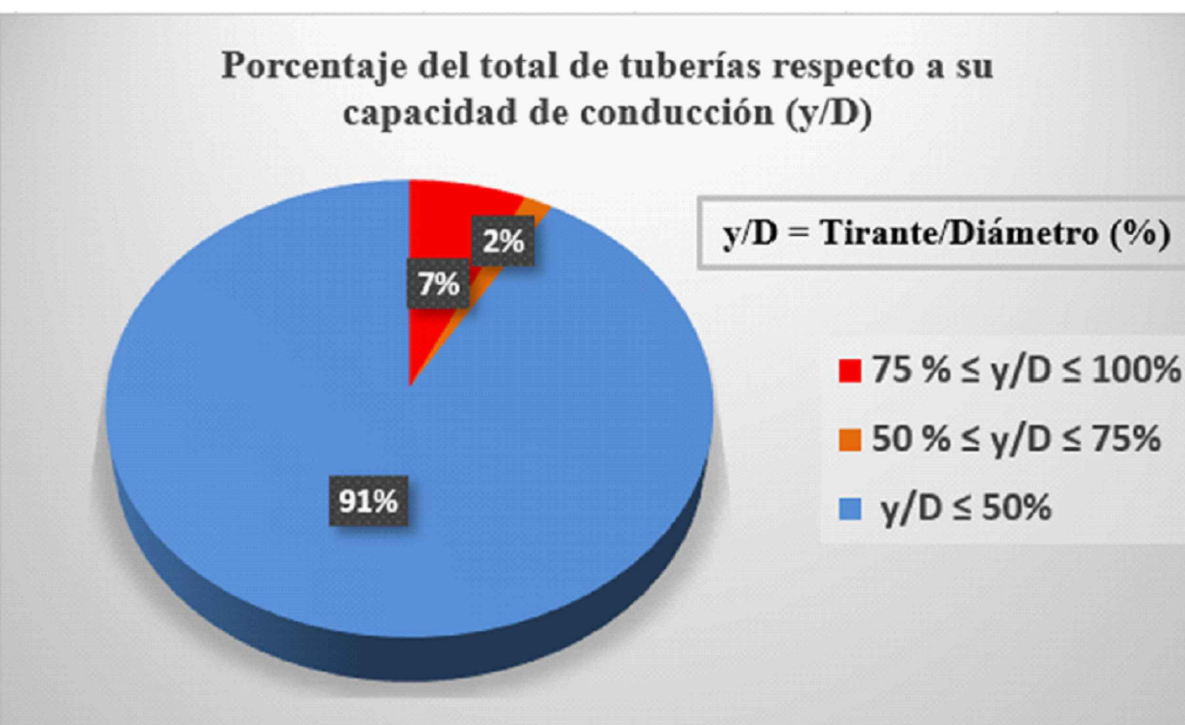
UBICACIÓN
S/E



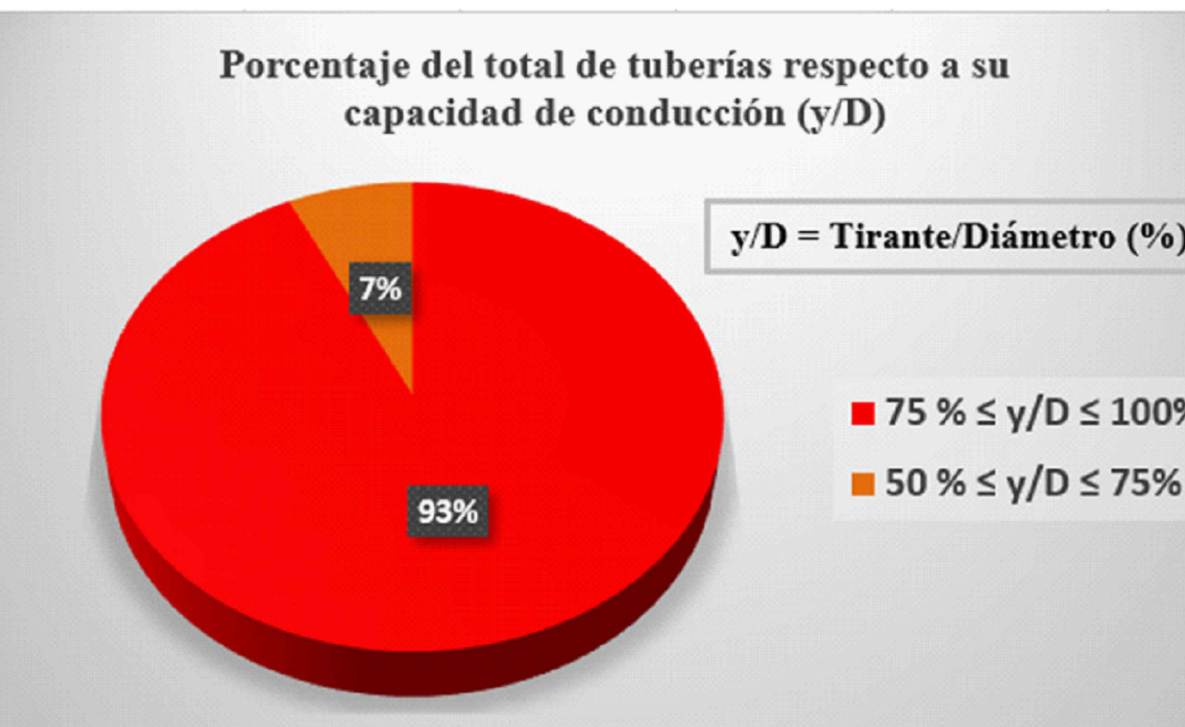
PLANO DE TOPOLOGÍA Y SECTORIZACIÓN
S/E



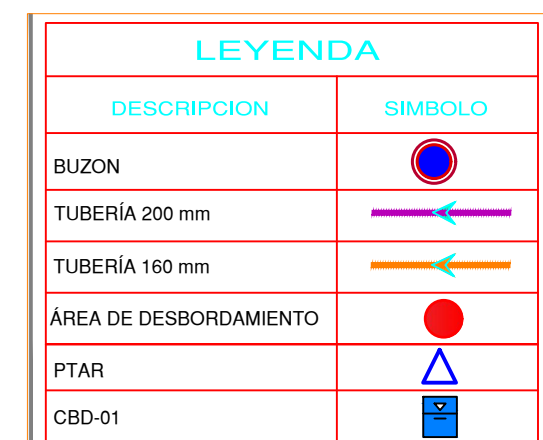
PERFILES DE COLECTORES CON CAUDAL EN EVENTO DE LLUVIA



CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE COLECTORES EN EVENTO DE LLUVIA



CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE EMISOR EN EVENTO DE LLUVIA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
CRISTÓBAL DE HUAMANGA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

Título: MODELADO HIDRÁULICO Y CAPACIDAD HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL DISTRITO DE CANAYRE - AYACUCHO

Plano: PLANO DE SIMULACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

Autor: Bach. D. Fernando Licas Espinoza

Asesor: MSc. Juan Charapagui Ancasti

Departamento: Ayacucho

Provincia: Huanta

Distrito: Canayre

Lamina: SALC-PS-03

PS_Grifi_03/03

Fecha: AÑO - 2023

Escala: 1:1400

Modelado hidráulico y capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario del distrito de Canayre - Ayacucho -2021

Desiderio Fernando Licas Espinoza¹

defle1002@gmail.com¹

Juan Charapaqui Anccasi²

juan.charapaqui@unsch.edu.pe²

Área de investigación:

Medio Ambiente

Línea de investigación:

Hidrología hidráulica, saneamiento, energía y cambio climático

Facultad de Ciencias Agrarias – UNSCH^{1,2}

RESUMEN

La investigación ha demostrado que la gestión de la información de un sistema de alcantarillado (SALC) es indispensable para construir modelos hidráulicos (MH), para simular y evaluar su comportamiento durante la fase operativa. La presente tesis, tuvo como objetivo principal desarrollar el modelado hidráulico para determinar la capacidad hidráulica (CH) del sistema de alcantarillado del distrito de Canayre; y los objetivos específicos fueron realizar gestión de la información y construir el modelo hidráulico para determinar la capacidad hidráulica (CH). Para ello, se ha realizado el catastro técnico y comercial del SALC para integrar datos topológicos y data de medidores a partir de archivos CAD y Excel, y está disponible un repositorio SIG en formato shapefile para el MH. El SALC cuenta con 1655 m de tuberías de diámetro de 160 mm, 7341 m de 200 mm, 165 buzones y brinda servicio a 643 usuarios. Para el MH se usó el software SewerGEMS y es así que, en la SH con caudal base, los resultados son: el 5% de tuberías del colector se encuentra operando entre 50 a 75 % de la relación y/D , el 95% menor al 50%. Para la SH con caudal futuro, el 1% de tuberías se encuentra operando por encima de su CH, el 5% entre 50 a 75 % de la relación y/D , el 94% menor al 50% de y/D . Para la SH con caudal aforo en eventos de lluvia, el 7% de tuberías se encuentra operando por encima de su CH, el 2% entre 50 a 75 %, el 91% menor al 50% de la relación y/D .

Palabras clave: Modelado hidráulico, sistema de alcantarillado, capacidad hidráulica.

INTRODUCCIÓN

La recogida de aguas residuales, de forma adecuada, así como su tratamiento y disposición, es una de las principales necesidades higiénicas de cualquier sociedad (Reza & Singh, 2020). La modelación es una representación matemática simplificada de un fenómeno físico observable. Esta permite simular su funcionamiento y así estudiar el efecto de determinados parámetros y realizar predicciones. Los modelos hidráulicos de los sistemas de alcantarillado tienen dos usos principales: Diseñar nuevos sistemas, y analizar sistemas existentes (Quezada, 2011).

Gonzales & Bejarano (2019) desarrollaron e implementaron el procedimiento en el modelado hidráulico de redes de distribución de agua, guiado con el uso de herramientas SIG. Del mismo modo construyeron un modelo hidráulico con el fin de simular el desempeño del sistema de distribución de agua. El uso de modelos hidráulicos contruidos adecuadamente y calibrados pueden contribuir ampliamente la optimización de los sistemas (González & Bejarano, 2019). Sin embargo, existen empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPS) y prestadores de pequeñas ciudades en donde se desconoce la capacidad hidráulica y el manejo de un modelo hidráulico en su sistema de redes de alcantarillado. Por la cual es importante aplicar un modelo que permita evaluar y analizar del buen funcionamiento de la estructura instalada.

