



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Plataforma SIG para el mejoramiento de la gestión de redes de agua potable existente e implementación de redes proyectadas en el Distrito de Huaral

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero civil

AUTORES

Huallpatuero Robles, Alejandro
ORCID: 0000-0001-6733-7685

Irrazabal Hermoza, Luis Angel
ORCID: 0000-0001-8075-7887

ASESOR

Estrada Mendoza, Miguel Luis
ORCID: 0000-0002-8646-3852

Lima, Perú

2022

Metadatos Complementarios
Datos de los autores

Huallpatuero Robles, Alejandro
DNI: 72154333
Irrazabal Hermoza, Luis Angel
DNI: 75677980

Datos de asesor

Estrada Mendoza, Miguel Luis
DNI: 10493289

Datos del jurado

JURADO 1
Fano Miranda, Gonzalo Ramcés
DNI: 09178719
ORCID: 0000-0002-4401-8654

JURADO 2
Sueldo Mesones, Jaime Pío
DNI: 43703437
ORCID: 0000-0003-3760-8370

JURADO 3
Pereyra Salardi, Enriqueta
DNI: 06743824
ORCID: 0000-0003-2527-3665

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 02.01.01
Código del Programa: 732016

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, hermana, y amigos quienes me brindaron consejos, apoyo y conocimientos a lo largo de mis cinco años de estudio.

Alejandro Huallpatuero Robles

Esta tesis está dedicada a mi familia quienes fueron mi gran apoyo a lo largo de cinco años de pregrado, en especial a mi madre Adela y mi hermano Erik.

Luis Angel Irrazabal Hermoza

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento al asesor de tesis PhD. Miguel Luis Estrada Mendoza por su paciencia y sus conocimientos impartidos, a nuestros amigos Martin, Denis y Kevin por su apoyo.

Alejandro Huallpatuero y Luis Irrazabal

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
INTRODUCCIÓN	iii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción y formulación del problema general y específicos	1
1.1.1 Problema general	1
1.1.2 Problemas específicos	1
1.2. Objetivo general y específico	2
1.2.1 Objetivo general.....	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
1.3. Delimitaciones de la investigación: temporal, espacial y temática	2
1.3.1 Delimitación Temporal	2
1.3.2 Delimitación Espacial	2
1.3.3 Delimitación Temática.....	2
1.4. Justificación e importancia	3
1.4.1 Justificación Práctica	3
1.4.2 Justificación Social	3
1.4.3 Justificación Metodológica	3
1.4.4 Importancia	3
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	4
2.1. Antecedentes del estudio de investigación	4
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	4
2.1.2 Antecedentes nacionales	6
2.2. Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio	8
2.2.1 Sistema de Información Geográfica (SIG)	8
2.2.2 Interacción SIG con el software WaterGEMS.....	12
2.2.3 Mapas Temáticos	13
2.2.4 Sistemas de abastecimiento de agua potable	14
2.2.5 Tipos de redes	16
2.2.6 Comportamiento hidráulico	18
2.2.7 Modelos de simulación de redes hidráulicas	22
2.2.8 Gestión de redes de abastecimiento	27

2.2.9 Integración de sistemas GIS y la gestión de redes de abastecimiento de agua..	29
2.2.10 Sistema de información y manejo de las pérdidas de agua.....	30
2.2.11 Toma de decisiones en el catastro de redes	31
2.2.12 Los SIG como herramientas de apoyo en la toma de decisiones.....	32
2.3. Definición de términos básico	33
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	35
3.1. Hipótesis	35
3.1.1 Hipótesis principal	35
3.1.2 Hipótesis secundarias.....	35
3.2. Variables	35
3.2.1 Definición conceptual de las variables	35
3.2.2 Operacionalización de las Variables.....	36
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	37
4.1. Tipo y nivel.....	37
4.1.1 Tipo de investigación.....	37
4.1.2 Enfoque de investigación.....	37
4.1.3 Nivel de investigación.....	37
4.2. Diseño de la investigación	37
4.3. Población y Muestra	38
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	38
4.4.1 Tipos de técnicas e instrumentos	38
4.4.2 Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos.....	39
4.4.3 Procedimiento y recolección de datos.....	39
4.5. Técnicas de procesamiento y recolección de datos	39
CAPITULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	40
5.1. Diagnóstico y situación actual	40
5.1.1 Implementación de una plataforma SIG	40
5.1.2 Recolección de datos.....	40
5.1.3 Generación de curvas de nivel	41
5.1.4 Modelado de la red de agua potable	43
5.1.5 Procesamiento de datos en el software ArcGIS PRO	47
5.1.6 Elaboración de mapas temáticos.....	47
5.2. Presentación de Resultados.....	47

5.2.1 Simulación de rotura de tubería en el Sector 6	66
5.3. Análisis de resultados	67
5.4. Contrastación de hipótesis	68
5.4.1 Hipótesis principal:	68
5.4.2 Hipótesis específica 1	68
5.4.3 Hipótesis específica 2	68
5.4.4 Hipótesis específica 3	69
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
ANEXOS.....	76
Anexo N°1: Matriz de consistencia	76
Anexo N°2 Mapa de ubicación del proyecto (P-01)	77
Anexo N°3 Mapa de catastro de habilitaciones (P-02A)	78
Anexo N°4 Mapa de catastro de habilitaciones (P-02B)	79
AnexoN°5 Mapa de catastro de habilitaciones (P-02C)	80
Anexo N°6 Mapa de catastro de habilitaciones (P-02D)	81
Anexo N°7 Mapa de catastro de habilitaciones (P-02E).....	82
Anexo N°8 Mapa de catastro de habilitaciones (P-02F).....	83
Anexo N°9 Mapa de sectorizaciones (P-03A)	84
Anexo N°10 Mapa de sub sectorización (P-03b).....	85
Anexo N°11 Mapa de población por subsector (P-04)	86
Anexo N°12 Mapa Topográfico (P-05).....	87
Anexo N°13 Mapa de redes principales de agua potable Existente (P-06).....	88
Anexo N°14 Mapa de redes principales de agua potable Proyectada (P-07).....	89
Anexo N°15 Mapa de redes secundarias de agua potable existente por diámetro (P-08A).....	90
Anexo N°16 Mapa de redes secundarias de agua potable existente por material (P-08b)	91
Anexo N°17 Mapa de redes secundarias de agua potable existente por antigüedad (P-08c)	92
Anexo N°18 Mapa de áreas de influencia de redes de agua potable proyectadas (P-09)	93

Anexo N° 19 Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 1(P-10 ^a).....	94
Anexo N° 20 Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 2 (P-10b)	95
Anexo N° 21 Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 3 (P-10c)	96
Anexo N°22 Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 4 (P-10d)	97
Anexo N° 23 Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 5 (P-10e)	98
Anexo N° 24 Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 6 (P-10f).....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1 Esquema básico de componentes de un SIG	9
Figura N°2 Modelo tipo Vectorial	11
Figura N°3 Modelos tipo Ráster	11
Figura N°4 Interacción GIS con un modelo elaborado en WaterCAD	12
Figura N°5 Componentes de un mapa temático.....	14
Figura N°6 Obras de captación	15
Figura N°7 Clasificación de obras de captación	15
Figura N°8 Esquema referencial de redes abiertas de agua potable	17
Figura N°9 Esquema referencial de redes cerradas de agua potable	18
Figura N°10 Objetivos fundamentales de las sectorizaciones de redes	29
Figura N° 11 Estándares de calidad de servicio.....	30
Figura N° 12 Pasos en la toma de decisiones.....	32
Figura N° 13 Delimitación del área de estudio en Google Earth.....	41
Figura N° 14 Conversión de datos de Google Earth a GPX	41
Figura N° 15 Exportación de los datos GPX a shapefile en ArcGIS pro.....	42
Figura N° 16 Creación de TIN a partir del shapefile de los datos GPX	42
Figura N° 17 Creación de curvas de nivel a partir del TIN.	42
Figura N° 18 Modelado de las redes de agua del reservorio RAP-01.	43
Figura N° 19 Modelado de las redes de agua del reservorio RAP-02.	43
Figura N° 20 Modelado de las redes de agua del reservorio REP-01.....	44
Figura N° 21 Modelado de las redes de agua del reservorio REP-02.....	44
Figura N° 22 Modelado de las redes de agua del reservorio R-El Trébol.	45
Figura N° 23 Modelado de las redes de agua del reservorio R-Esquivel.....	45
Figura N° 24 Modelado de las redes de agua del reservorio R-San Isidro.	46
Figura N° 25 Características de la red de agua potable.	46
Figura N° 26 Mapa de ubicación del proyecto.....	49
Figura N° 27 Tabla de atributos de ubicación del proyecto.....	49
Figura N° 28 Mapa de habilitaciones.....	50
Figura N° 29 Tabla de atributos de habilitaciones.....	50
Figura N° 30 Mapa de sectorizaciones.....	51
Figura N°31 Tabla de atributos de Sectores.....	51
Figura N°32 Mapa de población por subsectores.	52
Figura N°33 Tabla de atributos de población.	52

Figura N°34 Mapa topográfico.	53
Figura N°35 Tabla de atributos de mapa topográfico.	53
Figura N°6 Mapa de redes principales de agua potable existente.....	54
Figura N°37 Tabla de atributos mapa de redes principales de agua potable existente. ..	54
Figura N°39 Tabla de atributos de mapa de redes principales de agua potable proyectada.	55
Figura N°40 Mapa de redes secundarias de agua potable existente por diámetro	56
Figura N°41 Tabla de atributos de mapa de redes secundarias de agua potable existente por diámetro.....	56
Figura N°42 Mapa de redes secundarias de agua potable existente por material.	57
Figura N°43 Tabla de atributos de mapa de redes secundarias de agua potable existente por material.....	57
Figura N°44 Mapa de redes secundarias de agua potable existente por antigüedad.....	58
Figura N°45 Tabla de atributos de mapa de redes secundarias de agua potable existente por antigüedad.....	58
Figura N°47 Tabla de atributos de áreas de influencia de redes de agua potable proyectadas.	59
Figura N°48 Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 1.	60
Figura N°49 Tabla de atributos de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia.....	60
Figura N°50 Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 2.	61
Figura N°51 Tabla de atributos de las redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 2.....	61
Figura N°52 Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 3.	62
Figura N°53 Tabla de atributos redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 3.	62
Figura N°54 Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 4.	63
Figura N°55 Tabla de atributos redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 4.	63

Figura N°56 Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 5.	64
Figura N°57 Tabla de atributos redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 5.	64
Figura N°58 Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 6.	65
Figura N°59 Tabla de atributos de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 6.....	65
Figura N°60 Simulación de rotura de tubería en el Area de influencia 3.	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1 Clasificación de tanques de distribución	16
Tabla N°2 Valores de C	21
Tabla N°3 Comparativo entre modelos físicos y numéricos.....	23
Tabla N°4 Evolución de la aplicación de los modelos.....	24
Tabla N°5 Operacionalización de las variables	36
Tabla N°6 Habitantes y lotes por sector.....	40
Tabla N°7 Tabla de Mapas temáticos	47
Tabla N°8 Análisis de costo unitario de suministro de agua potable.....	67
Tabla N°9 Presupuesto de suministro de agua potable	67

RESUMEN

La presente investigación desarrolló una plataforma SIG y mapas temáticos relacionados a las redes de agua potable existentes y proyectadas, con la finalidad de que esta herramienta permita elaborar una mejor gestión y toma de decisiones de estas, en el distrito de Huaral.

Se recolectó datos como: la topografía de la zona de estudio, catastro urbano, población existente, catastro de redes de agua existente y a proyectar. Asimismo, se realizó el modelamiento de las redes existentes y proyectadas en un software de análisis y modelado de redes de agua, y donde se generó una base de datos SIG.

Con la base de datos SIG se comenzó a crear diversos mapas temáticos que facilitaron la organización de datos como: el material de la tubería, diámetros de la tubería, longitudes de las tuberías, edad de las tuberías existentes, ubicación de válvulas de control, sectores del distrito de Huaral y población por sector.

Finalmente, con la base de datos SIG y los mapas temáticos que portan toda la información recogida, se realizó una simulación de avería de un tramo de tubería en el sector 6, donde se obtuvo la cantidad de lotes y población afectada según la distribución de válvulas de control existentes, con ello se pudo calcular el costo total de la reparación de la tubería afectada y el suministro de agua mediante camiones cisternas de 5000 galones para la población durante el proceso de reparación.

Palabras claves: Toma de decisiones, gestión de redes, plataforma SIG, mapas temáticos.

ABSTRACT

The present investigation developed a GIS platform and thematic maps related to existing and projected drinking water networks, in order that this tool allows for better management and decision-making of these, in the district of Huaral.

Data was collected such as: the topography of the study area, urban cadastre, existing population, existing and projected water network cadastre. Likewise, the modeling of the existing and projected networks was carried out in a water network analysis and modeling software, and where a GIS database was generated.

With the GIS database, various thematic maps began to be created that facilitated the organization of data such as: pipe material, pipe diameters, pipe lengths, age of existing pipes, location of control valves, sectors Huaral district and population by sector.