El objetivo de esta investigación fue desarrollar el modelado hidráulico para determinar la capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario del distrito de Canayre. Además, se establecieron objetivos específicos que incluyeron: (I) Realizar gestión de la información para determinar la capacidad hidráulica y (II) construir el modelo hidráulico para determinar la capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario del distrito de Canayre.

Como metodología se utilizó herramientas CAD y SIG para adquirir, guardar, gestionar, analizar, modelar y exhibir datos espacialmente referenciados. Esta información recién obtenida fue utilizada para generar planos actualizados del sistema de alcantarillado.

Para el modelado hidráulico de redes de sistema de alcantarillado en el siguiente proyecto se utilizó un software de modelado hidráulico a flujo libre (SewerGEMS).

METODOLOGÍA

Ubicación

Esta investigación tuvo lugar en el área urbana del distrito de Canayre, con las especificaciones que se detallan a continuación:

Ubicación política

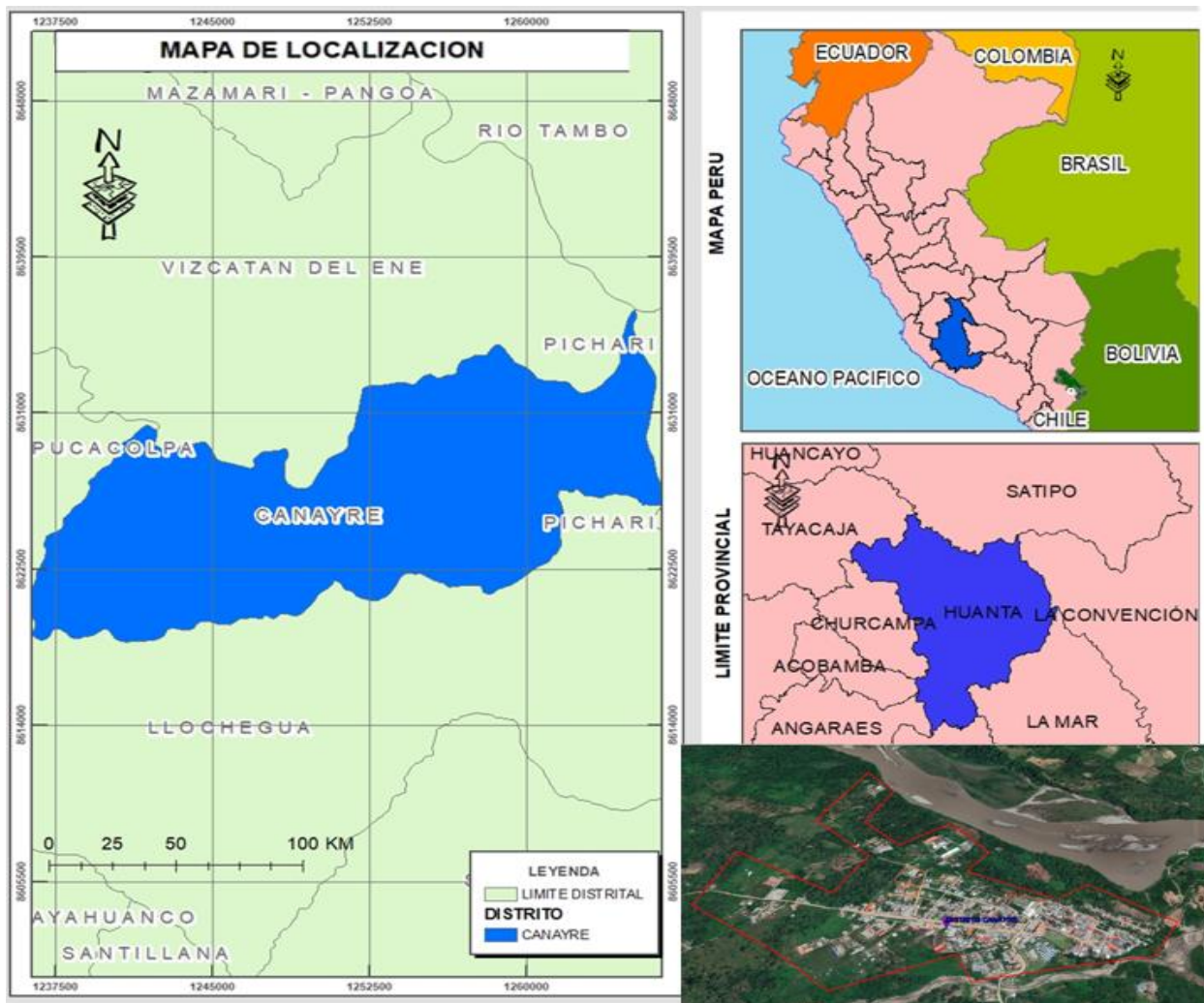
Departamento:	Ayacucho
Provincia:	Huanta
Distrito:	Canayre
Localidad:	Canayre

Ubicación geográfica

Norte:	8642060 m
Este:	606262 m
Altitud:	507.00 m.s.n.m

Figura 1

Localización del distrito de Canayre



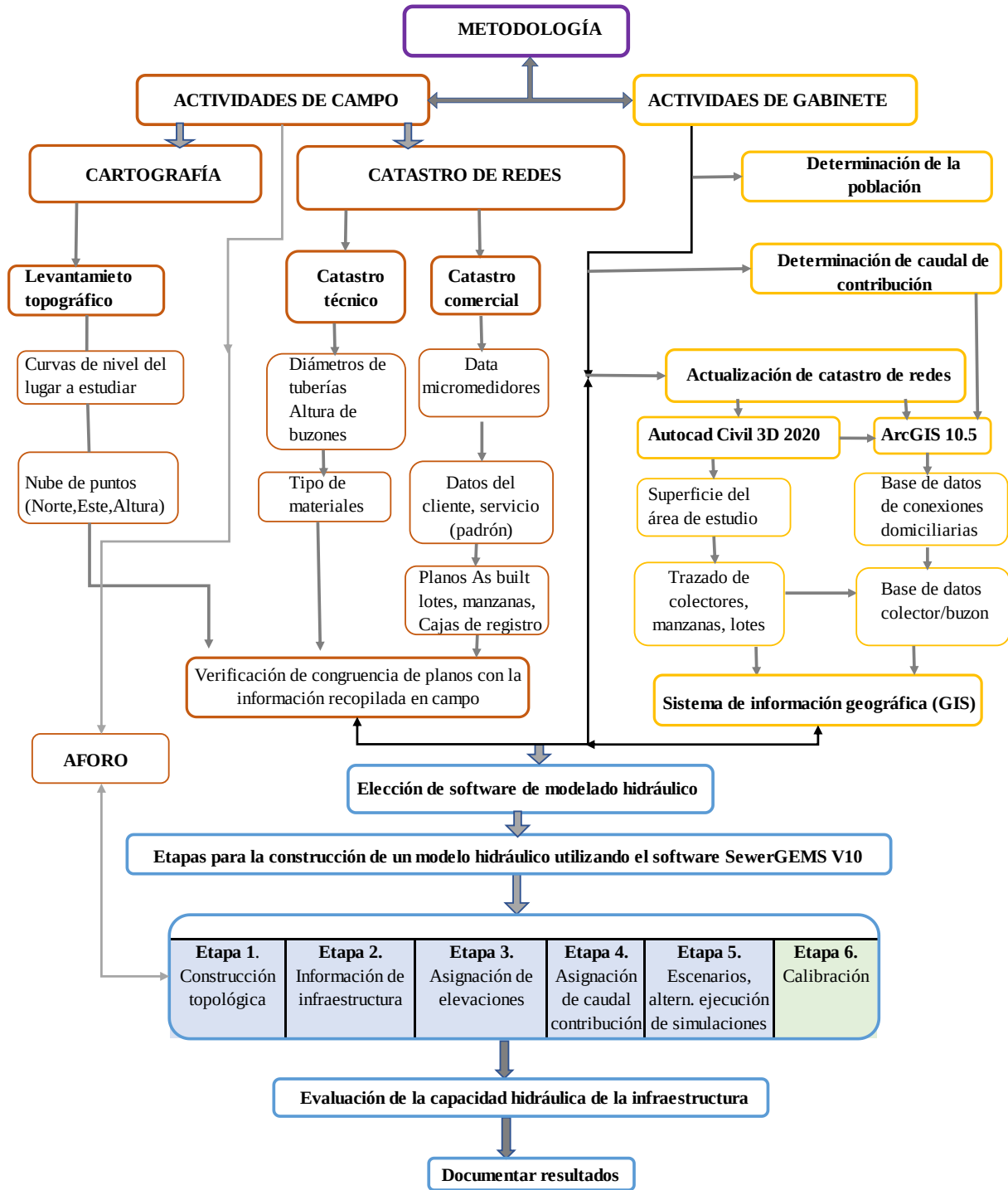
Metodología

El Sistema de Alcantarillado (SALC) del distrito de Canayre se seleccionó como caso de estudio para mostrar cómo el método propuesto puede aplicarse en la práctica. Se optó por este sistema debido a la disponibilidad de datos de consumo, especialmente a través de micromedidores, que proporcionan una buena cobertura de información sobre el uso del agua potable.

El proceso metodológico del trabajo de investigación se observa en el organigrama de la Figura 2.

Figura 2

Organigrama de la metodología



Gestión de la información

En la gestión de la información del SALC se ha realizado las siguientes actividades:

Actividades de campo

a. Cartografía de la zona en estudio

se realizó la recopilación de información topográfica de toda el área de influencia y las zonas adyacentes donde se ha construido la infraestructura de obras como las calles, las manzanas, los lotes, las franjas de los colectores, los buzones y las conexiones domiciliarias (CD) del SALC.

Levantamiento topográfico

Se realizó el levantamiento topográfico por el método de radiación utilizando una estación total teniendo como referencia los puntos de los vértices de las Poligonales de Control (BM) establecidas en el área de estudio, se realizaron los levantamientos de todos los detalles planimétricos de los servicios, incluyendo viviendas, buzones, vías, aceras, canales, postes, etc.

b. Catastro de redes

Los trabajos que integran en esta investigación reflejan la búsqueda y recopilación de la información catastral del SALC en toda el área urbana de la zona en estudio que constan en:

Catastro técnico

Para el catastro técnico del SALC se identificó el diámetro y material de tuberías. Del mismo modo se identificaron los buzones para medir el diámetro y sus alturas respectivas.