Finally, with the GIS database and the thematic maps that carry all the information collected, a failure simulation of a section of pipe in sector 6 was carried out, where the number of batches and affected population was obtained according to the distribution of valves. of existing control, with this it was possible to calculate the total cost of the repair of the affected pipe and the supply of water through 5000-gallon tank trucks for the population during the repair process.

Keywords: Decision making, network management, GIS platform

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las empresas prestadoras del servicio de agua potable y municipalidades, gestionan el catastro de redes e información relacionadas a estas, mediante el uso de archivos en formato DWG y XLS, los cuales generan sobretiempos a la hora de gestionar y tomar decisiones sobre las redes de agua; por otro lado, la plataforma SIG recopila, organiza y analiza estos datos, integrándolos en capas de información y visualizándolos en mapas temáticos que conllevan al manejo de la información de manera ágil, eficaz y simple.

La presente investigación tiene como objetivo principal Generar una base de datos SIG con la información recolectada para sistematizar el diagnóstico general de las redes existentes y proyectadas de agua potable en el distrito de Huaral.

En general la investigación desarrollada plantea la elaboración de una plataforma SIG de las redes de agua existentes y a proyectar, beneficiando no solamente a las entidades prestadoras de servicio y municipalidades sino además a la población que tienen

Capítulo I: Se desarrolló la descripción y formulación del problema, donde el propósito principal fue la de implementación de una plataforma SIG para mejorar la gestión de redes de agua potable en el distrito de Huaral.

Capítulo II: Se compilaron antecedentes nacionales e internacionales, libros, revistas especializadas y artículos científicos relacionados al tema de investigación, con la finalidad de elaborar las bases teóricas fundamentadas y la definición de términos básicos de la presente investigación.

Capítulo III: Se planteó la hipótesis general e hipótesis específicas del tema de investigación, para finalmente operacionalizar sus variables.

Capítulo IV: Se presenta la metodología de investigación, donde se define el método, tipo, nivel y diseño de la investigación. Se establece la población, muestras de estudio de la investigación, criterios de validez, procedimiento para recolección de datos y por último la descripción del procedimiento de análisis.

Capítulo V: Se realiza la presentación y análisis de resultados de la investigación, detallando y explicando la plataforma SIG y los mapas temáticos elaborados, además se elabora la simulación de un tramo tubería en el sector 6 para calcular la cantidad de lotes y población afectada; y el costo que conlleva. Finalmente se realiza las conclusiones y recomendaciones correspondientes de la investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y formulación del problema general y específicos

Los sistemas de información geográfica (SIG) están destinados a ser sistemas de gestión de información integral relacionada con el manejo de las redes de abastecimiento de agua potable, la combinación de información alfanumérica con la información geográfica dentro de un SIG, logra varias aplicaciones como: la gestión de averías en tuberías, gestión de demanda hídrica, mantenimiento, futuras ampliaciones y mejoramientos de la red. Entonces, si se tienen los medios para poder hacer un proyecto de red de abastecimiento de agua potable que esté siempre automatizado y actualizado, se podrá incorporar un SIG para poder ayudar a los operadores en las actividades diarias que hacen en el aprovechamiento de la red de abastecimiento de agua.

Para la gestión de la red se requiere contar con información exacta que permita una vinculación entre los clientes y el sistema, el funcionamiento de esta red debe ser capaz de abastecer a todos sus clientes con agua potable, brindando un servicio adecuado y de calidad.

La gestión incluye el mantenimiento de la red de abastecimiento existente, proyectar sus futuras extensiones, generar información para poder identificar los sectores de corte y otras actividades que se requieran en el tiempo. El uso de los sistemas de información geográfica permite tener un inventario que logra mantener, generar y usar esta información para analizar y planificar las situaciones futuras.

1.1.1 Problema general

¿Cómo el desarrollo de una plataforma de Sistema de Información Geográfica influye en la gestión de redes existentes de agua potable en el distrito de Huaral?

1.1.2 Problemas específicos

- a) ¿Cómo una base de datos SIG sistematiza el diagnóstico general de las redes existentes de abastecimiento de agua en el distrito de Huaral?
- b) ¿De qué manera una plataforma SIG acompañada de un software para el análisis de redes de tuberías de agua influye en la administración de los datos de las redes existentes de agua en el distrito de Huaral?

- c) ¿Cómo la elaboración de catastro de las redes existentes de agua, en el distrito de Huaral, a través de mapas temáticos influye en la toma de decisiones?

1.2. Objetivo general y específico

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar una plataforma de Sistema de Información Geográfica para el mejoramiento de la gestión de redes de agua potable en el distrito de Huaral

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Generar una base de datos SIG con la información recolectada para sistematizar el diagnóstico general de las redes existentes y proyectadas de abastecimiento de agua en el distrito de Huaral.
- b) Realizar una simulación mediante la plataforma SIG relacionado a un software para el análisis y modelado de redes para su estudio administración de los datos de las redes existentes y proyectadas de agua potable en el distrito de Huaral
- c) Elaborar mapas temáticos para mejorar en la toma de decisiones en el catastro de redes en el distrito de Huaral

1.3. Delimitaciones de la investigación: temporal, espacial y temática

1.3.1 Delimitación Temporal

Este trabajo de investigación se realiza con la información obtenida en el año 2022 y el modelamiento hidráulico está proyectado hasta el año 2042.

1.3.2 Delimitación Espacial

Este trabajo de investigación tiene como objeto de estudio desarrollar un SIG aplicado a la red de agua potable en el distrito de Huaral, Lima. El área de estudio no incluye a los centros poblados alejados de la ciudad que no sean abastecidos por la EPS EMAPA Huaral.

1.3.3 Delimitación Temática

Este trabajo de investigación se delimita en la gestión y análisis específicamente en la aplicación de un SIG en el comportamiento hidráulico de las redes de agua potable.

1.4. Justificación e importancia

1.4.1 Justificación Práctica

La presente investigación tiene justificación práctica porque las entidades administrativas tendrán una mejor noción de los tramos que necesitan de un mantenimiento o recambio de tuberías o accesorios.

1.4.2 Justificación Social

La presente investigación tiene justificación social porque se pretende mejorar la capacidad de gestión de la información por territorio en el distrito de Huaral, en beneficio tanto la municipalidad, la EPS y la población.

1.4.3 Justificación Metodológica

La presente investigación tiene justificación metodológica porque servirá como guía para futuras investigaciones relacionadas a la aplicación de sistemas de información geográfica (SIG).

1.4.4 Importancia

La presente investigación es de importancia porque permitirá impulsar proyectos de mejoramiento y adecuación del sistema de agua potable en el distrito de Huaral, facilitar la gestión e identificar las necesidades de las autoridades competentes.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio de investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Buitrago (2018) realizó una tesis titulada “Propuesta de implementación de un SIG para la administración y gestión del sistema de acueducto del municipio de bahía Solano – Chocó” Para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Militar Nueva Granada. En su tesis tuvo como objetivo principal el desarrollo de una herramienta basada en un sistema de información geográfica para la gestión y operación del sistema de acueductos de la ciudad de Bahía Solano - Chocó. Teniendo como resultado la creación de mapas temáticos generando resultados de calidad y a menor tiempo empleado. A su vez en su estudio de la relación costo/beneficio en la implementación del sistema de información geográfica se verificó que los costos más altos se reflejan en la compra de software comercial y la capacitación del personal, ya que existe información disponible para la implementación de SIG; su coste puede reducirse hasta el punto de utilizar software libre como motor, sin embargo, los resultados que se obtendrían no serían tan buenos como los del software comercial.

Camacho y Henao (2018) realizó una tesis titulada “Sistema de información geográfica aplicada a la localización y análisis de fugas de agua potable en las redes de los usuarios de la empresa IBAL en la ciudad de Ibagué” Para optar el grado de Especialista en sistemas de Información Geográfica en la Universidad de Manizales, tuvo como objetivo principal establecer un sistema de información geográfica para analizar y procesar la información sobre fugas en la red doméstica de IBAL, obtenida en campo, y que pueda dotar a la empresa de herramientas para la toma de decisiones. Teniendo como resultado el desarrollo de un sistema de información geográfica que permitió almacenar las fugas reportadas y visualizarlas en un mapa, posibilitando obtener información sobre la distribución de las fugas en diferentes regiones y barrios de la ciudad de Ibagué.

Gonzales y Bejarano (2019) en su artículo titulado “Sistemas de información geográfica y modelado hidráulico de redes de abastecimiento de agua potable: estudios de caso en la provincia de Guanacaste, Costa Rica”. Tiene como objetivo principal desarrollar e implementar una metodología para la modelación hidráulica de redes de distribución de agua, basada en el aprovechamiento de la información generada mediante el uso de sistemas de información geográfica. Teniendo como resultado la sistematización bajo una metodología que abarca el procesamiento y manejo de la información de los sistemas de agua y saneamiento. El resultado ha contribuido a la sincronización entre el uso de SIG y los métodos de modelado hidráulico, ambos usados por el AyA, con productos cartográficos y de simulación de alta calidad, y con esto han mejorado en el servicio prestado al Municipio.

Hernández (2018) realizó una tesis titulada “Aplicación de SIG en la caracterización de las aguas de dos acuíferos de las Comarcas de la Marina Alta - Safor” Para optar el grado académico de Ingeniero Civil en la Universidad Politécnica de Valencia; tuvo como objetivo principal introducir los datos generados por el análisis del agua en un sistema de información geográfica (GIS) para su posterior análisis geográfico y ambiental. Teniendo como resultado la generación de superficies usando interpolaciones para identificar posibles problemas en la zona indicando los puntos de mayor concentración. También al comparar las técnicas de Interpolación, IDW y Kriging utilizadas en este estudio y minimizando los errores generados en las mismas, obtuvimos que las medidas de Cloruro, Nitrato, CE y Sodio se representan con mayor precisión utilizando la técnica IDW mientras que el Magnesio, según la distribución normal, lo hizo utilizando la técnica kriging.

Hurtado y Tacuri (2018) realizó una tesis titulada “Actualización de la modelación hidráulica de los sistemas de distribución para el abastecimiento de agua potable de la parroquia de El Valle, en los sectores: Santa Teresita, Castilla Cruz, El Censo, Rayoloma, Paccha y Cochas.” Para optar el grado de Ingeniero Civil con énfasis en Gerencia de Construcciones en la Universidad del Azuay, tuvo como objetivo principal actualizar y calibrar el

modelo hidráulico de distribución de abastecimiento de agua potable en las zonas de: Santa Teresita, Castilla Cruz, San Francisco y El Censo, en la parroquia de El Valle. Teniendo como resultados obtenidos en campo donde fueron analizados y comparados con los resultados proporcionados por el software y dado que no había similitud se desarrolló un modelo de calibración para aproximar estos resultados. Con la ayuda de la herramienta Darwin Calibrator del software WaterGEMS. Los resultados del modelo hidráulico se ajustaron de acuerdo a los resultados obtenidos en campo en estado estacionario. De esta forma, se pudo asegurar que el modelo hidráulico funcionó correctamente y tiene las mismas características que la red real de abastecimiento de agua de cada campo.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Caballero (2017) realizó una tesis titulada “Sistema de información geográfica para mejorar la gestión técnica de agua potable y en la empresa municipal de agua potable y alcantarillado EMAPA – Huancavelica”. Para optar el grado académico de Ingeniero Civil Ambiental en la Universidad Nacional Del Centro del Perú “, tuvo como objetivo principal generar un sistema de información geográfica (SIG), para la mejora de la gestión catastral de agua potable en la EPS EMAPA-Huancavelica. Teniendo como resultados una mejora en la administración de la EPS EMAPA Huaral al implementar una base de datos SIG, donde se tuvo como resultado 847 solicitudes de conexión domiciliaria rastreadas hasta octubre de 2016, y que posiblemente la atención de 159 solicitudes más en comparación con el año anterior a la implementación del sistema de información geográfica.

Gutiérrez y Huamani (2019) realizó una tesis titulada “Modelamiento del sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el software Watercad en el diseño de las redes de distribución en la etapa I del proyecto san Antonio de mala – distrito de mala”. Para optar el grado académico de Ingeniero Civil en la Universidad San Martin de Porres “, tuvo como objetivo principal evaluar el impacto del modelado del sistema de abastecimiento de agua potable mediante el software Watercad en el diseño de la red de distribución en la fase I del proyecto San Antonio de Mala, distrito de Mala. Teniendo como resultados el modelado del sistema de abastecimiento de agua potable donde se realizó mediante el software

Watercad, el cual incide directamente en el diseño de la red de distribución, por lo que, al simular diferentes modelos en este software, se obtuvo el modelo más adecuado cumpliendo con los requerimientos de velocidad y presión.