Catastro comercial

Se ha solicitado la información al área usuaria la relación de padrón de usuarios de agua potable y alcantarillado por categorías y con data del micromedidor de consumo doméstico y no doméstico.

c. Aforo en canal Parshall a la llegada de planta de tratamiento de agua residual (PTAR)

Se realizó la inspección visual del limnómetro del canal Parshall, el cual está en mal estado. Por lo cual se ha realizado las mediciones con el uso de una regla el ancho de la garganta (b) y el tirante (ha), durante 1 día y cada 2 horas para eventos de presencia y ausencia de lluvias.

Actividades de gabinete

a. Determinación de tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento de la población se determinó según el INEI de la siguiente fórmula:

$$r = \left[\left(\frac{P_t}{P_0} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \right] \quad (1)$$

Donde:

P_t = Población actual (2017), P₀ = Población inicial (2007), t = Tiempo en años de periodo,

r = Tasa de crecimiento (%).

b. Determinación de la población existente y futura.

El Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI) establece que para el año 2017, el distrito de Canayre cuenta con 3520 habitantes y en lugar de estudio tiene 1413 habitantes. Los resultados de cálculo de población por los diferentes métodos de cálculo proporcionarán datos relevantes para investigaciones posteriores. Sin embargo, se resalta que en esta investigación no se ha utilizado los cálculos de la población por contar con la data de medidores de consumo de agua potable.

c. Determinación de caudal de contribución

- Se procesó la información del micromedidor proporcionada por la Unidad de Gestión Municipal (UGM) de la zona de estudio utilizando el Microsoft Excel.
- El dato del caudal volumétrico de consumo facturado que estaba en $m^3/\text{mes}/\text{conexión}$ se ha convertido a un caudal promedio (Q_m) de consumo en $l/s/\text{conexión}$ para cada categoría.
- Para los efectos de las variaciones de consumo se realizó la mayoración al caudal de consumo promedio (Q_m) con $k_2 = 2$ según recomendación del R.N.E.
- Al caudal máximo horario (Q_{mh}) de consumo se le multiplico con un coeficiente de retorno de $C = 0.80$. De los pasos anteriores también se obtuvo el caudal de malas conexiones (Q_{mc}).
- Se realizó el cálculo del caudal de contribución (Q_c) de la suma de (Q_{mh}) más (Q_{mc}) para cada conexión y tipo de usuarios. Se realizó el cálculo de caudales de infiltración según R.N.E.

d. Actualización de catastro de redes

Se realizó la actualización del catastro de redes del SALC, para brindarle al proyecto de investigación información precisa y confiable para el MH y la toma de decisiones futuras.

Se realizó el procesamiento de la información obtenida con el uso de los siguientes softwares:

AutoCAD Civil 3d 2020

- Tras finalizar el trabajo topográfico de campo, se transmitieron los datos de la estación total al ordenador, donde se obtuvieron los puntos topográficos en formato txt. Se importaron los puntos al Civil 3D mediante la opción: Toolspace/prospector/points.
- Creamos la superficie “Superficie_Canayre” a partir del conjunto de puntos y guardamos la data en LandXML.
- Realizado la planimetría del catastro técnico-comercial se guarda el archivo en forma DXF.

ArcGIS 10.5

Se realizó la integración de datos de conexiones domiciliarias (PC) a partir de los archivos CAD y Excel para tener un base de datos SIG para el modelado hidráulico.

Caudal de contribución

Continuando con la obtención de datos, ya tenemos el Qmh para cada vivienda, también tenemos el Qmc trabajados en Excel y lo que nos faltaría sería el caudal de infiltración tanto en los buzones y tuberías, que esta la obtendremos durante el proceso de modelado del SALC.

Importación de la tabla Excel de conexiones domiciliarias de alcantarillado al ArcGIS

- Agregado el archivo Excel de PC, hacemos clic con el botón derecho en el nombre de la tabla en la tabla de contenido (Layers) y seleccionamos Display XY Data. En la tabla de Display XY Data se especifica las coordenadas planas de Este (X) y Norte (Y). Hacemos clic en el botón Edit para abrir el cuadro de diálogo Spatial Reference Property.
- Una vez establecido la proyección, seleccionamos la opción "Aceptar/OK" en la ventana de Spatial Reference Property. Luego, hacemos clic en "OK" en la ventana de Display XY data.
- Los puntos de conexiones se dibujan como un archivo temporal en ArcMap. Seguidamente los puntos del archivo temporal convertimos a un archivo Shapefile haciendo clic derecho sobre el archivo temporal/Data/Export Data/seleccionamos la carpeta de exportación/escogemos el tipo de archivo Shapefile/sabe/ok/sí.

e. Sistema de información geográfica (SIG)

Finalmente, la información actualizada se integró en un sistema de información geográfica (SIG) para generar mapas o planos temáticos que reflejen las condiciones reales de la red.

Construcción del modelo hidráulico

a. Elección de software de modelado hidráulico (MH)

El MH de las redes de alcantarillado posibilita la SH del comportamiento de estas a lo largo del día. Para el caso del SALC del distrito de Canayre, se empleó el programa SewerGEMS.

b. Etapas para la construcción de un MH utilizando el software SewerGEMS

Se realizaron las siguientes etapas en el proceso de construcción del modelo hidráulico:

Etapas 1. Construcción topológica

Esta fase consistió desde la configuración básica del modelo y el proceso de dibujado a escala de todas las tuberías que contemplan el sistema de alcantarillado.

Creación del modelo hidráulico en SewerGEMS

- En el escritorio, se hace doble clic en el ícono de SewerGEMS y Clic en Create New Hydraulic Model. Una vez que se haya generado el nuevo MH, accedemos al menú File/Save As. Se asigna al proyecto el nombre "Modelado_Hidráulico_Canayre.stsw" y luego en Save.

- Después, se requerirá establecer ciertas opciones generales y de dibujo del MH antes de iniciar el diseño del sistema. Hacemos clic en la opción Tools/Options. Luego en la pestaña Units, elegimos el sistema internacional (SI) en el menú desplegable Reset Defaults, ok.

Etapas 2. Información de infraestructura

En esta etapa, se agregaron todos los componentes adicionales al sistema de tuberías, como buzones, PC (Property Connection), etc. Además, es en esta etapa donde se personalizan las características de cada tubería, como su diámetro, material y coeficiente de rugosidad.

El instrumento ModelBuilder de SewerGEMS automatiza las primeras dos etapas del proceso de MH de SALC al importar y trabajar con diversos formatos de archivos base. Para desarrollar el MH del distrito de Canayre, se empleó esta herramienta con el uso de archivos shapefile.

Construcción del modelo usando ModelBuilder

- Comenzamos utilizando la herramienta ModelBuilder accediendo desde el menú principal Tools/ModelBuilder. Clic en botón New para iniciar el proceso de construcción del MH desde archivos externos. En el campo Select a Data Source type optamos por el formato Shapefiles entre la variedad de formatos compatibles con SewerGEMS que se encuentran en el menú desplegable.
- En el espacio Select your Data Source clic en Browse y buscamos en nuestro directorio el archivo shape que se encuentra en D:\TESIS_UNSCH_OCTUBRE_2022...\Shape2023, para seleccionar los archivos Bz_Alc_Canayre, Tuberia_Alc y Conex_Alc_Canayre.
- Pulsamos en el botón Open para acceder al contenido de los archivos. Al activar la opción Show Preview, fue posible visualizar la tabla de atributos de las 3 capas Bz_Alc_Canayre, Tuberia_Alc y Conex_Alc_Canayre.
- Continuando con el proceso guiado, seleccionamos el botón Next para llegar al cuadro de diálogo que contiene las opciones espaciales de importación (Specify Spatial and Connectivity Options). Se estableció la Unidad de Coordenadas como metros (m).
- Desmarcamos la celda Create nodes if none found at pipe endpoint.
- Seleccionamos la casilla correspondiente al campo " Establish connectivity using spatial data " ya que utilizaremos la georreferenciación de los colectores en la data Shapefile.
- Establecemos la tolerancia Tolerance como 0.20 m. Hacemos Clic en Nexte y en el siguiente diálogo sobre las opciones de create, remove y/o update, optamos por mantener los valores

predeterminados sugeridos por el software. Luego, se muestra el diálogo de opciones auxiliar el cual dejaremos sin cambios por defecto.

- Pulsamos en Next e ingresamos a la opción “Field Mapping” traducido como Mapeo de Campos, esto nos permitió vincular campos particulares que están presentes en el archivo Shapefile con las propiedades y atributos gestionados por el modelo del software.
- En el panel izquierdo, seleccionamos la tabla “Bz_Alc_Canayre” y establecemos las siguientes vinculaciones en el diálogo de la parte derecha de la ventana tal como:

Table Type: Manhole

Key/Label Field: BUZONES. Áreas X, Y: Dejamos en Auto, pues en este paso no es necesario fijar coordenadas por tratarse de un base de datos SIG en formato shapefile.

- En la sección inferior para el “Field Mapping” con características del modelo (método de vinculación), elegimos el campo Elev_Inv del registro Shapefile y en el menú de selección “Attribute”, seleccionamos el indicador Elevation (Invert), mientras que el campo Unit debe permanecer configurado en m. Finalizado el asignado del campo de buzones, seleccionamos en Table Tuberia_Alc.
- Finalmente, proseguimos con la asignación de Property Connection (Caja de registro). En el panel izquierdo, seleccionamos la tabla CONEX_SAL_CANAYRE y establecemos las siguientes vinculaciones en el diálogo de la parte derecha de la ventana tal como:

Table Type: Property Connection

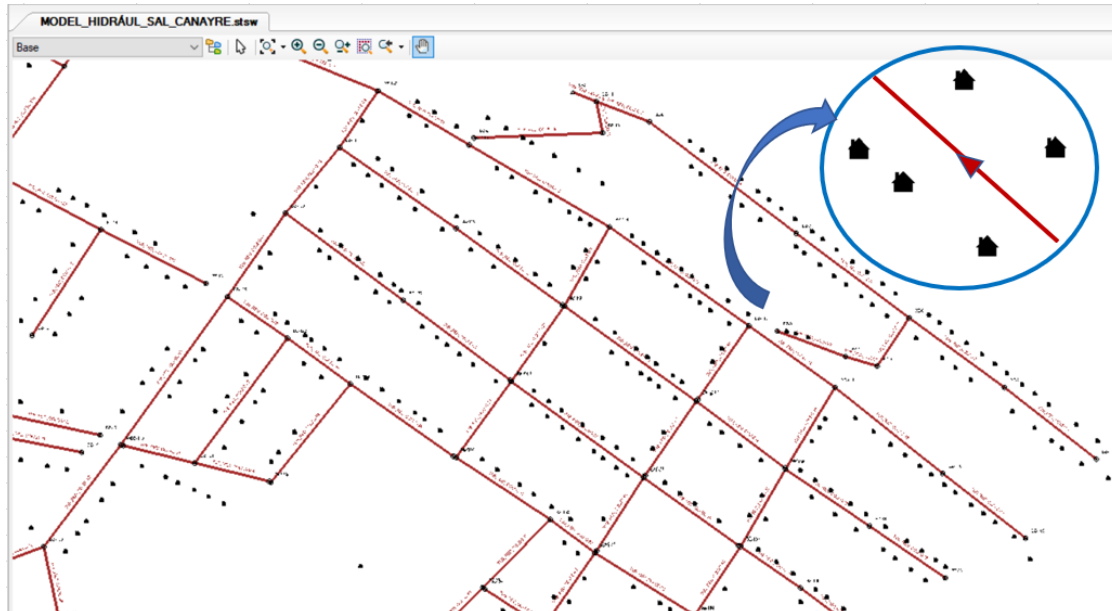
Key/Label Field: Label. Los espacios de X, Y: Dejamos en Auto.