Palacios (2021), realizó una tesis titulada “Manejo del sistema de información geográfica para la gestión de redes de agua potable y alcantarillado de la urbanización latina del distrito de José Leonardo Ortiz de la provincia Chiclayo 2020” Para optar el grado académico de Ingeniero Civil Ambiental en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, tuvo como objetivo principal generar un sistema de información geográfica (SIG) para optimizar la gestión técnica de las redes de agua potable y alcantarillado de la urbanización latina del distrito de José Leonardo Ortiz, Chiclayo. Teniendo como resultados la mejora en la gestión de información, permitiendo la reducción de tiempos y gastos al momento de buscar información específica y que se evita perderse la información. A su vez con la interacción SIG con Watercad permitió la reducción de tiempo para su análisis hidráulico.

Valdiviezo (2019), realizó una tesis titulada “Manejo del software qgis para gestionar datos de redes de distribución de agua en la urb. Miraflores”. Para optar el grado académico de Ingeniero Civil en la Universidad de Piura, tuvo como objetivo principal generar un sistema de información geográfica con el apoyo del software QGIS aplicado al catastro de redes de agua potable para la eficiente gestión de los datos en la urbanización Miraflores. Teniendo como resultados la mejora del rendimiento y desempeño de la municipalidad y la EPS GRAU S.A., a su vez dio a conocer las bondades del software y los campos aplicativos que puedan aplicarse.

Valenzuela y Orrillo (2019) realizó una tesis titulada “Modelación Hidráulica de la red de distribución de agua potable en la localidad de Paucartambo - Cusco”. Para optar el grado académico de Ingeniero Civil en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; tuvo como objetivo principal evaluar y analizar la red de distribución de agua potable de la ciudad de

Paucartambo-Cusco, a su vez realizar la modelación hidráulica con el software WATERCAD en escenarios de consumo según R.N.E, así como según consumo real incluyendo ANF, conociendo la actividad de la red y la capacidad para presentar propuestas de mejora. Teniendo como resultados que incluso si la estructura de la nueva red pudiese ajustarse y financiarse con el sistema existente, el agua no sería suficiente para garantizar el funcionamiento normal y representaría una amenaza directa para los recursos pesqueros y el medio ambiente circundante. A su vez mediante la implementación de planes y acciones para la gestión del agua libre (ANF) en la red, lograría reducir el suministro actual (302,38 lt/hab/d) a parámetros más acordes con los especificados en la R.N.E (180 lt/hab/día), reduciendo la tasa actual de ANF que actualmente es del 68% en aproximadamente un 40,47%.

2.2. Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio

2.2.1 Sistema de Información Geográfica (SIG)

Existen diversos autores que definen al sistema de información geográfica. Según Olaya (2012) define "...un SIG es un sistema que integra tecnología informática, personas e información geográfica, y cuya principal función es capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos georreferenciados." (p. 09).

a) Componentes de un SIG

Existen diferentes tipos de clasificaciones de un sistema de información geográfica, Víctor Olaya (2012) indica que "resulta más conveniente para su estudio práctico adoptar una evolución del esquema clásico de cinco elementos, y establecer unos nuevos componentes, cada uno de los cuales actúa como un pilar conceptual sobre el que ha de sustentarse el estudio de la disciplina de los SIG. Estos componentes son cinco:"

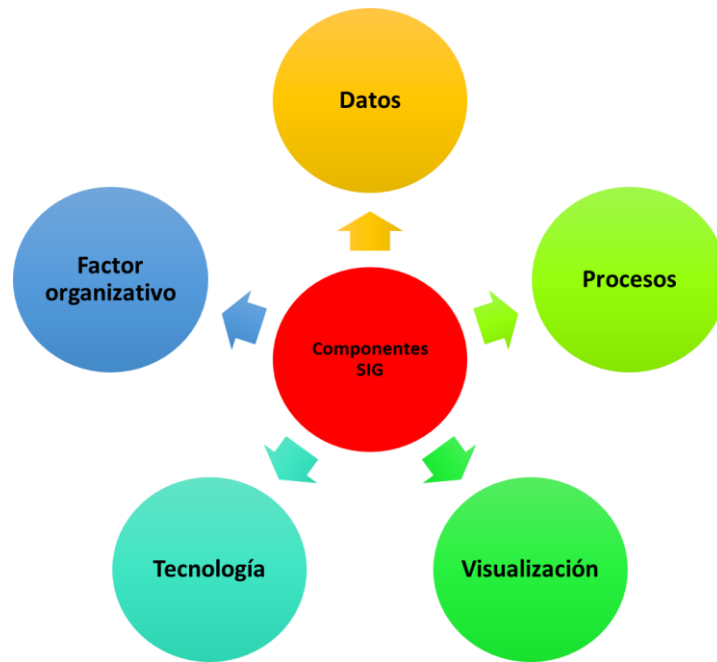


Figura N°1 Esquema básico de componentes de un SIG

Fuente: Elaboración propia. Adaptado de “Sistema de información geográfica”, Víctor Olaya.

b) Datos

Es de gran importancia y fundamental este componente en el SIG, así como Víctor Olaya (2012) indica “La información geográfica, la verdadera razón de ser los SIG, reside en los datos, y es por ello que el conocimiento exhaustivo de los datos y su naturaleza resulta obligado para una buena comprensión de los propios SIG” (p.18).

c) Procesos

El proceso generado por un SIG permite la generación de nuevos datos, aplicando en distintos campos, a su vez Víctor Olaya (2012) indica “Estas formulaciones representan procesos que pueden ser sumamente sencillos o enormemente complejos, y que pueden resultar de aplicación en uno u otro campo, o incluso con carácter general.”(p.19).

d) Visualización

Parte del SIG es el manejo de información de manera visual así como Víctor Olaya (2012) indica “La visualización no solo es una forma más de trabajar con esa información, sino que resulta la forma principal, no ya por ser la que en general hace más fácil e intuitivo el tratamiento de

esa información, sino porque es aquella a la que estamos más acostumbrados.”(p.19).

e) Factor organizativo

Un SIG requiere de una distribución y una concertación entre sus elementos. A su vez Víctor Olaya (2012) indica “El factor organizativo ha ido progresivamente ganando importancia dentro del entorno SIG, a medida que la evolución de estos ha ido produciendo un sistema más complejo y un mayor número de intrarelaciones e interrelaciones entre los distintos componentes que lo forman.”(p.21).

f) Tecnología

El uso de la tecnología en el SIG incluye tanto el hardware como el software aplicados, Víctor Olaya (2012) indica “En lo que a hardware respecta, es el elemento físico del sistema SIG, y conforma la plataforma sobre la que tiene lugar el trabajo con un SIG.” a su vez también sobre el software indica “el software es el encargado de operar y manipular los datos.”(p.20).

g) Tipos de Datos

En una base de datos SIG hay dos maneras de almacenar la data:

➤ Modelo Vectorial

Olaya (2012) describe “En este modelo, no existen unidades fundamentales que dividen la zona recogida, sino que se recoge la variabilidad y características de esta mediante entidades geométricas, para cada una de las cuales dichas características son constantes” (p.84).

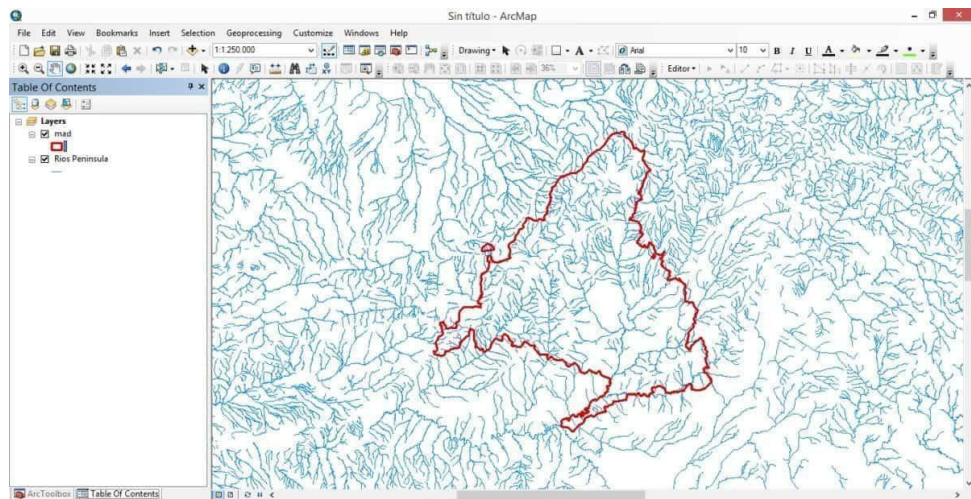
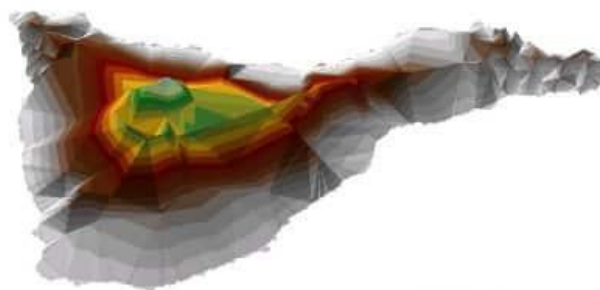


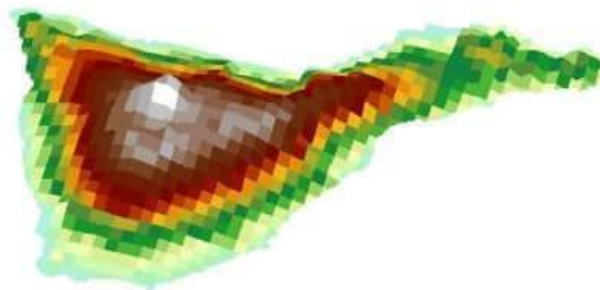
Figura N°2 Modelo tipo Vectorial
Fuente: Matellanes R. (2017)

➤ Modelo Ráster

Olaya (2012) describe “En el modelo ráster, la zona de estudio se divide de forma sistemática en una serie de unidades mínimas (denominadas habitualmente celdas), y para cada una de estas se recoge la información pertinente que la describe” (p. 79)



Modelo digital de elevación basado en estructura TIN



Modelo digital de elevación basado en estructura GRID

Figura N°3 Modelos tipo Ráster
Fuente: Matellanes R. (2017)

2.2.2 Interacción SIG con el software WaterGEMS

Una de las bondades otorgadas del software WaterGEMS es la integración al sistema de información geográfica, para su uso en el modelamiento hidráulico y análisis de calidad para el sistema de distribución de agua. La gestión de estas herramientas interactivas también permite trabajar con datos geospaciales, mejorar y gestionar la infraestructura y controlar los riesgos. Con base en el análisis de flujo, estimar el costo de inversión y el consumo de energía; WaterGEMS le proporciona una interfaz de herramientas intuitivas que le permiten analizar, diseñar y mejorar su sistema de distribución de agua. (Mendieta,2014)



Figura N°4 Interacción GIS con un modelo elaborado en WaterCAD

Fuente: Bentley 2008, Talleres 6-7 Uso de ModelBuilder y LoadBuilder en WaterCAD/GEMS

Las aplicaciones de modelación hidráulica con la incorporación del SIG, permite crear diferentes propuestas de solución frente a determinados problemas generados por la falta de mantenimiento en las infraestructuras de agua. Los resultados que son proporcionados por el modelamiento hidráulico pueden ser insertados en el SIG para su posterior análisis e interpretación. (Palacios, 2021)

a) Aspectos de la aplicación de los SIG para sistemas de distribución.

Básicamente la utilización de ambos modelos en conjunto permite trabajar con la información sin necesidad de exportar e importar esto entre el SIG y el modelo hidráulico.

Según CONAGUA y CONACYT los aspectos del SIG son los siguiente:

- Los usuarios pueden tener conocimiento de donde proviene el agua que consumen; es decir, cual es la fuente de la que provienen para su correcta distribución. Por ello, el modelamiento hidráulico puede determinar la proporción necesaria de cada una de las fuentes para satisfacer la demanda.
- La calidad del agua puede ser determinada no solo por la cantidad de componente existentes después de un ensayo de laboratorio, sino también tomando en cuenta el tiempo que se encuentra retenido en un sistema. Por ello, estos dos sistemas se deben encontrar correctamente calibrados para poder determinar cada deficiencia en el sistema de distribución.
- Después de realizar un correcto análisis crítico se podrían determinar qué usuarios podrían ser afectados si se da una ruptura de una tubería y por cuanto tiempo duraría esta interrupción. Asimismo, se puede optimizar los límites de presión, rastreo de contaminantes, factibilidad de tomas nuevas, entre otras funciones.

2.2.3 Mapas Temáticos

Según ESRI indica “Estos mapas muestran información espacial para indicar la ubicación y la distribución de fenómenos específicos. Estos mapas pueden mostrar solo una capa temática de datos o bien agrupar varias capas para resaltar patrones y las relaciones entre ellos.”

a) Componentes de un mapa temático

García (s.f.) describe que “Todo mapa temático está compuesto por dos elementos fundamentales: Una base geográfica (mapa base), y una capa de contenido temático”, a su vez también indica “El usuario de un mapa mático habrá de ser, por tanto, capaz de integrarlas, visual e intelectualmente, durante la lectura del mapa.”



Figura N°5 Componentes de un mapa temático
Fuente: García M.(s.f.)

Existen diversos tipos de mapas temáticos, entre los que Ormeling (s.f.) menciona son:

- Mapas corocromáticos
- Mapas de puntos
- Mapas de coropletas
- Mapas de flujos
- Mapas de símbolos proporcionales
- Mapas de diagrama
- Mapas de isolíneas

2.2.4 Sistemas de abastecimiento de agua potable

Es el conjunto de estructuras que tienen como finalidad provisionar agua potable con presión eficiente, buena calidad y de manera constante a una población determinada (Rodríguez, 2001).

a) Elementos del sistema de abastecimiento

- Obras de captación
Son los equipamientos electromecánicos y obras civiles que se usan para poder captar y habilitar de forma eficaz el agua subterránea o superficial, estas obras y equipamientos varían acorde a la magnitud y ubicación de la fuente de abastecimiento, en la Figura 6 se puede visualizar ejemplos de obras de captación, el diseño de

estas debe tener la capacidad de prever la posibilidad de contaminar el agua extraída. (Rodríguez, 2001)

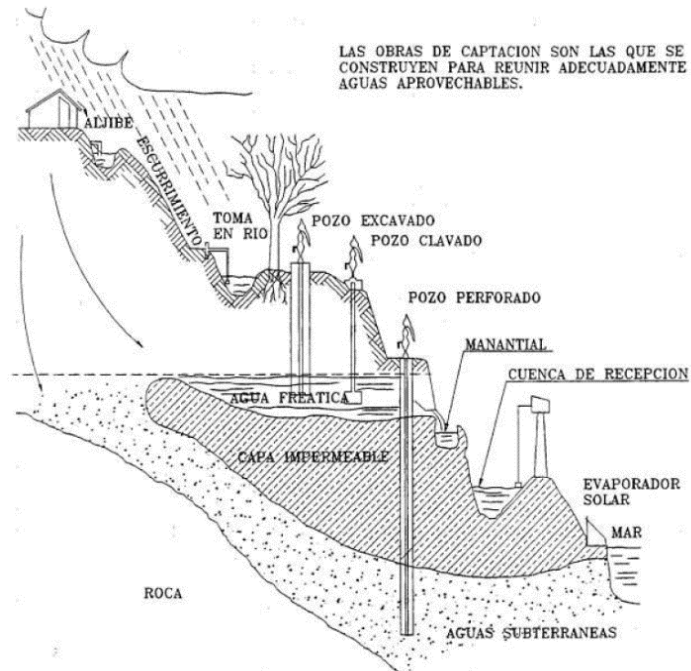


Figura N°6 Obras de captación
Fuente: Abastecimiento de Agua, Instituto Tecnológico de Oaxaca

Clasificación de las obras de captación:

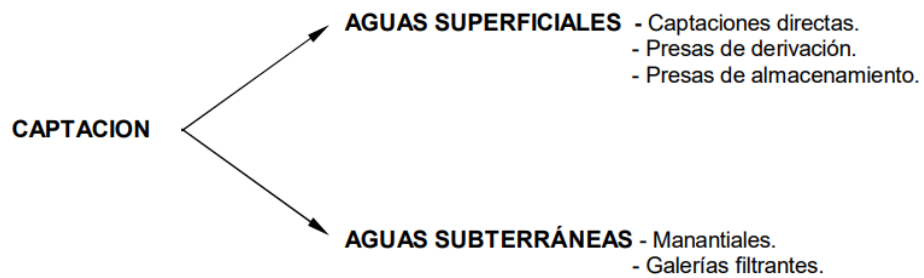


Figura N°7 Clasificación de obras de captación
Fuente: SIAPA (2014)

➤ **Conducción**

Son todas las estructuras que trasladan el agua desde el punto de captación hasta un reservorio de agua potable o a una PTAP (planta de tratamiento de agua potable), estas estructuras deberán tener la capacidad de transportar el caudal máximo anual de la demanda diaria diseñada. (Veriendel, 2009)

- **Tanque de distribución**
 “El tanque de regularización; es la estructura del sistema de abastecimiento de agua en la que se realiza un cambio de régimen, pasando de uno constante en la aportación a uno variable en el consumo. Esta función se realiza de la siguiente manera, el suministro de agua es continuo durante las 24 horas del día, en tanto que el consumo en la población es variable, por lo tanto, en esta estructura se almacena agua en las horas de bajo consumo, misma que se utiliza en las horas de alto consumo.” (Jiménez, 2007, p. 96)
 Estos tanques consiguen mantener la presión del agua en la red de distribución, para asegurar un continuo abastecimiento de agua potable. (Rodríguez, 2001)

TablaN°1
 Clasificación de tanques de distribución

Por material	Por forma	Por posición relativa respecto al terreno
Acero	Esférico	Elevados
Concreto	Semiesférica	Enterrados
Mampostería y concreto	Rectangulares	Semienterrados
Acero	Cilíndrico	Superficiales

Fuente: Adaptado de Rodríguez (2001)

- **Red de distribución**
 Es la red que transporta el agua potable desde la PTAP o reservorio, hasta el poblado, con las presiones necesarias para el uso comercial, industrial y residencial, además de la reserva contra incendios en la zona de demanda diseñada. (Conagua, 2003).

2.2.5 Tipos de redes

a) Sistema abierto o ramificado

Este tipo de red de distribución tiene la particularidad de contar con una tubería principal de mayor diámetro que es la distribución, y es donde

parten los ramales que culminan en puntos ciegos, es decir no tendrán interconexiones con otras tuberías en esta red de distribución. (Barriga, Plazas y Rivera, 2006)

Redes abiertas, Según Saldarriaga (2007) “Se caracterizan por no presentar circuito cerrado alguna en el sistema, Los casos tipos son las redes matrices o lineales en sistemas de distribución de agua potable o son los típicos casos en planteamientos de agua potable en zonas rurales por estar disperso las unidades de demanda de dicho recurso” (p.301).

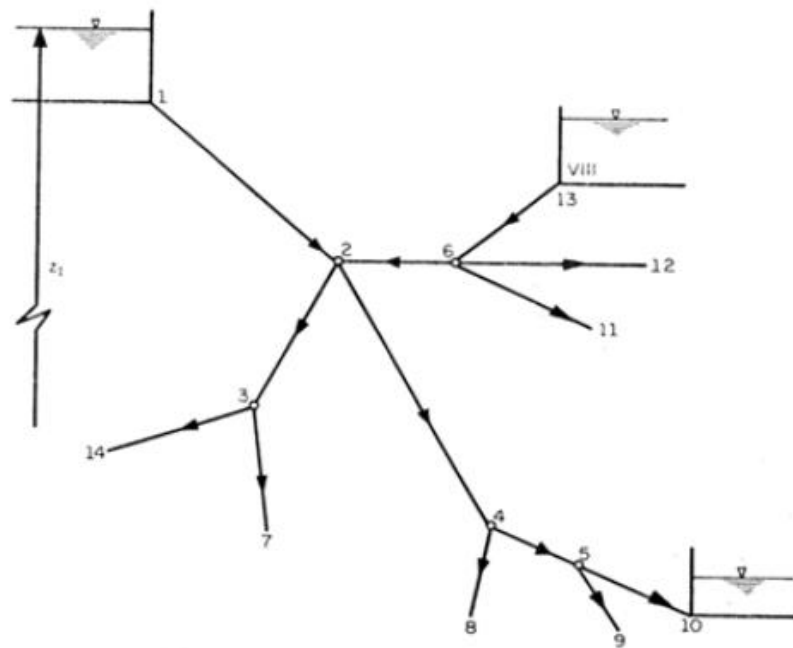


Figura N°8 Esquema referencial de redes abiertas de agua potable
Fuente: Sotelo 2002

b) Sistema cerrado

“En este tipo de red, se logra la conformación de mallas o circuitos a través de la interconexión entre los ramales de la Red de Distribución de Agua Potable”. (López, 2004)

En este tipo de red se tiene la ventaja principal, que, al ocurrir un corte debido al mantenimiento o rotura de una tubería, se afecta una menor cantidad de usuarios, dado que se pueden disponer de rutas alternas al flujo a través de la malla que configuran esta red de agua potable.

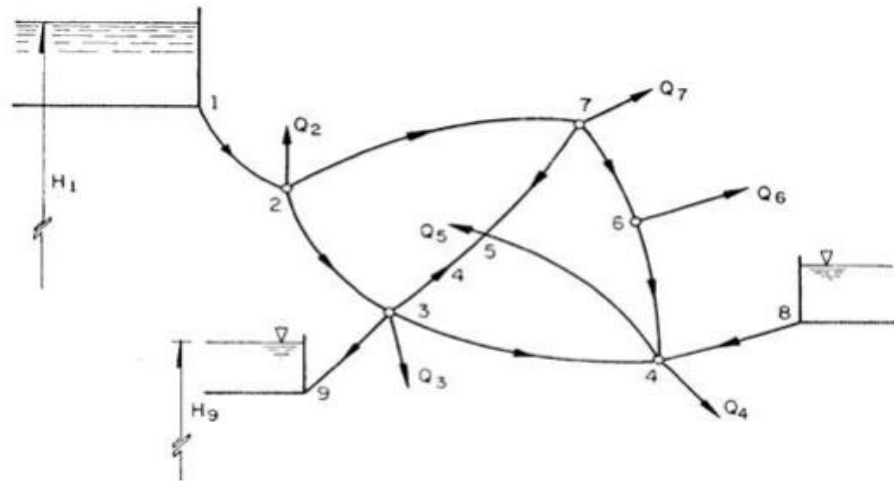


Figura N°9 Esquema referencial de redes cerradas de agua potable
Fuente: Sotelo 2002

2.2.6 Comportamiento hidráulico

Mott (2013) afirma que:

“Los fluidos afectan de muchas maneras la vida cotidiana de los seres humanos... diseñar y analizar sistemas de fluidos para determinar la clase y tamaño de los componentes que debe emplear” (p.153).

Según (CONAGUA, 2016), Para conocer el comportamiento hidráulico de una red de distribución con diámetro conocido, la longitud y coeficientes de fricción; es necesario especificar las cargas de presión en los nodos y velocidades en las tuberías por donde fluye el agua. (p.74)

a) Características del comportamiento hidráulico de flujos

“El carácter de flujo en un tubo redondo depende de 4 magnitudes: la densidad en el flujo ρ , la viscosidad η , diámetro de la tubería D y la velocidad promedio del flujo v ” (Mott, 2013, p.230). Se deduce de la cita que todos esos componentes se basan en la determinación de las características del comportamiento hidráulico de los flujos.

Estos 4 componentes se especificarán en las siguientes definiciones:

➤ Densidad ρ

La densidad es la relación entre masa y volumen, esta puede disminuir o incrementar acorde a la presión y temperatura, estas variaciones no son representativas más si depende de la presión. La densidad tiene como unidad el (kg/m³).

➤ Viscosidad η :

Es una propiedad física de un fluido, la cual viene a ser la dificultad de fluir dentro de algún recipiente, tubería o depósito, la temperatura es un punto importante para una mayor o menor viscosidad, deduciendo a continuación la relación entre estos componentes

Menor viscosidad: Mayor temperatura y menor cohesión molecular

Mayor viscosidad: Menor temperatura y mayor cohesión molecular

➤ Diámetro de la tubería:

En las tuberías se considera apropiado el diámetro teniendo en cuenta factores como: pérdidas de carga, resistencia mecánica y el costo de mantenimiento e instalación.

➤ Tipo de flujo

Flujo Laminar: Mott (2013) sostiene que “Los flujos con N° de Reynolds bajo son lentos y suaves, y se les conoce como flujos laminares” (p. 226).

Las velocidades logran reducirse debido a los efectos que causan la viscosidad, un flujo laminar se compone por capas en paralelo, y cada una de estas tiene su correspondiente velocidad, al tener estas capas forma de láminas, se le nombra flujo laminar.

Los flujos laminares son direccionados y poseen un movimiento estructurado, se considera un flujo laminar si el número de Reynolds es menor a 2000.

Mott (2013) describe que “Los flujos con N° de Reynolds elevado son rápidos e irregulares, y se les conoce como flujos turbulentos” (p.226). Se considera un flujo turbulento si el número de Reynolds

excede a 4000. Flujo transicional: El flujo transicional es el flujo que se encuentra entre dos tipos de flujos tal como lo sostiene (Saldarriaga, 2001, pág. 22), prácticamente se encuentre entre el flujo laminar y flujo turbulento.

Flujo turbulento: Según el autor, Saldarriaga (2001) un flujo turbulento genera un desorden en la sección, debido a esfuerzos cortantes entre las diversas capas del flujo esto es originado debido a una baja viscosidad o una alta velocidad, así mismo también se puede generar por obstáculos diminutos dentro de la tubería. (p.20).

➤ Caudal

Es un volumen en forma de fluido que se transporta o circula por unidad de tiempo por medio de una sección transversal a la corriente.

➤ Velocidades

Según el RNE (2019), la velocidad máxima permitida es de 3 m/s, solo en casos justificados se acepta velocidades de 5 m/s.