- En la sección inferior para el “Field Mapping” con características del modelo elegimos la opción Qc_l_s del registro Shapefile y en el menú de selección “Attribute”, seleccionamos el indicador Base Flow, mientras que el campo Unit debe permanecer configurado en l/s.
- Seleccionamos Siguiente (Next). Luego, se muestra un cuadro de diálogo que pregunta si queremos construir un nuevo modelo en este momento. Respondemos afirmativamente (Yes) y pulsamos en el área de diálogo finalizar (Finish).
- Cerramos el interfaz de diálogo y nuevamente se muestra el área de diálogo principal de ModelBuilder, donde el formato de esta conexión con archivos externos será guardado por el software para su uso en el futuro. Se cierra el área de diálogo. Luego, nos encontramos con el aviso que pregunta si deseamos confirmar la sincronización entre el modelo y el dibujo.

Hacemos clic en sí y para visualizar el modelo construido en nuestro campo de dibujo, accedemos al menú Ver, Zoom y Zoom Extents.

Figura 3

Visualización de elementos de Property Connection en la ventana de dibujo



Etapas 3. Distribución automatizada de alturas por medio de TRex

Procedimiento:

- Distribuimos las alturas por intermedio de la fuente Tools/TRex. En el área Data Source Type seleccionamos la alternativa LandXML. Luego en elevation Dataset referido a File hacemos clic en el área ellipse y navegamos para ubicar el fichero de LandXML, en el cual seleccionamos el fichero SUPERFICIE_CANAYREDIC.xml y hacemos clic en Open.
- En el campo Select Elevation Field se deja por defecto. Las coordenadas (X, Y) y la elevación (Z) se expresarán en unidades de metros (m). En inferior al área Nodes to Update marcamos en alternativa ALL. Seleccionamos Next para iniciar TRex y Luego pulsamos el botón 'Ok', el botón de Finish para volver al espacio de esquema.

Elaboración y evaluación de perfiles de la superficie

Mediante el uso del instrumento profile, llevamos a cabo una rápida comprobación para determinar si los datos topográficos distribuidos coinciden con las cotas de terreno en los buzones. Antes de esto, establecemos la ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). y la importación de la superficie al modelo a través de Terrain Models.

Asignación automática de la superficie de terreno a través de Terrain Models

- Para asignar la superficie de terreno vamos al menú View/Terrain Models. Una vez estando en la ventana de Terrain Models, hacemos clic en New. Para el campo Source Type seleccionamos la opción LandXML Terrain Models File. Luego en Terrain Models Source pulsamos en botón ellipse y seleccionamos el archivo SUPERFICIE_CANAYREDIC.xml.
- En el campo de Source Unit escogemos la unidad de medida que este en metros (m). En Show Contour Lines seleccionamos el intervalo de 1m a 5m para curvas de nivel. Luego clic en ok.

Distribución de caudales de aporte por intermedio de LoadBuilder

En esta parte, empleamos una de las diversas metodologías proporcionadas por la herramienta LoadBuilder para distribuir caudales de aporte a las tuberías según las funciones geoespaciales. Así tenemos los pasos para ingreso y distribución de caudales de aportes de aguas residuales:

- Iniciamos LoadBuilder mediante la cinta de opciones Tools/LoadBuilder. En la opción de interacción hacemos clic en New el cual abre la siguiente ventana indicando las diferentes metodologías de asignación de aporte sanitaria.
- Contando con el archivo que contiene la data de micromedición, optaremos por las opciones de datos de carga de la conexión de propiedades (Property Connection load data) en la parte izquierda (Internal Data), y en la parte derecha elegimos la alternativa del enlace (tubería) más cercano (Nearest Link). Luego, procedemos a hacer clic en opción Next.
- En la posterior interacción con Model Link Layer, elegimos la opción ellipse en la celda junto al área Link Layer y activamos la alternativa Conduit/Channel/All Elements, ya que son las tuberías a las que se les distribuirá los aportes. Luego, hacemos clic en Select.
- En el área Property Connection Layer, hacemos clic en la opción ellipse y seleccionamos Property Connection/All Elements. Pulsamos en Siguiente (Next), lo que desencadena la aparición de un interfaz que muestra una vista previa de una lista de elementos más próximos para cada conexión de propiedad.
- Pulsamos en Siguiente (Next) para avanzar al interfaz de Completing the LoadBuild Process de Cargas, donde se especificará la opción de Sanitary Loads bajo la cual se establecerán los aportes calculados por el procedimiento automatizado.
- Ingresamos el nombre Q_Micromedidores en el área Label. El nombre bajo el cual se guardarán las características y estructuraciones de este procedimiento de distribución.

- Pulsamos sobre la opción terminar (Finish) y al finalizar la distribución, debería aparecer el siguiente aviso que indica el número total de aportes exportadas. Cerramos el interfaz que muestra los datos estadísticos, luego sincronizamos nuestro modelo y guardamos el archivo.

c. Evaluación de la capacidad hidráulica de la infraestructura

Importados los datos al modelo en los procesos anteriores, se ha procedido a ejecutar la simulación hidráulica para diferentes escenarios de caudal de contribución, tal como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1

Características de escenarios de análisis

Escenario	Caudal de contribución l/s	Diámetro	Material	Manning	Observación
Caudal base Año 2022	13.5154	200	PVC	0.010	Qmh_micromed., Qce
Caudal future Año 2037	19.8766	200	PVC	0.010	Qbase, Qinf, Qesc, Qac
Caudal event Lluvia	37.9276	200	PVC	0.010	Qmh_micromed, Qafor_Lluvia

Escenario caudal base

Se ha llevado a cabo la simulación del escenario en un estado estático utilizando las condiciones conocidas como caudal base, utilizando los datos obtenidos en los procesos previos.

Procedimiento:

- Se ha verificado que los datos de caudal de contribución importado al modelo este comprendido por el caudal máximo calculado a partir de la data de micromedidor (Qmh_micromed) más el calculado de los caudales por conexiones erradas (Qce).
- Ejecutamos el escenario Caudal_base haciendo clic en la cinta (Ribbon) Analysis/Compute.

Escenario caudal futuro

El escenario se ha representado estáticamente considerando las condiciones conocidas como 'caudal futuro' (para 20 años) a partir de datos del caudal base más la consideración de caudales por infiltración, escorrentía en los buzones y por concepto de áreas de crecimiento a futuro.

Procedimiento:

- Agregamos al modelo caudales por concepto de tasa de infiltración (Qinf) y de escorrentía en los buzones (Qesc). Luego procedemos los pasos realizados para el escenario precedente.

- Realizamos el ingreso adicional de Qc de áreas de crecimiento (Qac) manualmente a los buzones Bz_120, Bz_59 y Bz_127, los caudales 0.59 l/s, 1.55 l/s y 0.55 l/s pertinente a la data de caudal de contribución. Cerramos el cuadro una vez distribuido la data.
- Ejecutamos el escenario Caudal_futuro haciendo clic en la opción Analysis/Compute.

Escenario caudal en evento de lluvia

Siguiendo con la evaluación, se ha recreado el escenario en un estado estático, utilizando las condiciones conocidas como 'caudal aforado', basándose en datos simulados del caudal futuro, además de tener en cuenta los caudales cercanos al caudal aforado durante los eventos de lluvia.

Procedimiento:

- Al caudal de contribución importado al modelo que está comprendido por el data de caudal futuro, realizamos el ingreso adicional de caudal de contribución que sea semejante o lo más cercano a lo aforado en eventos de lluvia (Qafor_Lluvia) manualmente mediante la ventana de propiedades de sanitary loads a los buzones Bz_26, Bz_35 y Bz_58, Bz_120 y Bz_150, los valores de 03 l/s, 03 l/s, 6 l/s, 5 l/s, y 8.72 l/s pertinente a la data de caudal de contribución.
- Cerramos el cuadro una vez distribuido la data y ejecutamos el escenario denominado simulación Caudal_Evento lluvia haciendo clic en Analysis/Compute.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Gestión de la información

Actividades de campo

a. Cartografía de la zona en estudio

Representan la recopilación de datos topográficos de toda la zona urbana y áreas adyacentes donde se ha construido la infraestructura de las obras, como las redes de alcantarillado, las manzanas, lotes, buzones y las conexiones domiciliarias del SALC de Canayre.

Levantamiento topográfico

Con el uso de estación total se ha adquirido grupo de puntos con las coordenadas absolutas, tales como para: viviendas, buzones, vías, veredas, canales, postes, etc.

b. Catastro de redes

Catastro técnico

Se identificó el diámetro, material y la longitud total por tramos de las tuberías.

Tabla 2*Longitud total de tuberías por tipo de tramo*

Diámetro	Material	Tramo		Total
		Colector	Emisor	
200.00 mm	PVC	6598.832	742.423	7,341.26
160.00 mm	PVC	1655.111	0	1,655.11
TOTAL (m)		8,253.94	742.42	8,996.37

Se logró identificar la altura, diámetro y la cantidad de buzones por cada tramo.