La velocidad mínima de diseño, de ninguna manera podrá ser inferior a 0,30 m/s, siendo recomendable un trecho de velocidad de 0,5 – 1,00 m/s, además será de 3 m/s la velocidad máxima admisible.

➤ Presiones

Existen solo dos maneras de operación para la presión en red; se da por bombeo o gravedad.

Roger (1997) afirma que: “En la línea de conducción, la presión representa... en un tramo de tubería que está operando a tubo lleno” (p.61).

➤ Tuberías

Son conductos que transportan el fluido de un nudo a otro. Se debe tener los datos de diámetro, longitud, conectividad, pérdidas de

carga, material, edad y estado de conservación. (Pérez, Roldan, Moreno y García).

Para poder obtener el cálculo de pérdidas de carga en tuberías se usa la ecuación número 1 de Hazen - Williams, donde se necesita tener el dato de coeficiente de rugosidad C que depende del material de la tubería y del régimen del fluido, cabe destacar que mientras el material del tubo es más rugoso, el coeficiente C es menor. (Pérez, Roldan, Moreno y García).

$$h_f = 12.10^9 \frac{Q^{1.85} L}{C^{1.85} \cdot D^{4.87}}$$

Donde:

L = longitud de tubería (m)

Q = caudal del fluido en la tubería

D = diámetro de la tubería (mm)

C= coeficiente de rugosidad

hf= pérdida de carga debido al rozamiento (m)

TablaNº2
Valores de C

Material	C
Fundición	130 (130-140)
Concreto	130(120-140)
Fibro cemento	125
Plásticos	135 (140-150)
Acero	135 (140-150)

Fuente: Adaptado de Villegas, (2017)

➤ Tipo de material en tuberías

PVC (cloruro de polivinilo): Este material tiene como principales características la alta resistencia mecánica y gran durabilidad al paso del tiempo, cumpliendo así con el transporte de agua a altas

presiones. Tiene como punto débil la poca resistencia a altas temperaturas.

CPVC (policloruro de vinilo clorado): Este material tiene parecidas características al PVC con la diferencia de que tiene una mayor resistencia a altas temperaturas, haciendo posible su uso en la distribución de agua caliente.

PEX(polietileno reticulado) :Este material tiene como principales características su gran flexibilidad, resistencia a altas temperaturas y fácil instalación.

2.2.7 Modelos de simulación de redes hidráulicas

Un modelo es una representación abstracta, física de sistemas o estructuras con el fin de analizar, simular, describir y explorar fenómenos o procesos. Habiendo dicho esto, se puede decir que un modelo hidráulico es la representación de una estructura hidráulica con el fin de predecir el comportamiento del fluido que circula por el sistema. Por este motivo, se recurre a modelos matemáticos los cuales en base a hipótesis y relaciones de variables pueden describir fenómenos físicos, los cuales en la mayoría de los casos no se pueden resolver mediante ecuaciones, sino por medio de aproximaciones computacionales. (Escuela de Ingeniería de Antioquia, 2002). La simulación de los sistemas de distribución de agua se conoce como SDA, la cual consiste en ajustar los parámetros físicos de los elementos y la demanda nodal. (Walski, 2003).

Los modelos de simulación se clasifican en 2 grupos:

a) Modelo físico.

Según Ríos (2014), Es la representación física de un fenómeno, con la finalidad de observar, analizar y controlarlos el comportamiento que ocurriría una vez emplazado en el terreno, de esta manera darle validez al planteamiento y proponer cambios y rediseños para el mejor funcionamiento en el futuro. (p.37)

b) Modelo matemático

Según Ramírez (2016). Es un proceso donde se puede simular los comportamientos de un fenómeno mediante el uso de fórmulas matemáticas para representar la relación de las distintas variables, parámetros y restricciones de lo que se quiere contemplar sistema donde todos los comportamientos u opciones se pueden simular por medio de ecuaciones matemáticas cuyas variables están previamente establecidas de acuerdo a lo que se quiere contemplar.

TablaN°3
Comparativo entre modelos físicos y numéricos

Modelo físico	Modelo numérico
Dimensión del modelo (Espacio en el laboratorio)	Recursos computacionales Rapidez de procedimiento
Caudal del flujo	En ecuación de simplificación
Carga hidráulica (disponibilidad de la carga)	Precisión de relaciones supuestas
Leyes de paralelismo	Obtención de los coeficientes
Escala mínima de modelo	
Metodología de tamaño y obtención de datos	Estabilidad numérica convergencia de cálculo numérico

Fuente: Tomado de “Modelación hidráulica ,2017”

c) Modelación Hidráulica

(Córdoba y Zelaya, 2017) comenta que el término Modelo de Red Hidráulica representa matemáticamente la construcción virtual de un sistema real de suministro de agua, para de esta manera reproducir, prever el comportamiento de la misma para poder realizar simulaciones y corregir y definir las soluciones óptimas. La modelación hidráulica de un sistema de agua potable se realiza con el propósito de observar, prevenir y definir el comportamiento óptimo identificando el comportamiento en diferentes condiciones en dimensión y en tiempo y de esta manera tomar decisiones correctas para el adecuado funcionamiento del sistema. Los modelos matemáticos que representan los fenómenos físicos que ocurren en un sistema de distribución de agua, datan del año 1936 propuesto por Hardy Cross, desde entonces los modelos matemáticos empleados para representar este fenómeno físico, vienen evolucionando desde modelos empíricos propuestos por Cross que se puede desarrollar manualmente hasta los actuales y modernos modelos computacionales que se acercan cada vez con precisión a la representación virtual de las redes de distribución de agua potable.

TablaN°4
Evolución de la aplicación de los modelos

1930s	1960s	1970s	1980s	1990s		
Análisis de redes manual (Hardy Cross)	Inicio de análisis de redes por ordenador	Disponibilidad de modelos hidráulicos para ordenadores de poca capacidad	Aparición de modelos estáticos de flujos de agua	Aparición de modelos dinámicos de flujos de agua	Aparición de modelos de flujos de agua en periodo extendido	Sistemas integrados de modelación y topografía: capacidad de monitoreo de contaminantes en tiempo y espacio

Fuente: Adaptado de Córdoba y Zelaya (2017)

Actualmente se cuenta con modelos de simulación altamente completos y eficientes de interfaz amigable y de fácil manejo que no necesita que el usuario tenga una alta capacitación, solo requiere tener conocimientos básicos para analizar, obtener las diferentes características hidráulicas del sistema de distribución de agua que se requiere conocer el comportamiento. En los últimos años, también se han desarrollado modelos de simulación especializados de acuerdo al objetivo que se quiere conocer; los cuales se pueden clasificar como de planificación, operacionales y de diseño.

Softwares de modelación hidráulica En cuanto a los Softwares de modelación hidráulica, existen distintos softwares de modelamiento hidráulico disponibles, con características y bondades determinadas que ayudan a facilitar la labor del usuario. Entre estos podemos mencionar:

a) GISRED 2.0

Fue elaborada por el grupo REDSHIP de la Universidad Politécnica de Valencia, España. Se concibió como una extensión de ArcView GIS 3.2. El objetivo de esta aplicación es el modelamiento de redes hidráulicas directamente de un GIS. Martínez y Bartolin (2015) señalan que este software se diferencia de otros porque tiene la capacidad de unir dos herramientas de información geográfica, además de la simulación y optimización hidráulica por lo cual éste se puede usar cuando se quiera modelar y tomar decisiones sobre una red de distribución.

b) KYPIPE 2000

Diseñado para cálculos estáticos y dinámicos (EPS) de redes hidráulicas. Se puede emplear para solucionar problemas de calibración, diseño y operación. KYPIPE realiza los cálculos usando la ecuación de Hazen-Williams, aunque es posible incorporar la metodología de Darcy-Weisbach y Colebrook White. Además, la información puede ser editada, la entrada de datos puede ser grafica mediante PIPE2000 map.

c) EPANET,

Ofrece una versión matemática de elementos físicos en el sistema de distribución de agua. Según Saldarriaga (2007), el análisis hidráulico se puede consumir mediante el uso de ecuaciones empíricas como de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach o Chezy-Manning con las cuales se obtiene la pérdida de carga por fricción. EPANET utiliza el algoritmo gradiente para resolver matemáticamente la red de distribución. Algunas bondades del programa son que facilita cálculos iterativos, evalúa comportamientos de consumo y costo de energía, controla la calidad de agua, entre otros.

El software es de uso público y es desarrollado por la “Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos” (EPA). El software tiene la capacidad de trabajar con períodos de simulación sobre hidráulica y el comportamiento del flujo de agua al interior de una red a presión, además de estar diseñada, para ser una herramienta de investigación que fomente la mejora de nuestro conocimiento con respecto al movimiento y comportamiento del agua potable y los elementos que conforman una red. También puede utilizarse para analizar cualquier fluido no compresible.

d) WaterGEMS,

Diseñado por la empresa Bentley, admite el análisis hidráulico de redes de agua (aunque puede ser cualquier fluido newtoniano). Además, considera distintos parámetros operativos de elementos del sistema, faculta ampliar las capacidades a temas de gestión de plazos, estimación de costos, calibraciones, 21 optimizaciones, integración con sistemas SCADA, compatibilidad con varias plataformas de datos, entre otros, ayudando así al aumento de la productividad.

e) El WaterCAD

Forma parte de la empresa Bentley, este programa permite al usuario realizar una modelación de sistemas tanto de conducción como de distribución de un determinado líquido, el cual puede ser el agua o cualquier otro fluido, con este se puede observar y analizar el

comportamiento hidráulico, calcular presiones, determinar pérdidas, entre otras cosas. Este puede ser aplicado en diferentes sistemas ya sea para las redes de agua potable para el consumo humano, redes usadas para el riego, redes contra incendio, conducción de líquidos. (Palacios ,2021)

2.2.8 Gestión de redes de abastecimiento

a) Gestión integral de recursos hídricos.

Tiene como fin convertir que el control y manejo del agua usada sea eficaz, con ello busca aumentar el bienestar económico y social sin afectar los ecosistemas. Asimismo, para lograrlo implementa procesos que mejoren la gestión de recursos hídricos y transforme los malos sistemas que no ayudan al desarrollo; para ello, deja de lado el enfoque convencional usado en el sistema de agua, el cual no brinda grandes mejoras sino más bien servicios deficientes y usos inadecuados.

Según la Asociación mundial del agua (2011), la gestión integral de los recursos hídricos “está basada en la idea de que los recursos hídricos son un componente integral de los ecosistemas, un recurso natural y un bien social y económico, ya que tiene un valor económico en todos sus usos”. La Gestión integral de recursos hídricos requiere lo siguiente.

- Para lograr un correcto desarrollo y una mejor gestión es necesario que se tenga en cuenta la gran cantidad de usos que tiene el agua y las diferentes necesidades de las personas.
- Es importante que dentro de la planificación y gestión se involucren las personas tanto de bajo y altos recursos y que cada uno tenga voz dentro de los procesos.
- Dentro de las políticas y prioridades se deben considerar las ocurrencias de estos en los recursos hídricos; asimismo, tomando en cuenta la conexión entre política y desarrollo.
- Los objetivos se deben tomar en cuenta en todo tipo de decisiones que se encuentren vinculadas al agua y su fuente origen a nivel del proyecto.

- Los objetivos sociales, económicos y ambientales deben estar dentro de las estrategias y la planificación de la gestión del agua.

b) Programas de Infraestructura en una red de abastecimiento de agua potable

Son los programas que tienen como finalidad la reducción de las pérdidas en las redes y tener el control del consumo de agua de los usuarios, en la red de distribución de agua potable. (Sánchez, 2009)

En estos programas se desarrollan acciones en la red de distribución, como la reparación, eliminación de pérdidas y reemplazo de tuberías por un mal empleo de materiales inadecuados o por antigüedad, debido a que estos crean problemas, de rendimiento o de daño al medio ambiente y es necesario mitigarlos.

- Programas de Gestión en una red de abastecimiento de agua potable

Son todos aquellos programas instrumentales que ayudan a tener un plan integral de gestión eficiente de la demanda hídrica urbana. (Sanchez,2009)

- Los sistemas computarizados de gestión de redes

Estos sistemas tienen la función de optimizar el uso del agua potable disponible, adaptando las presiones acordes a la demanda reduciendo así las pérdidas por intrusión y fuga, mejorando así la programación de mantenimiento y la eficiencia del uso del agua.

- La sectorización en redes de agua potable

Es la partición de una red de distribución en subredes de menor tamaño, esta estrategia ayuda a tener un mejor control en la inspección y localización de anomalías en la red, tales como baja presión, fugas y averías, además la sectorización permite una mejor gestión en la explotación de la red, optimizando los volúmenes y presiones de agua potable distribuida

La sectorización de una red de agua potable se lleva a cabo con el uso de válvulas de control y equipos de medición ubicados en

puntos estratégicos, esta distribución debe ser homogénea para que los datos a recoger y estudiar sean de inmediata y confiable

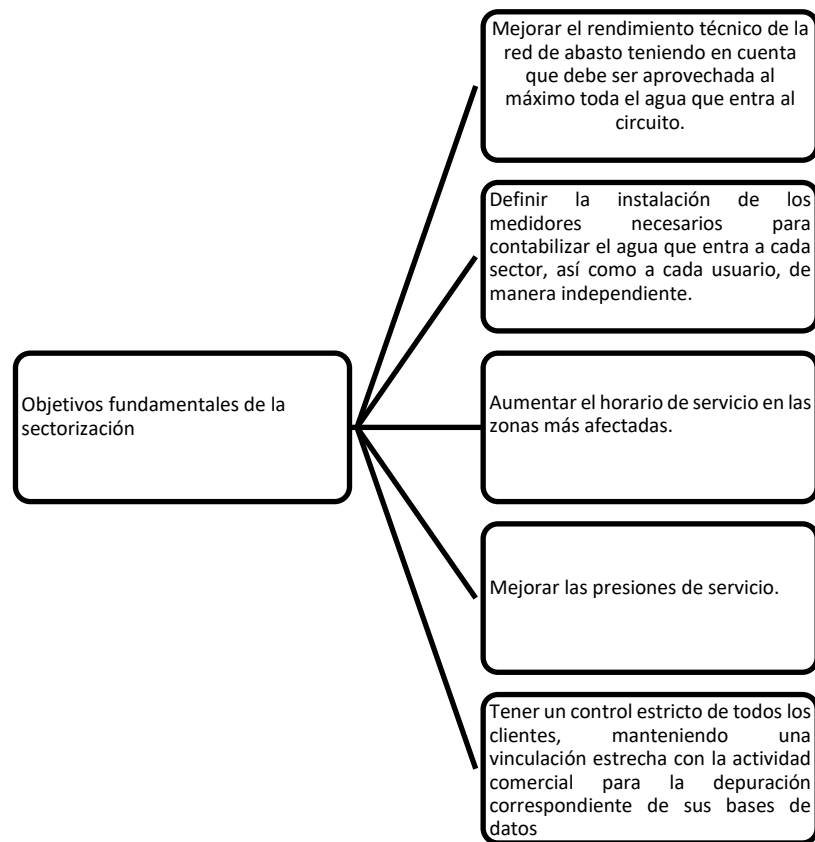


Figura N°10 Objetivos fundamentales de las sectorizaciones de redes
Fuente: Adaptado de Sánchez 2009

2.2.9 Integración de sistemas GIS y la gestión de redes de abastecimiento de agua
Para poder llevar a cabo una óptima gestión en abastecimiento de agua potable, se requiere conocer a la red y toda su información, El sistema de información geográfica es una herramienta que ayudará a almacenar esta información en planos digitales y cuadros de atributos, permitiendo así analizar y tomar decisiones para una gestión eficiente de la red.



Figura N° 11 Estándares de calidad de servicio.
Fuente; Adaptado de Sánchez 2009.

2.2.10 Sistema de información y manejo de las pérdidas de agua

La cantidad de agua perdida se define como la diferencia entre el volumen de agua que ingresa al sistema y el consumo autorizado. La cantidad de agua perdida en una red de agua constituyen problemas medioambientales y económicos; por un lado, perjudica al medio ambiente y por otro lado representa la cantidad de agua consumida no facturada. Esta falta de control de fugas de agua se ve reflejada en tres impactos significativos afectando la sostenibilidad del sistema de suministro de agua; el primer impacto es económico, estas fugas generan altos costos en la reparación y generan daños en las estructuras existentes; el segundo impacto es técnico, el sistema ya no opera continuamente; el impacto social, presenta problemas entre los usuarios producto de la falta de suministro e interrupciones del servicio y por último, el impacto ecológico, el cual obliga a extraer mucha más agua al poner una presión adicional sobre el recurso. En el caso de que se diera una fuga o pérdida del agua residual no solo causaría daño económico sino también provocaría daños a la salud de las personas

Las fugas pueden clasificarse de acuerdo a su ubicación, entre ellas tenemos: Las fugas por causadas en las troncales de transmisión y distribución; las

fugas desde las conexiones de servicio y las fugas causadas en tanques de almacenamiento. Por otro lado, tenemos fugas clasificadas de acuerdo a su tamaño y tiempo, tenemos: fugas reportadas o visibles, las fugas no reportadas y ocultas y, por último, las fugas de fondo (Palacios, 2021)

a) El SIG y su relación con las pérdidas de agua.

El SIG puede contar con una base de datos de fallas en las que se puede incluir información sobre todas las rupturas o daños que hayan sufrido las tuberías, la edad de los materiales, su comportamiento, así como todo lo que ha ocurrido dentro de la red. Asimismo, se puede sectorizar los lugares con fallas y plantear medidas preventivas y correctivas. Por otro lado, el SIG puede almacenar información sobre el cliente y controlar su consumo, también se podría utilizar como esfuerzos de detección de fugas [24]. Básicamente, el SIG para poder controlar las fugas de agua busca estar dentro de los 5 procesos de sistema, los cuales son: control, análisis, eficiencia, planeamiento y operación; con ello, se podría obtener informes sobre las fallas, inspecciones y las posibles reparaciones necesarias del sistema. (Palacios,2021)

2.2.11 Toma de decisiones en el catastro de redes

a) Toma de decisiones

Se define como la ciencia matemática que concreta el pensamiento y razonamiento humano que se emplea para optar por una solución a un problema. Según Eastman (2006) para poder llevar a cabo esta toma de decisiones primero se debe establecer el objetivo, en la figura 12 se visualiza la metodología empleada para esta toma de decisiones en la red de abastecimiento de agua potable.

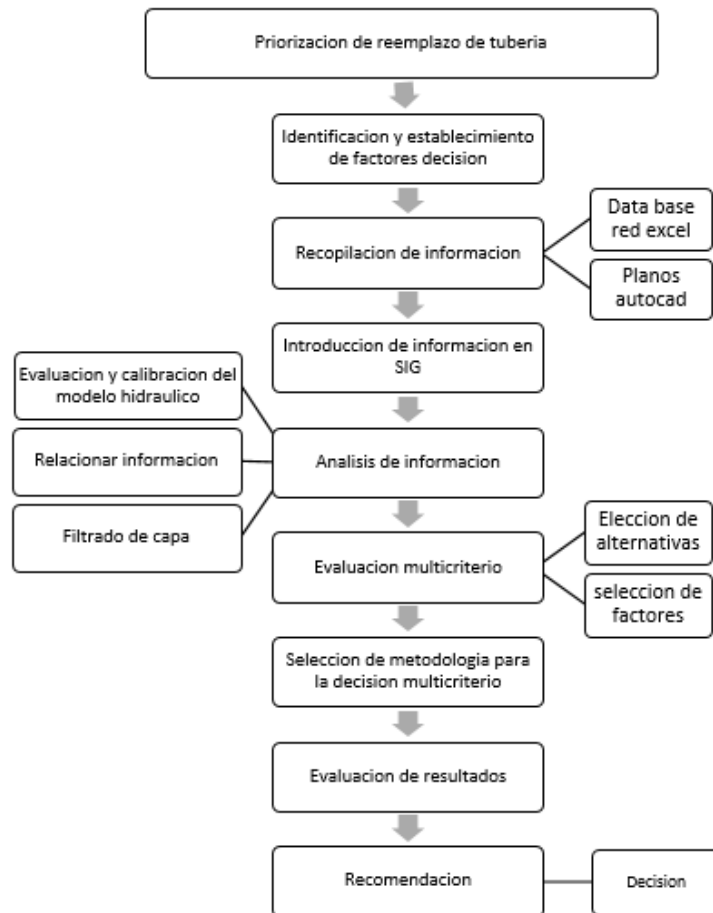


Figura N° 12 Pasos en la toma de decisiones.
 Fuente: Adaptado de Morais y Almeida (2006).

2.2.12 Los SIG como herramientas de apoyo en la toma de decisiones.

El almacenamiento y manipulación de un sistema de abastecimiento en un computador obliga a tener un gran conocimiento de la realidad que se va a modelar y a generar las abstracciones de los elementos y los modelos que permitan pasar al computador dicha abstracción, este proceso es parte fundamental al realizar la implementación de un SIG. «El modelo de datos es un concepto sistémico para representar parte del mundo real en un sistema manejador de bases de datos. Al diseñar el modelo de datos para un Sistema de Información Geo-referenciada, básicamente se tienen en cuenta dos premisas: Uso y objetivos que cumplirá el sistema (funciones a desempeñar) y clase de objetos que se van a manipular con sus atributos y relaciones (información necesaria para cumplir con las funciones)» (Martínez, 2000, 7).

2.3. Definición de términos básico

- Base de datos: Olaya (2012) define como “Un conjunto de datos estructurado y almacenado de forma sistemática con objeto de facilitar su posterior utilización.”(p.182).
- Atributo: Según ESRI (s.f.) define como “Información no espacial acerca de una entidad geográfica en un SIG, normalmente almacenado en una tabla y vinculado a la entidad mediante un identificador único.”
- Campo: “Una columna de una tabla que almacena los valores para un atributo único.” (ESRI, s.f.)
- Superficie TIN: Según ESRI (s.f.) define como “... una forma de datos geográficos digitales basadas en vectores y se construyen mediante la triangulación de un conjunto de vértices (puntos).”
- Shapefile: Según ESRI (s.f.) define como “es un formato sencillo y no topológico que se utiliza para almacenar la ubicación geométrica y la información de atributos de las entidades geográficas.”
- Geodatabase: Según ESRI (s.f.) define como “...un conjunto de datasets geográficos de distintas clases que están almacenados en una carpeta común del sistema de archivos o en un sistema de administración de bases de datos relacionales multiusuario”
- Red de abastecimiento de agua potable: Es un sistema de conexiones de tuberías enlazadas entre sí, con el fin transportar agua desde un punto de colecta, hasta la vivienda de los habitantes de una ciudad, pueblo o área rural con población relativamente densa. (Sotelo,2002)
- Nodo: elemento de la topología de la red hidráulica que consiste en un punto, puede estar formado por unión de dos o más tuberías, además puede ser un punto por donde entra o sale el agua al sistema. La entrada del agua se representa con la asignación positiva del caudal y la salida con representa asignándole un caudal negativo al sistema. Las características principales es que presentan cotas conocidas y caudales entrantes o salientes. (Egea,2013)

- Tanque de regulación: Es la estructura que es parte del sistema de agua potable que tiene la función de recibir el agua de la fuente de abastecimiento, almacenarla y distribuirla acorde a la demanda de la población. (Conagua 2003).
- Válvulas: Son instrumentos que regulan el caudal en un punto determinado de la red. Principales propiedades asociadas a una válvula son los nudos aguas arriba y aguas abajo, el diámetro, la consigna y su estado. Los resultados de la simulación asociados con una válvula son el caudal y la pérdida de carga que se origina (Bartolin, 2013)
- Bombas: Son maquinas que que comunican energía al fluido elevando su cabeza piezométrica. Los principales datos de una bomba son sus nodos de aspiración y descarga y su curva característica (o relación entre el caudal transferido y la altura reportada). (Bartolin, 2013)
- Mapa temático: Son representaciones de uno o varios temas mostrados basados en un mapa geográfico, el cual el uso es a través de capas temáticas de diversos colores y valores en una zona determinada (CENEPRED, 2015).
- Análisis hidráulico: Según (Saldarriaga, 2007, pág. 363) “Las redes de distribución se proyectarán, siempre que sea posible en circuito cerrado formando malla. Las dimensiones estarán en función a los cálculos hidráulicos que garanticen caudal y presión adecuada en cualquier punto de la red”.
- Caudal de diseño: Según, (Reglamento Nacional De Edificaciones, 2016, pág. 36) Las redes de sistemas de distribución se calculará con la cifra que resulte mayor al comparar el caudal máximo horario, añadido al caudal máximo diario, y al caudal contra incendios, si es que este último se está considerando.
- Catastro de redes de abastecimiento de agua: Inventario de tuberías y accesorios existentes incluida su ubicación y características como su diámetro profundidad, material y tiempo de antigüedad.
- Zona de presión de la red de distribución: Es una de las partes en que se divide la red de acueducto para evitar que las presiones mínimas, dinámica y máxima estática sobrepasen los límites prefijados.

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1 Hipótesis principal

La plataforma de Sistema de Información Geográfica mejora la gestión de redes de agua potable en el distrito de Huaral

3.1.2 Hipótesis secundarias

- a) La base de datos SIG permite la sistematización y mejora del análisis para el diagnóstico general de las redes existentes y proyectadas de abastecimiento de agua en el distrito de Huaral.
- b) La simulación mediante la interacción SIG con un software para el análisis y modelado de redes permite analizar con mayor facilidad el comportamiento hidráulico en el distrito de Huaral.
- c) Los mapas temáticos permiten la mejora en la toma de decisiones en el catastro de redes en el distrito de Huaral.