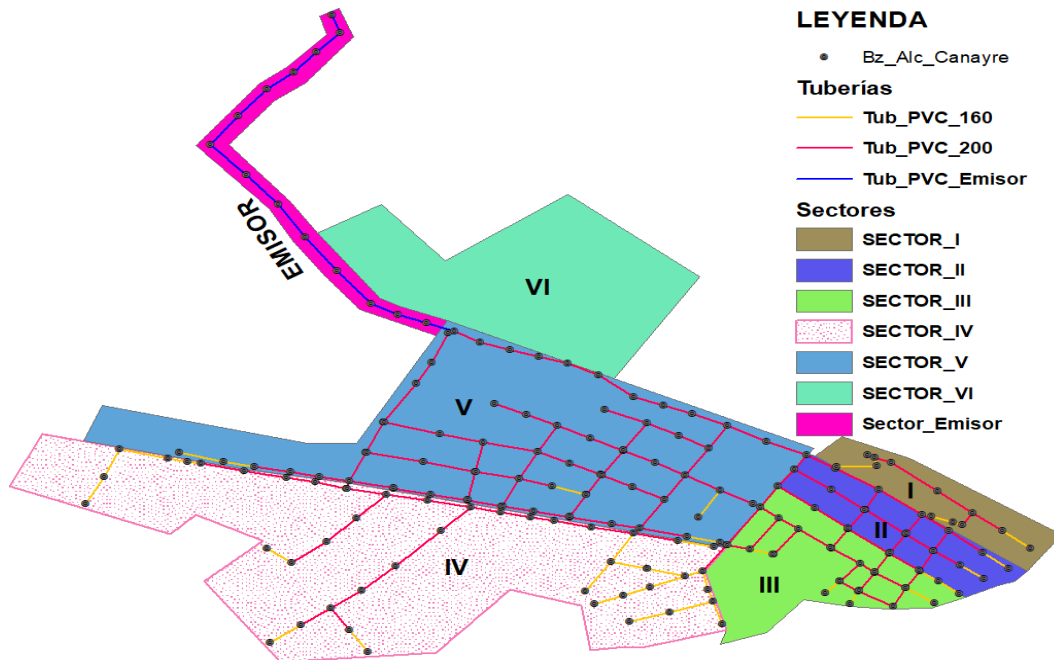
Tabla 3*Cantidad de buzones según tipo de altura y tramo*

Tipo	Tramo		Total	Rango
	Colector	Emisor		
Tipo I	92	4	96	(De 1.00 a 1.50 m)
Tipo II	25	1	26	(De 1.50 a 2.00 m)
Tipo III	10	2	12	(De 2.00 a 2.50 m)
Tipo IV	6	3	9	(De 2.50 a 3.00 m)
Tipo V	8	0	8	(De 3.00 a 3.50 m)
Tipo VI	5	1	6	(De 3.50 a 4.00 m)
Tipo VII	0	0	0	(De 4.00 a 4.50 m)
Tipo VIII	4	4	8	(De 4.50 a 5.00 m)
TOTAL	150	15	165	

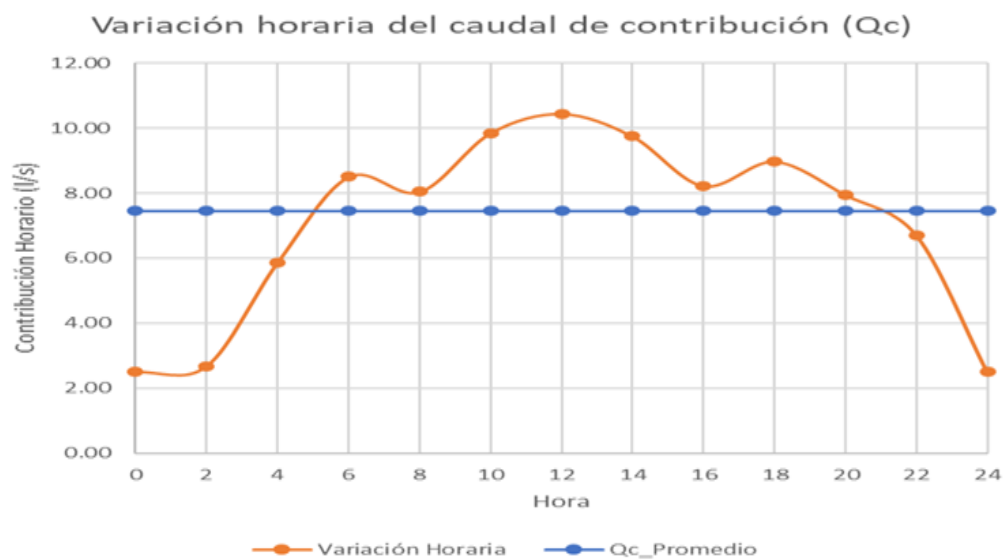
Catastro comercial

El SALC de Canayre en la actualidad está delimitado como estrategia de control en seis (06) sectores según su área usuaria. Brinda servicio a los sectores I, II, III, IV y V. Para años futuros se tiene planificado la instalación del servicio para el sector VI.

- En el sistema de distribución de agua potable del distrito de Canayre se tiene la cantidad de conexiones domiciliarias en un total de 736 unidades según su padrón de usuarios.
- El SALC que brinda servicio a una cantidad de 643 CD según categorías, cuenta con 487 conexiones domésticas, 143 conexiones comerciales, 08 conexiones estatales y 05 sociales.

Figura 4*Topología y sectorización del sistema de alcantarillado***c. Aforo a la llegada de la planta de tratamiento**

En el SALC de Canayre, el caudal de contribución aumenta a partir de las 6:00 a.m., alcanzando su punto máximo al mediodía, luego disminuye hasta su nivel más bajo durante las primeras horas de la mañana, como se indica en el aforo de caudal realizado en Figura 5.

Figura 5*Curva de variación horaria de caudal de contribución en Canayre*

Actividades de gabinete**a. Determinación de la población de análisis****Determinación de tasa de crecimiento**

La tasa de crecimiento de la población de la localidad de Canayre, se determinó con los datos de los censos del INEI de los años 2007 y 2017. La tasa de crecimiento se calculó utilizando la fórmula del crecimiento geométrico con los datos siguientes:

Población de la localidad de Canayre del año 2007: 2,561 Habitantes.

Población de la localidad de Canayre del año 2017: 3,520 Habitantes.

Tabla 4

Cálculo de la tasa de crecimiento Poblacional

Año	Población Censada(hab)	Tiempo (años)	r (%)
2007	2561	10	3.23%
2017	3520		
Tasa de crecimiento de Canayre			3.23%

b. Determinación de caudal de contribución

Se calculó el caudal de contribución del SALC para el MH a partir de la data de micromedición.

Tabla 5

Cálculo de caudal promedio y caudal de contribución.

Caudal promedio de consumo de viviendas			Alcantarillado	
Datos	Doméstico/No doméstico		Caudal promedio Qm (l/s)	Caudal contribución doméstico/no doméstico (l/s)
Conex. agua potable	736	und	$Q_m = \frac{V_c * 1000}{30 * 86400}$	FR: 80%
Conex. alcantarillado	643	und		
Consumo doméstico	11427.16	m ³ /mes		K2: 2
Consumo comercial	5433.10	m ³ /mes		Nº Conex. 643
Consumo social	129.90	m ³ /mes		
Consumo estatal	2914.35	m ³ /mes	7.6792 l/s	12.2867 l/s
Consumo total	19904.51	m³/mes		

En la Tabla 5 se resume el calculado de los volúmenes promedio de consumo para las 643 conexiones que cuentan con ambos servicios (agua y alcantarillado). El cálculo muestra por cada categoría a partir de los datos de consumo de agua potable el cual nos sirvió como datos para calcular el caudal promedio de consumo y el de caudal de contribución a la red del SALC.

c. Actualización de catastro de redes

Se realizó la actualización de catastro de redes a partir de la información obtenida en campo.

AutoCAD Civil 3d 2020

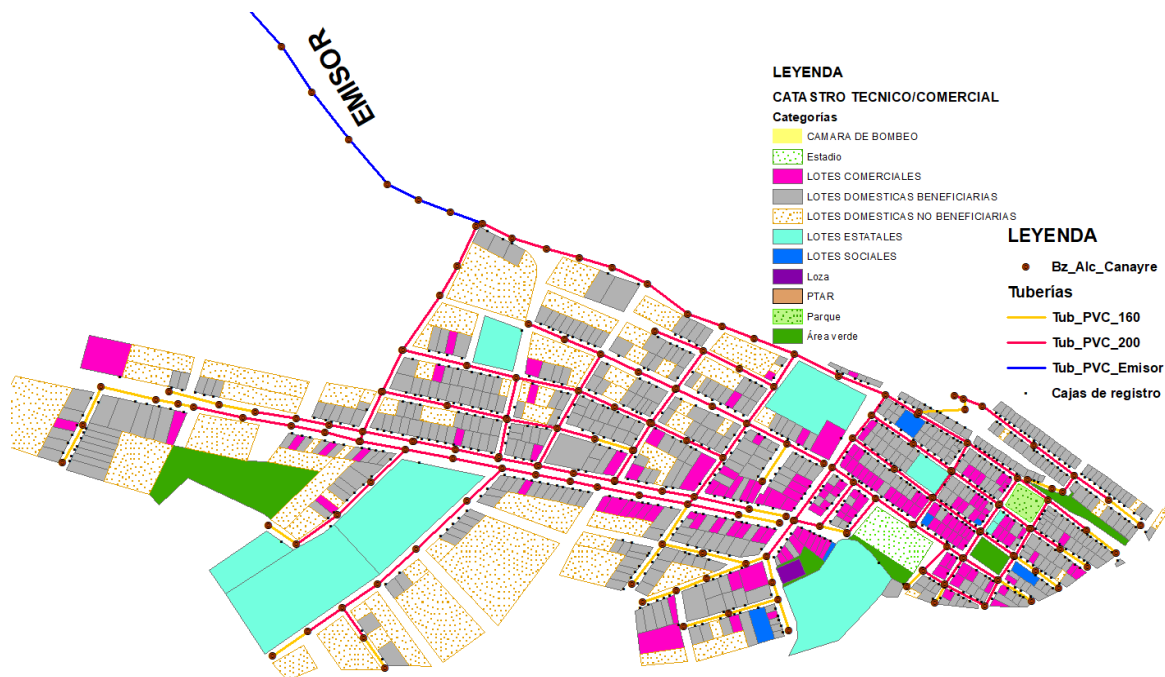
A partir de la nube de puntos topográficos se logró crear la superficie de terreno con curvas mayores cada 5 m y las menores cada 1 m. en formato DXF, DWG y LandXML que representa al área del sistema de alcantarillado de la localidad de Canayre.