3.2. Variables

3.2.1 Definición conceptual de las variables

a) Variables dependientes

Gestión de redes existentes de agua potable:

b) Variables independientes

Plataforma de Sistema de Información Geográfica (SIG)

3.2.2 Operacionalización de las Variables

TablaNº5

Operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Definición operacionalidad	Indicadores	Instrumento
Plataforma de Sistema de información Geográfica	Domínguez (2000) "Un SIG se puede definir como aquel método o técnica de tratamiento de la información geográfica que nos permite combinar eficazmente información básica para obtener información derivada. Para ello, contamos tanto con las fuentes de información como con un conjunto de herramientas informáticas (hardware y software) que nos facilitarán esta tarea; todo ello enmarcado dentro de un proyecto que habrá sido definido por un conjunto de personas, y controlado, así mismo, por los técnicos responsables de su implantación y desarrollo"	-Base de datos -Recursos humanos	Elaboración de mapas temáticos	-Eficiencia en el almacenamiento de datos espaciales -Tratamiento de información	RNE Hoja de cálculo Arc Gis pro
Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Definición operacionalidad	Indicadores	Instrumento
Gestión de redes existentes de agua potable	Según La Asociación mundial del agua (2011), "está basada en la idea de que los recursos hídricos son un componente integral de los ecosistemas, un recurso natural y un bien social y económico, ya que tiene un valor económico en todos sus usos".	Redes de agua potable	Plan para el adecuado abastecimiento de agua potable sin interrupciones.	El estado situacional de las redes de agua potable para luego establecer su mejor procedimiento	RNE Hoja de calculo AutoCAD Civil 3D Software de modelamiento hidráulico

Fuente Elaboración Propia

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo y nivel

4.1.1 Tipo de investigación

Lozada (2014), afirma “La investigación aplicada tiene por objetivo la generación de conocimiento con aplicación directa y a mediano plazo en la sociedad o en el sector productivo. Este tipo de estudios presenta un gran valor agregado por la utilización del conocimiento que proviene de la investigación básica” (p2)

La presente investigación fue de tipo aplicada.

4.1.2 Enfoque de investigación

Borjas (2012) define como enfoque cuantitativo a la realidad a través de la recolección y análisis de datos, con lo que se podría contestar las preguntas de la investigación y probar las hipótesis. Este tipo de investigación confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento de una población

La presente investigación fue enfoque cuantitativo

4.1.3 Nivel de investigación

Mejía (2020) sostiene que: “La investigación descriptiva es un tipo de investigación que se encarga de describir la población, situación o fenómeno alrededor del cual se centra su estudio. Procura brindar información acerca del qué, cómo, cuándo y dónde, relativa al problema de investigación, sin darle prioridad a responder al “por qué” ocurre dicho problema. Como dice su propio nombre, esta forma de investigar “describe”, no explica.”

La presente investigación fue de nivel descriptivo.

4.2. Diseño de la investigación

Hernández (2014) afirma: "La investigación no experimental es sistemática y empírica, en la que las variables independientes no se manipulan porque ya han sucedido, las inferencias sobre las relaciones entre variables se realizan sin

intervención o influencia directa, y dichas relaciones se observan tal como se han dado en su contexto natural” (p153)

Hernández (2014) afirma: “Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único (Liu, 2008 y Tucker, 2004). Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como “tomar una fotografía” de algo que sucede” (p154).

La presente investigación fue no experimental con diseño transversal.

4.3. Población y Muestra

Arias (2006) define población como “un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio”. (p81)

La población seleccionada fueron todos los asentamientos humanos ubicados en el distrito de Huaral que cuenten con las mismas características como la falta de agua o abastecimiento precario dentro del área de estudio de la EPS Huaral.

Hernández (2014) afirma:” La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población” (p175).

La muestra seleccionada fue todas las habilitaciones registradas por la municipalidad del distrito de Huaral y la EPS EMAPA Huaral.

4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- Observación directa del lugar de influencia del proyecto.
- Verificación y análisis de los planos de distribución de agua existentes.
- Análisis de documentos.

4.4.1 Tipos de técnicas e instrumentos

- Norma técnica I.S. 010 Instalaciones Sanitarias
- Reglamento nacional de edificaciones “Norma OS. 050 (2009) redes de distribución de agua para consumo humano”
- Softwares: AutoCAD Civil 3D 2021, Office 2021.

- Google Earth Pro 7.3.3.7786.
- WaterCad
- Epanet

4.4.2 Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

Los instrumentos que se utilizaron como los softwares son válidos dado su aplicación en las diferentes ramas de la ingeniería por su exactitud que se asemeja a la realidad y sostenibles por sí solas, para la elaboración de proyectos similares u otros. Por el cual, es fundamental el uso de las normas técnicas peruanas como demanda el Reglamento Nacional de Edificaciones que engloba una gran parte del presente trabajo para el estudio de suelos (E. 050), redes de distribución de agua potable (OS. 050).

4.4.3 Procedimiento y recolección de datos

Procedimientos 1: Recolección de datos proporcionado por la empresa prestadora de servicio: planos topográficos, planos de redes de distribución de agua potable y catastro.

Procedimientos 2: Modelamiento de la red de agua potable en software especializado

Procedimiento 3: Generación de mapas temáticos con la data obtenida.

4.5. Técnicas de procesamiento y recolección de datos

Para el análisis e interpretación de resultados obtenidos durante la investigación se tendrá que considerar los criterios técnicos conocidos y especificación en las normas de diseño, asimismo teniendo como referencia el marco teórico por lo tanto se buscará que sea un proyecto de seguridad, servicio, economía y estética que cubran todas las expectativas. Para facilitar el procesamiento de los datos utilizaremos programas como AutoCAD, WaterGEMS, Civil 3D. El tratamiento de los datos se analizará analíticamente elaborando textos, planos y cuadros de resumen siendo cada uno de ello debidamente descritos, interpretados y sustentados.

CAPITULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Diagnóstico y situación actual

En la actualidad, la municipalidad distrital de Huaral y la empresa prestadora de servicio de agua potable EMAPA no cuentan con una plataforma de SIG que les permita mejorar la gestión de redes de agua.

5.1.1 Implementación de una plataforma SIG

- Para poder desarrollar la plataforma SIG y obtener una estructura de datos confiable, se realizó el siguiente procedimiento:
- Recolección de datos, generación de curvas de nivel y modelado hidráulico de la red de agua.
- Procesamiento de datos recolectados en el software ArcGIS PRO.
- Elaboración de mapas temáticos.
- Simulación de avería de tubería en el sector 6

5.1.2 Recolección de datos

a) Recolección de datos documentados

Para construir una base de datos confiable y completa, se recolecto data de distintos documentos que contengan información precisa de la zona de investigación, en este caso el distrito de Huaral. Para eso se solicitó a la Municipalidad distrital de Huaral documentos que contengan información actualizada del distrito, así como Expedientes técnicos, planos de las redes de agua existentes y proyectadas, planos de catastro urbano, plano de sectores e informes técnico.

TablaN°6

Habitantes y lotes por sector

Sector	Habitantes	Lotes
Sector 1	32437	5804
Sector 2	19051	4002
Sector 3	13027	3574
Sector 4	12866	3674
Sector 5	7756	2577
Sector 6	3699	1200
Total	88836	20831

Fuente: Elaboración propia

5.1.3 Generación de curvas de nivel

Para la generación de curvas de nivel se usaron el software Google Earth pro, GPS visualizar y ArcGIS PRO.

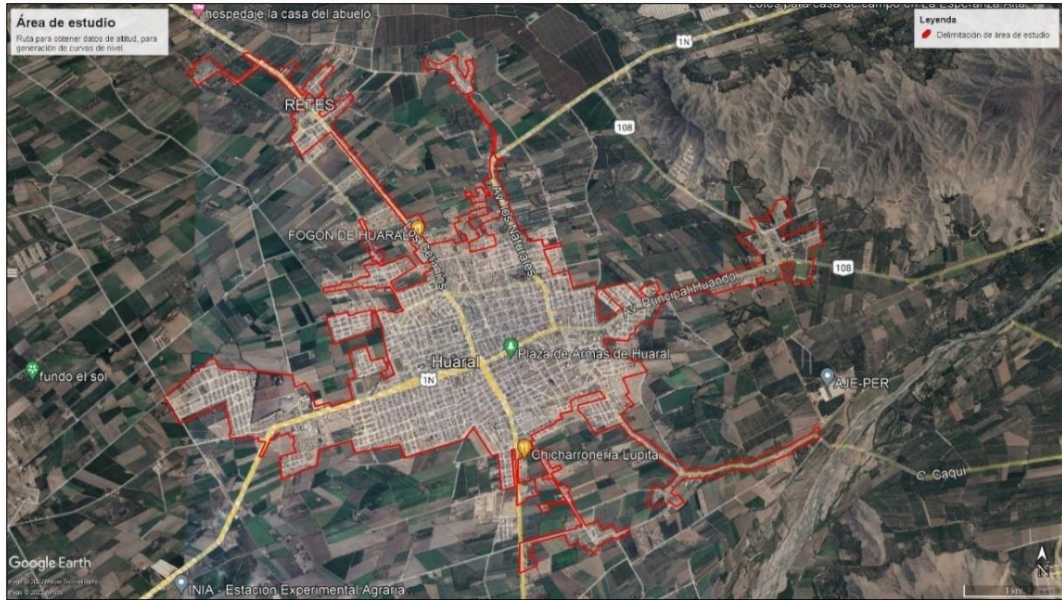


Figura N° 13 Delimitación del área de estudio en Google Earth.
Fuente: Google Earth.



Figura N° 14 Conversión de datos de Google Earth a GPX
Fuente: Elaboración propia.

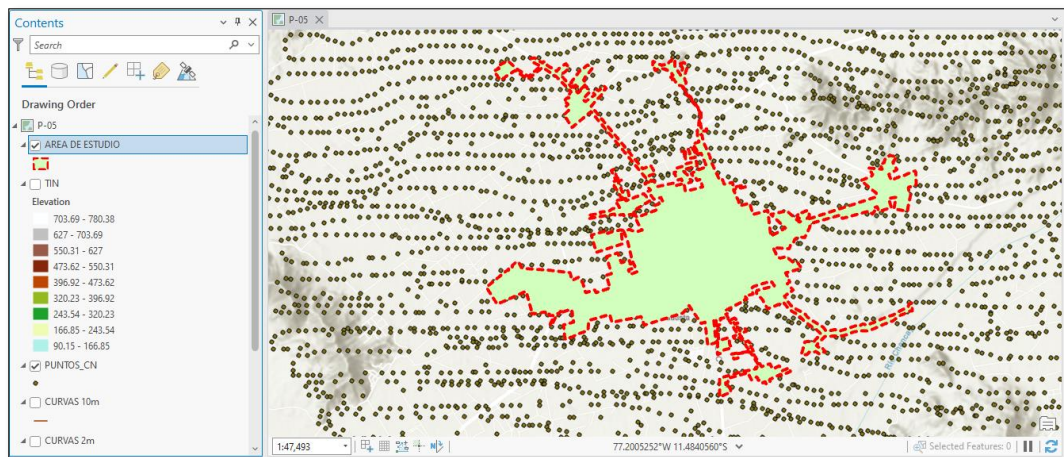


Figura N° 15 Exportación de los datos GPX a shapefile en ArcGIS pro
Fuente: Elaboración propia.

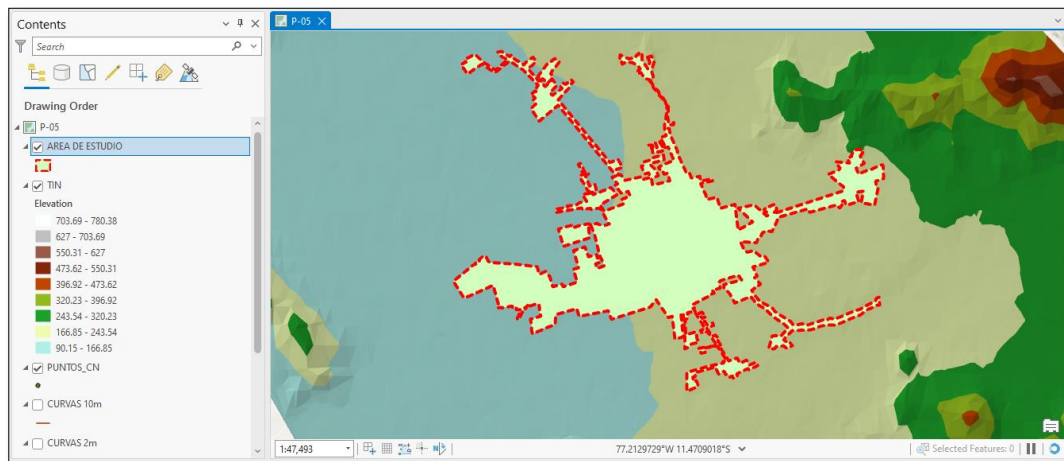


Figura N° 16 Creación de TIN a partir del shapefile de los datos GPX
Fuente: Elaboración propia.