Se logró llevar a cabo la subdivisión del área de investigación, utilizando el software AutoCAD CIVIL 3D para trazarla, en el cual se asignaron números a los lotes y se identificaron las viviendas, instituciones estatales, instalaciones sociales, áreas deportivas, parques, etc.

Se han identificado las calles con nombre propio, las manzanas, 630 viviendas con CD de agua potable y alcantarillado, 08 instituciones estatales, 05 locales entre sociales y comunales.

Figura 6

Catastro técnico/comercial del sistema de alcantarillado

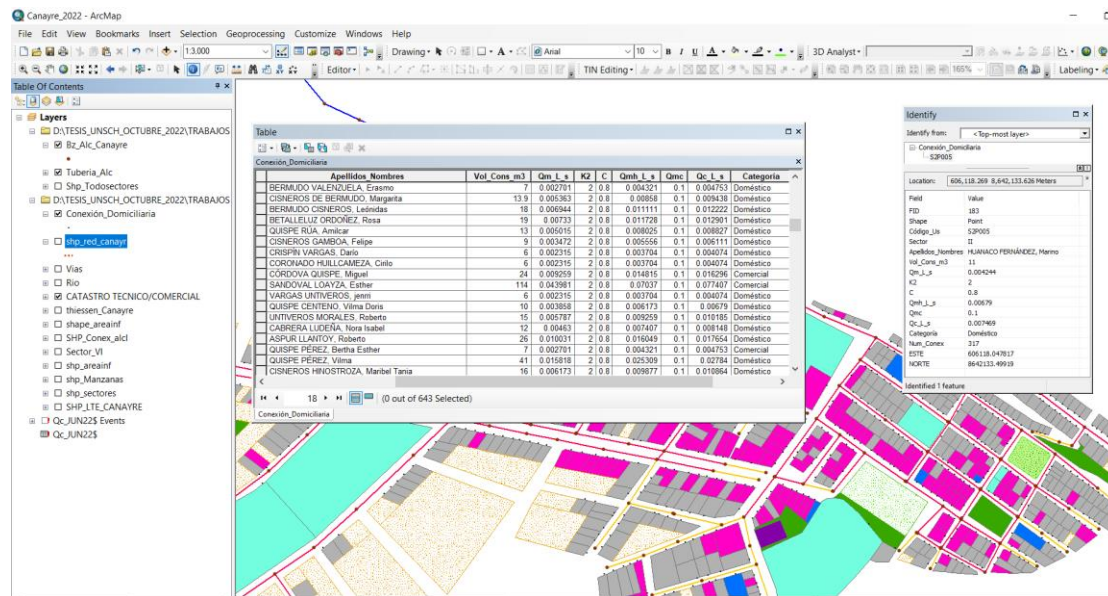


ArcGIS 10.5

Se logró la integración de datos de CD a partir de los archivos CAD y Excel, para el cual se tiene el base de datos SIG de CD para el modelado hidráulico. Se tiene para los 643 usuarios con su respectivo caudal de contribución la base de datos con su respectiva tabla de atributos (código de usuario, sector, nombres del usuario, categoría, etc.) en formato shapefile.

Figura 7

Resultados de integración del caudal de contribución de usuarios en SIG



d. Sistema de información geográfica (SIG)

Finalmente, se integró la información actualizada en un sistema de información geográfica (SIG) con el fin de generar planos que reflejen las condiciones reales del sistema.

Discusión sobre la gestión de la información

Según Jia et al. (2021) una alcantarilla que recibe aguas residuales residenciales, los datos de población asociados con esta alcantarilla son un indicador importante de las entradas. Sin embargo, generalmente es difícil obtener datos de población precisos para un área en particular o un nivel de edificio individual debido a las tasas de ocupación y la movilidad de la población desconocidas. Además, los problemas de privacidad también pueden limitar la disponibilidad de datos de movilidad de la población en algunas áreas. Con este fin, el método propuesto utiliza mapas tomados de bases de datos disponibles públicamente, como Google Earth, OpenStreetMaps, Bing Maps. Estas bases de datos de mapas a menudo poseen datos completos geoetiquetados.

En este estudio se realizó la actualización del catastro del SALC, con el fin de brindarle al proyecto de investigación información precisa, confiable y vigente para el MH y la toma de decisiones futuras. Basándonos en la información recopilada mediante el levantamiento topográfico y la digitación de los planos catastrales del SALC.

Modelo hidráulico

Simulación para diversos escenarios

Se seleccionó todos los tramos de los colectores con el fin de detectar el rebose, localizado en el jirón vista alegre exactamente en el buzón 37 (Bz_37) y en cajas de PC adyacentes al buzón donde se origina el rebose del sector II del SALC, y se llevó a cabo la simulación realizando las modificaciones mencionadas en el enfoque metodológico tal como la Tabla 1.

Con la simulación realizada para diversos escenarios, se tiene los resultados para el tramo de la red que ocasiona el problema (tramo BZ-36 al BZ-59) tal como se muestra en la Figura 8.

Figura 8

Perfiles de tuberías, tramos buzón 36 hasta buzón 122

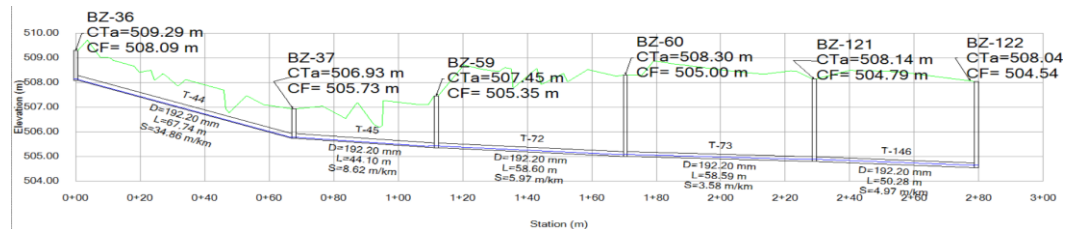
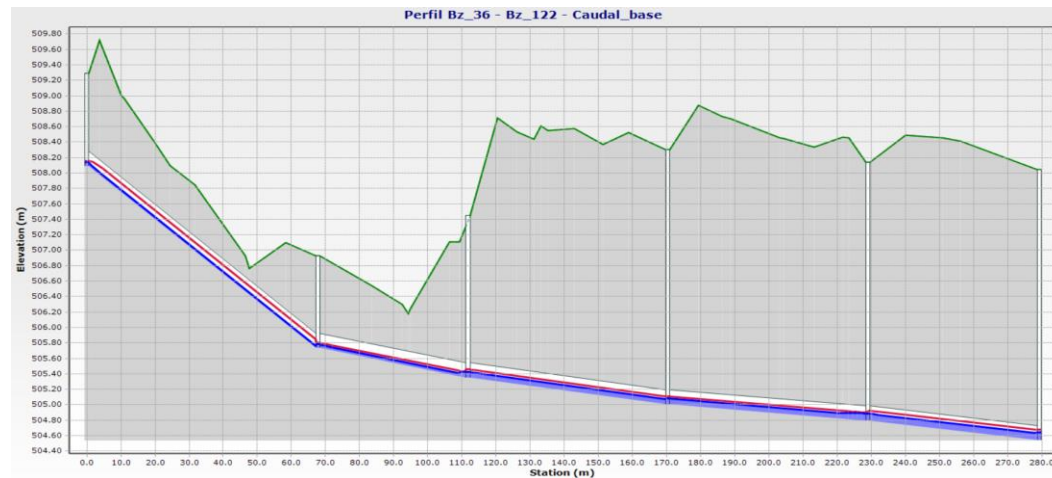


Figura 9

Perfil hidráulico en parte del sistema colector con caudal base

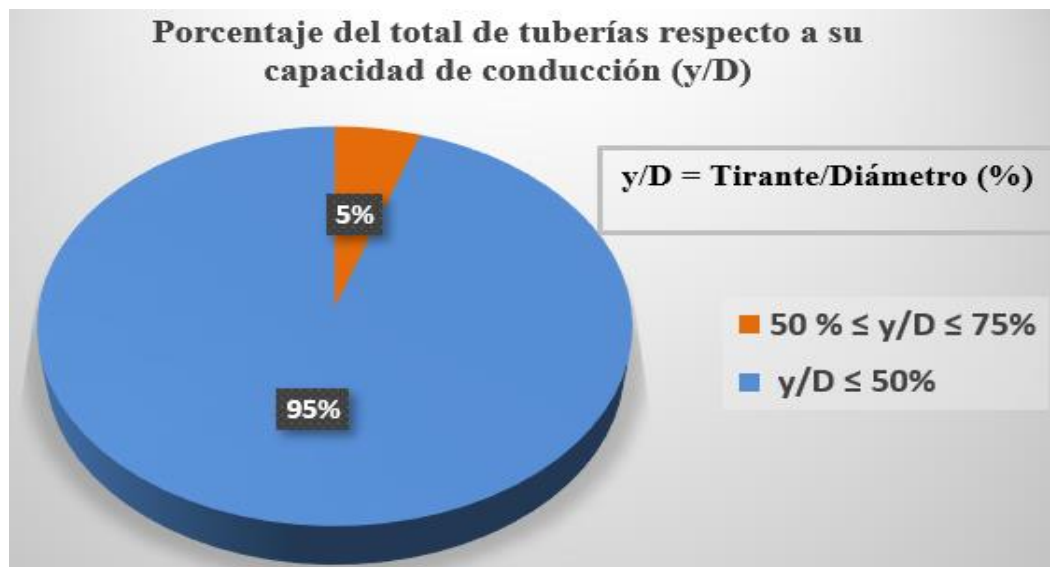


Escenario de simulación con caudal base

Realizado el cálculo hidráulico del colector Canayre, para la contribución máxima de desagüe a partir de la data de micromedición, agregado los caudales por malas conexiones para el año 2022, se observa que todos los conductos (176 conductos) se encuentran operando con capacidad de conducción disponible ($y/D < 75\%$), dentro de estos existen 09 conductos que se encuentran operando entre 50 a 75 % de su capacidad de conducción (y/D).

Figura 10

Colectores del sistema de alcantarillado Canayre simulado con caudal base

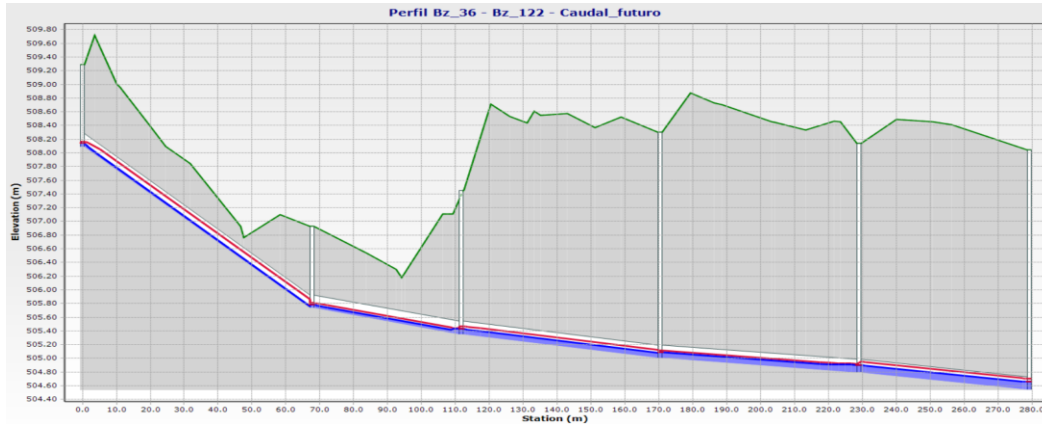


Interpretación: El 5% del total de tuberías del colector Canayre se encuentra operando entre 50 a 75 % de la relación de tirante sobre diámetro (y/D), el 95% del total de tuberías se encuentran operando menor al 50% de la relación (y/D).

Se verifica conductos con velocidades menores a 0.6 m/s (136 de un total de 176) y con mayores a 0.6 m/s (40 de un total de 176). En cuanto a su capacidad de autolimpieza, existen conductos (103 de un total de 176) que vienen operando con tensiones tractivas menores a 1 Pa.

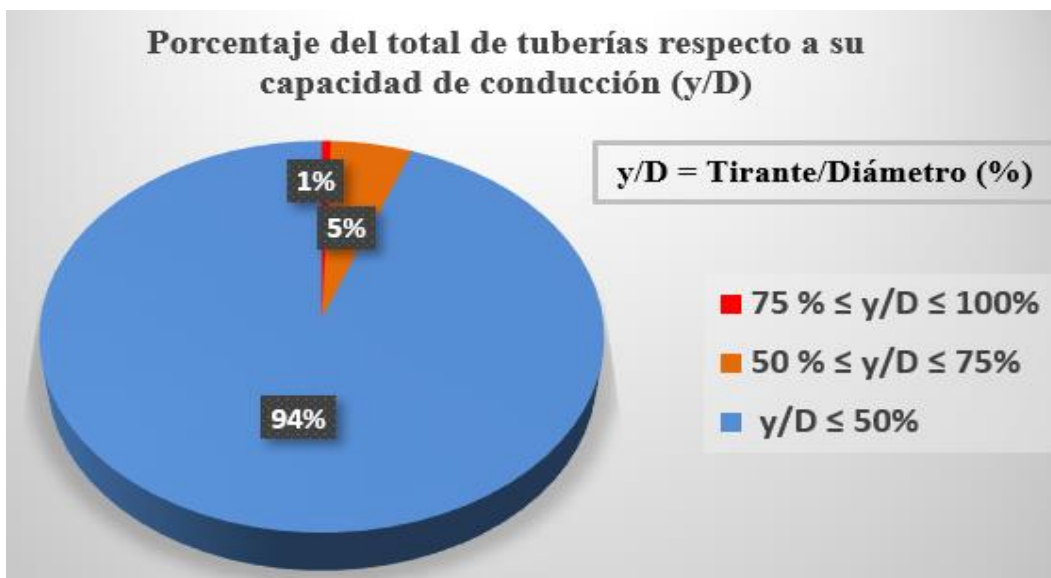
Escenario de simulación con caudal futuro

Realizado el cálculo hidráulico del colector Canayre, para la contribución máxima de desagüe para el caudal futuro (Q_{base} , Q_{inf} , Q_{esc} y Q_{ac}), se observa que existen conductos (01 de un total de 176) que estarían operando por encima de su capacidad de diseño.

Figura 11*Perfil hidráulico en parte del sistema colector con caudal futuro*

Interpretación: El 1% del total de tuberías del colector Canayre se encuentra operando por encima de su capacidad de diseño ($y/D > 75\%$), el 5% entre 50 a 75 % de la relación de tirante sobre diámetro, el 94% del total de tuberías se encuentran operando menor al 50% de la relación tirante sobre diámetro (y/D).

Se verifica conductos que conducen el agua residual con velocidades menores a 0.6 m/s (120 de un total de 176) y conductos con velocidades mayores a 0.6 m/s (56 de un total de 176). En cuanto a su capacidad de autolimpieza (fuerza de arrastre), se comprobó que existen conductos (90 de un total de 176) que vienen operando con tensiones tractivas menores a 1 Pa.

Figura 12*Colectores del sistema de alcantarillado Canayre simulado con caudal futuro*

Escenario simulado con caudal aforo en eventos de lluvia

Realizado el cálculo hidráulico del colector Canayre, para la contribución máxima de desagüe en eventos de lluvia, se observa que existen conductos (12 de un total de 176) que estarían operando por encima de su capacidad de diseño. Con la simulación se observa el desempeño de la red en el tramo del interceptor (Bz_36 al Bz_151), emisores están operando a presión y efectivamente se observa que el rebose empieza en el Bz_37 como se observa en la Figura 13.

Figura 13

Perfil hidráulico en parte del sistema colector con caudal en eventos de lluvia

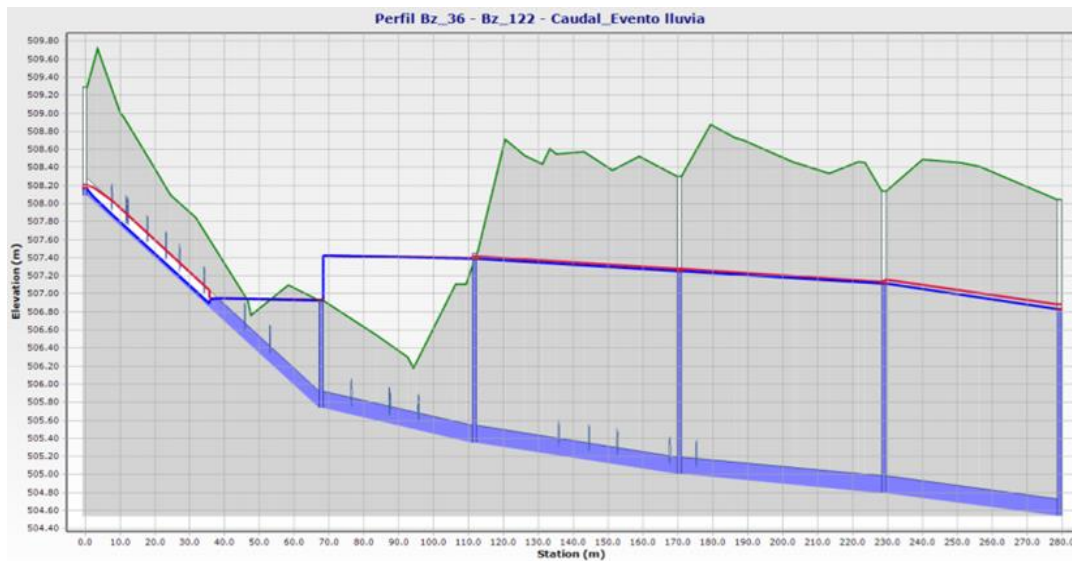
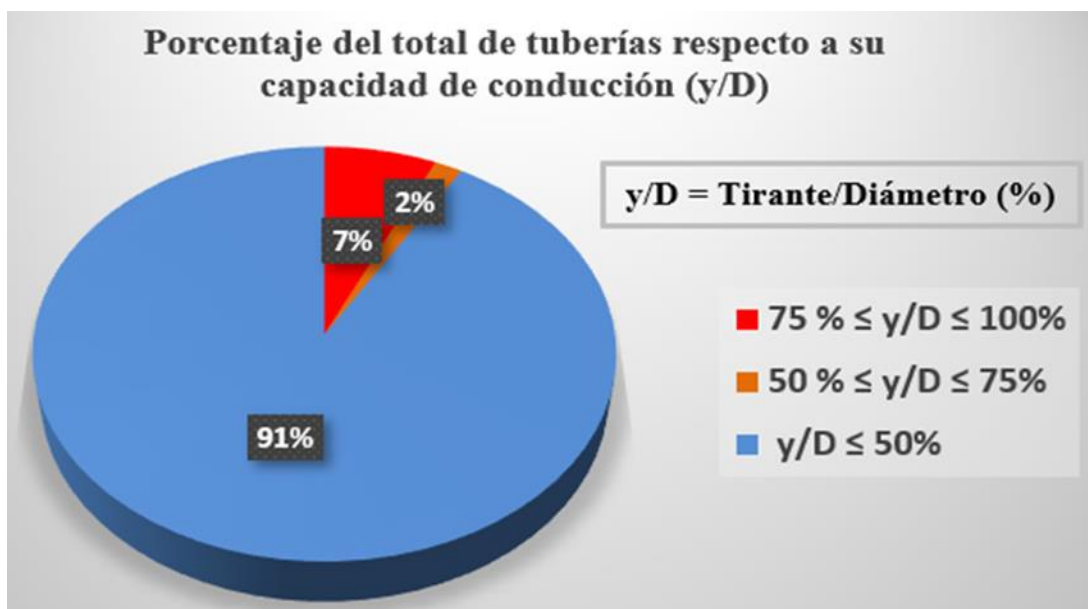


Figura 14

Colectores del sistema de alcantarillado simulado con caudal de evento de lluvia



Interpretación: El 7% del total de tuberías del colector Canayre se encuentra operando por encima de su capacidad de diseño ($y/D > 75\%$), el 2% entre 50 a 75 % de la relación (y/D), el 91% del total de tuberías se encuentran operando menor al 50% de la relación (y/D).

Se verifica conductos que conducen el agua residual con velocidades menores a 0.6 m/s (136 de un total de 176) y conductos con velocidades mayores a 0.6 m/s (40 de un total de 176). En cuanto a su capacidad de autolimpieza (fuerza de arrastre), se comprobó que existen conductos (103 de un total de 176) que vienen operando con tensiones tractivas menores a 1 Pa.