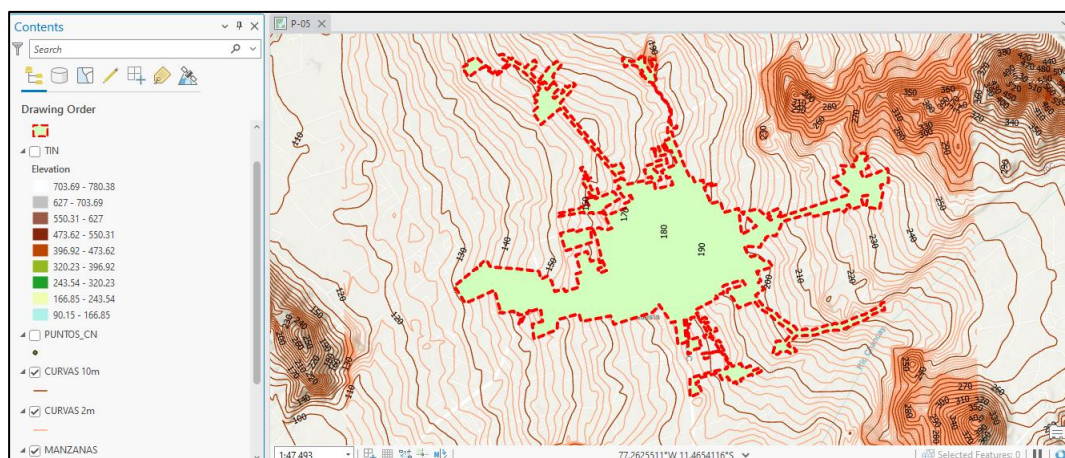


Figura N° 17 Creación de curvas de nivel a partir del TIN.
Fuente: Elaboración propia

5.1.4 Modelado de la red de agua potable

Para el modelado hidráulico se usó información recolectada (planos dwg. e informes) que detallaban las características físicas de la red de agua potable.

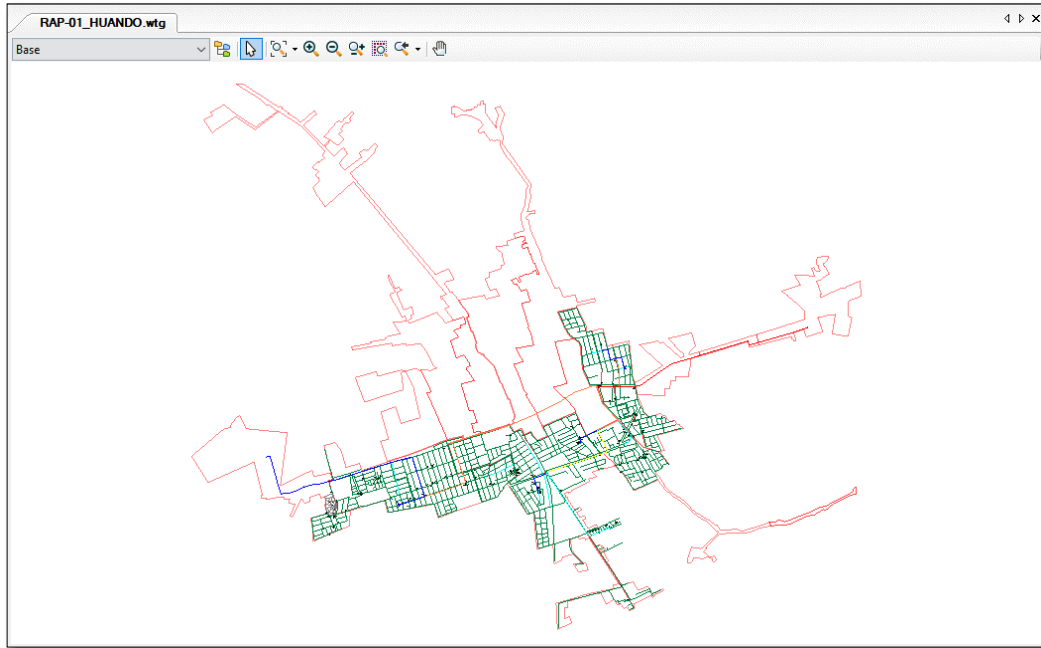


Figura N° 18 Modelado de las redes de agua del reservorio RAP-01.
Fuente: Elaboración propia.

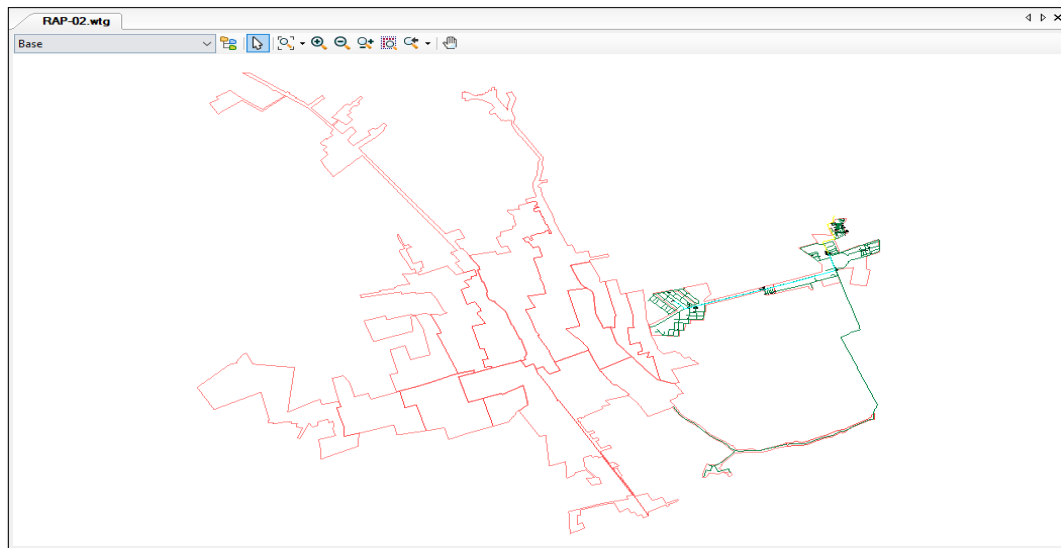


Figura N° 19 Modelado de las redes de agua del reservorio RAP-02.
Fuente: Elaboración propia.

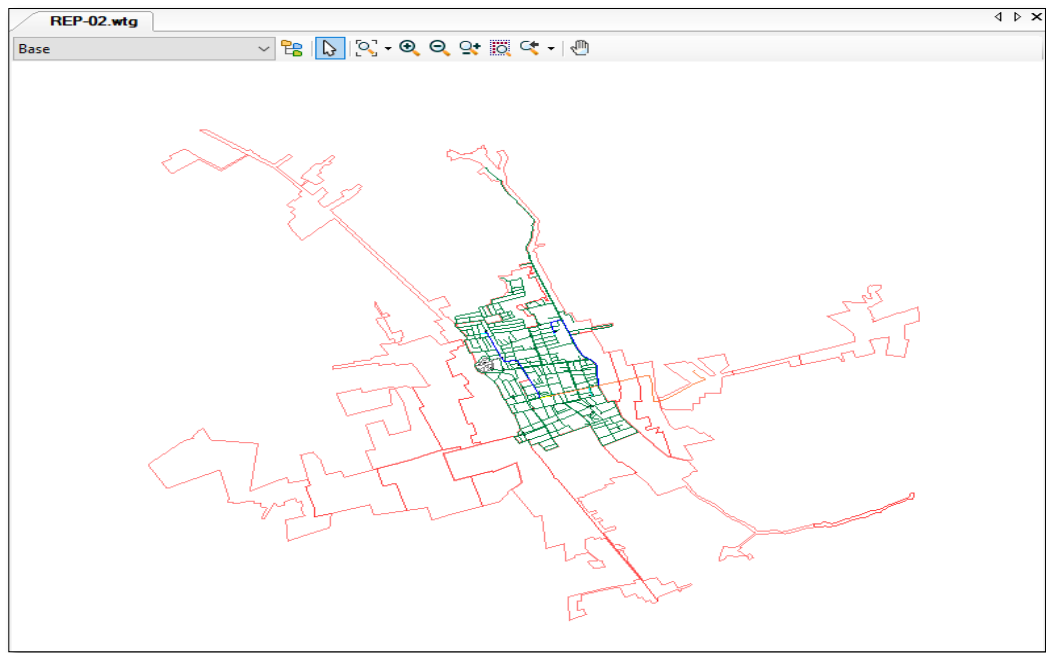


Figura N° 20 Modelado de las redes de agua del reservorio REP-01.
Fuente: Elaboración propia.

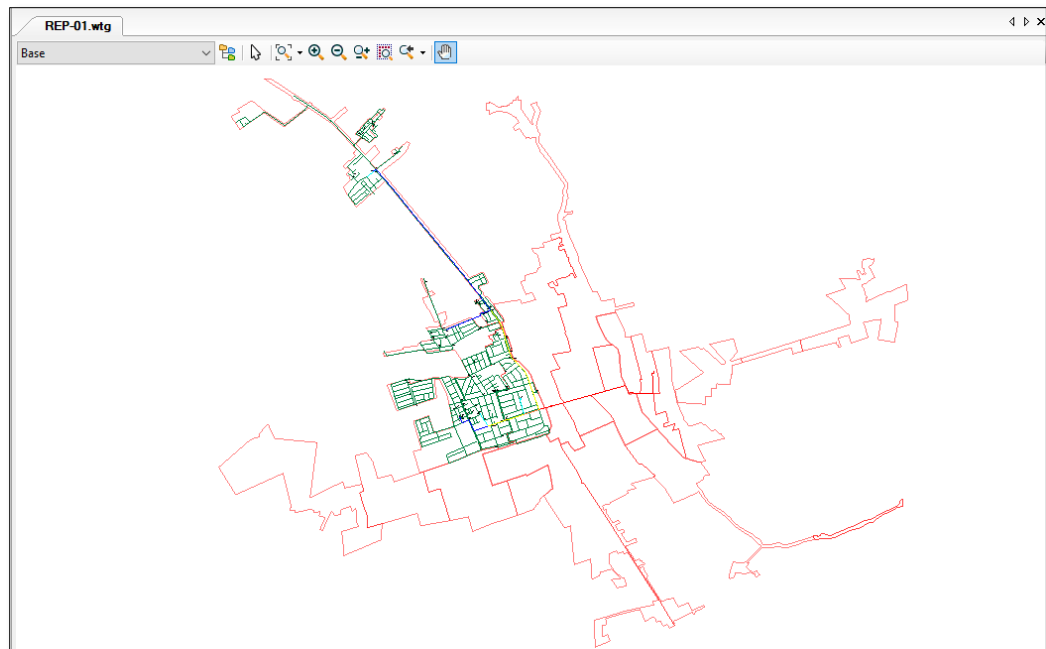


Figura N° 21 Modelado de las redes de agua del reservorio REP-02
Fuente: Elaboración propia

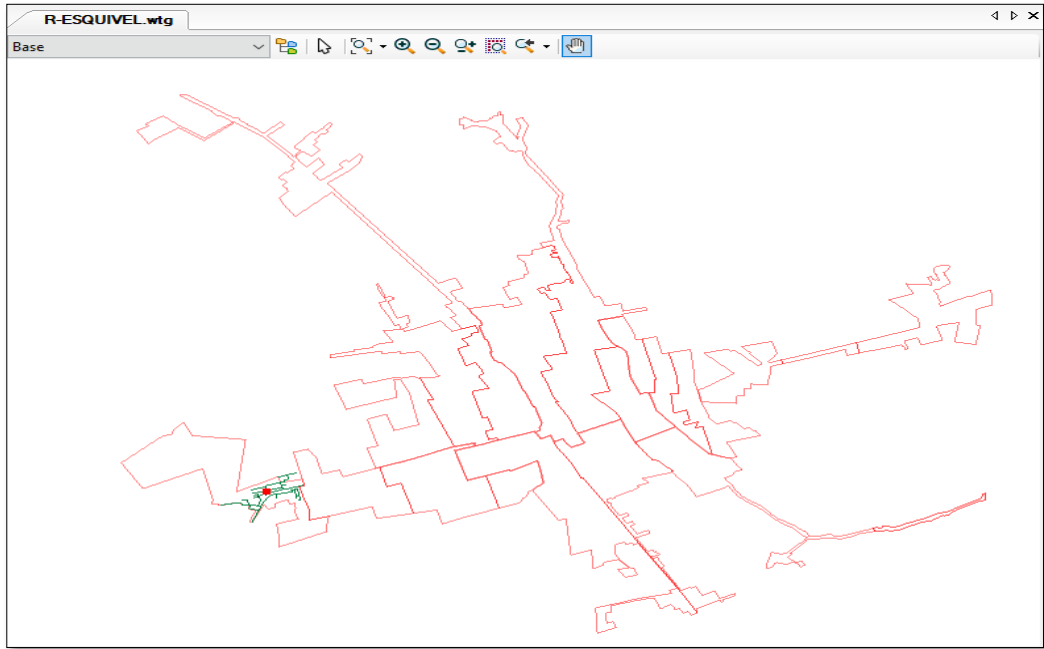


Figura N° 22 Modelado de las redes de agua del reservorio R-El Trébol.
Fuente: Elaboración propia.