Discusión sobre el modelo hidráulico

Zhang et al. (2021) definen el concepto general de modelado hidráulico a partir del método propuesto, donde se presentan un sistema de alcantarillado (SALC) y un sistema de distribución de agua (WDS) para un área pequeña. Seleccionan dos SALC del mundo real en China, la red Benk (BKN) y la red Xiuzhou (XZN), como estudios de caso para demostrar la utilidad del método propuesto. Estos dos SALC se seleccionan porque sus WDS asociados tienen una buena cobertura de sensores de monitoreo, especialmente los medidores de demanda inteligentes. En la implementación del método propuesto utilizaron el EPANET2.0 y SWMM5.1 como modelo de simulación hidráulica WDS y SALC respectivamente en el estudio que realizaron.

En esta investigación, se ha utilizado el software SewerGEMS para modelar y simular el funcionamiento hidráulico del sistema de alcantarillado del distrito de Canayre para la etapa de su funcionamiento. Las simulaciones del modelo se implementan con una resolución de tiempo de 30 días, coincidiendo con la resolución de tiempo de datos de medición por el área usuaria.

Según Chavan & Shitole (2022) SewerGEMS es un software de ingeniería avanzado fácil de usar para analizar, diseñar y operar sistemas de alcantarillado sanitario y combinado.

Según Sudha et al. (2020) SewerGEMS V8i parece ser una herramienta extremadamente eficaz para instalar redes de alcantarillado y aguas pluviales. Un mapa que contiene los detalles de la tubería, la velocidad, las elevaciones y el flujo se puede obtener directamente de este software.

Según Noori & Singh (2021) el propósito del diseño hidráulico de la red en la primera etapa es averiguar el diámetro requerido de las tuberías de alcantarillado, que se determina en función de la cantidad de descarga. Luego el cálculo de pendiente y control de la velocidad de flujo en todas las alcantarillas.

Como se menciona en la literatura líneas arriba, sea cual fuera el software de modelado hidráulico, los modeladores mayormente utilizan el software para la etapa de diseño y no así para la etapa de

funcionamiento. En esta investigación, se hizo el uso del software SewerGEMS para el modelado hidráulico a flujo libre a partir de una data interna (Internal Data) y los procedimientos basados en los datos de carga de la conexión de propiedades (Property Connection load data), y con el método de enlace (tubería) más cercano (Nearest Link).

CONCLUSIONES

1.- Se realizó la gestión de información y se construyó el modelo de base de datos en formatos DWG, DXF y Shapefile que almacenará información geoespacial del catastro de redes que incluyen todo un inventario de tuberías, buzones y conexiones domiciliarias con una base de datos estructurada para cada entidad. El sistema de alcantarillado del distrito de Canayre cuya construcción data de 2018 (sistema nuevo), en la actualidad brinda servicio a seis sectores. Se tiene instalado 1655 m de tuberías de diámetro de 160 mm, 7341 m de 200 mm, 165 unidades de buzones y brinda servicio a 643 usuarios. Según categorías, cuenta con 487 conexiones domésticas, 143 conexiones comerciales, 08 conexiones estatales y 05 sociales. Según el aforo, en el sistema el caudal de contribución se incrementa a partir de las 6:00 am (8.50 l/s) hasta alcanzar el pico a las 12:00 pm (10.44 l/s). La información generada es útil para construir el modelo hidráulico en la etapa de operación y mantenimiento (O&M) de los sistemas de alcantarillado.

2.- Se realizó la simulación hidráulica en estado estático utilizando el software SewerGEMS para determinar la capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario, ejecutando los escenarios descritos en la metodología. En el escenario de simulación con caudal base se observó que, el 5% del total de tuberías del colector Canayre se encuentra operando entre 50 a 75 % de la relación de tirante sobre diámetro (y/D), el 95% se encuentran operando menor al 50% de la relación (y/D). En el escenario simulado con caudal aforo en eventos de lluvia, el 7% del total de tuberías del colector se encuentra operando por encima de su capacidad de diseño ($y/D > 75\%$) y se observó que el rebose empieza en el Bz_37 como se indica en la Figura 3.13, el 2% entre 50 a 75 % de la relación (y/D), el 91% del total de tuberías se encuentran operando menor al 50% de la relación (y/D). Los resultados del modelado hidráulico para la etapa de O&M son importantes para que los encargados del sistema ubiquen los puntos críticos y efectúen adecuadamente sus labores a favor de la población.

REFERENCIAS

- Chavan, S. R., & Shitole, S. S. (2022). *Design of Sewerage Network by using SewerGems*. 10(11).
- González, E., & Bejarano, E. (2019). Sistemas de información geográfica y modelado hidráulico de redes de abastecimiento de agua potable: estudios de caso en la provincia de Guanacaste, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 2(63), 293-318. <https://doi.org/10.15359/rgac.63-2.11>
- Jia, Y., Zheng, F., Zhang, Q., Duan, H. F., Savic, D., & Kapelan, Z. (2021). Foul sewer model development using geotagged information and smart water meter data. *Water Research*, 204(May), 117594. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117594>
- Noori, A. R., & Singh, S. K. (2021). Assessment and modeling of sewer network development utilizing Arc GIS and SewerGEMS in Kabul city of Afghanistan. *Journal of Engineering Research (Kuwait)*, 2021, 22-31. <https://doi.org/10.36909/jer.ICARI.15287>
- Quezada, W., & Quezada, C. J. (2011). *SewerCAD* (1ra ed.). Megabyte.
- Reza, A., & Singh, S. (2020). *Modeling of Wastewater Collection Network Using Arc GIS and SewerGEMS in Kabul, Afghanistan*.
- Sudha, J., Prasad, N., Ariramachandran, Nagarajan, & Prashanth, K. (2020). *An evaluation and analysis of a sewerage system for Tondiarpet, Chennai - A case study*. 5. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.358>
- Zhang, Q., Zheng, F., Jia, Y., Savic, D., & Kapelan, Z. (2021). Real-time foul sewer hydraulic modelling driven by water consumption data from water distribution systems. *Water Research*, 188, 116544. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116544>

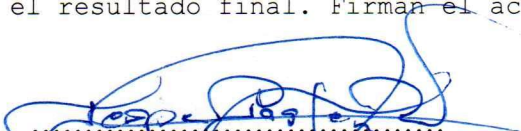
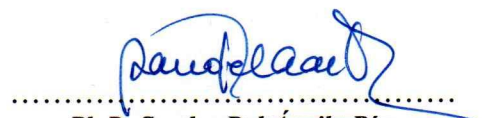
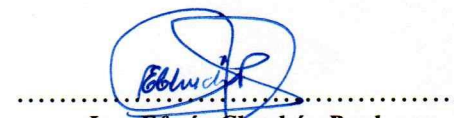
**UNSC**FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**
Bach. DESIDERIO FERNANDO LICAS ESPINOZA**R.D. N° 092-2024-UNSC-FCA-D**

En la ciudad de Ayacucho a los veintisiete días del mes de marzo del año dos mil veinticuatro, siendo las dieciocho horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del jurado conformado por el Dr. Jorge Edmundo Pastor Watanabe, Dr. Juan Charapaqui Anccasi como asesor, Ph.D. Sandra Del Águila Ríos y Ing. Efraín Chuchón Prado; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulada: **Modelado hidráulico y capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario del distrito de Canayre - Ayacucho - 2021.** para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrícola presentado por el Bachiller **DESIDERIO FERNANDO LICAS ESPINOZA.**

El señor Decano, previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberación y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Dr. Jorge Edmundo Pastor Watanabe	17	17	17	17
Dr. Juan Charapaqui Anccasi	17	16	16	16
Ph.D. Sandra Del Águila Ríos	14	16	15	15
Ing. Efraín Chuchón Prado	16	16	15	16
PROMEDIO GENERAL				16

Acto seguido se invita al sustentante y publico en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.


.....
Dr. Jorge Edmundo Pastor Watanabe
Presidente
.....
Dr. Juan Charapaqui Anccasi
Asesor
.....
Ph.D. Sandra Del Águila Ríos
Jurado
.....
Ing. Efraín Chuchón Prado
Jurado
.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe coordinador responsable de la valoración y verificación de originalidad de los trabajos de investigación y de tesis de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, designado mediante la RCF N° 005-2024-UNSCH-FCA-CF; hace constar que el trabajo de tesis titulado;

Modelado hidráulico y capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario del distrito de Canayre - Ayacucho - 2021

Autor : Desiderio Fernando Licas Espinoza
Asesor : Juan Charapaqui Anccasi

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación, aprobado mediante RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, y RCU N° 1530-2023-UNSCH-CU, emitiendo un resultado de **catorce por ciento (14 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2396247509

Ayacucho, 05 de junio de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANCA
Facultad de Ciencias Agrarias

Dr. Yuri Gálvez Gastelú
Coordinador de Control de originalidad de
trabajo de investigación y tesis - FCA

Modelado hidráulico y capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario del distrito de Canayre - Ayacucho -2021

por Desiderio Fernando Licas Espinoza

Fecha de entrega: 05-jun-2024 11:12a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2396247509

Nombre del archivo: TESIS_IA_NANDO_UNSCH2024.docx (20.36M)

Total de palabras: 20830

Total de caracteres: 114151

Modelado hidráulico y capacidad hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario del distrito de Canayre - Ayacucho -2021

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	idoc.pub Fuente de Internet	2%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	enlinea.unsch.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	www.iagua.es Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to upb Trabajo del estudiante	1%
8	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%

9	www.doccity.com Fuente de Internet	<1 %
10	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	<1 %
11	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	www.simaspiedrasnegras.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
13	biblioteca.uajms.edu.bo Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Aliat Universidades Trabajo del estudiante	<1 %
15	pirhua.udep.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.uptc.edu.co Fuente de Internet	<1 %
18	zonasegura.seace.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad Alas Peruanas Trabajo del estudiante	<1 %
20	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	

<1 %

21

dspace.uazuay.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

22

es.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

23

fdocuments.mx

Fuente de Internet

<1 %

24

repositorio.upsc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

25

#N/A. "DIA del Mejoramiento y Ampliación del Servicio de Protección contra Inundaciones de los Riachuelos de San Luis y José María Arguedas del Centro Poblado Las Américas-IGA0020481", R.D.G. N° 139-2019-MINAGRI-DVDIAR-DGAAA, 2022

Publicación

<1 %

26

dspace.uclv.edu.cu

Fuente de Internet

<1 %

27

www.sunass.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

28

Submitted to Universidad Andina Nestor
Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

<1 %

29	Submitted to Universidad San Francisco de Quito	<1 %
Trabajo del estudiante		

30	bdigital.unal.edu.co	<1 %
Fuente de Internet		

31	cybertesis.uni.edu.pe	<1 %
Fuente de Internet		

32	edoc.pub	<1 %
Fuente de Internet		

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo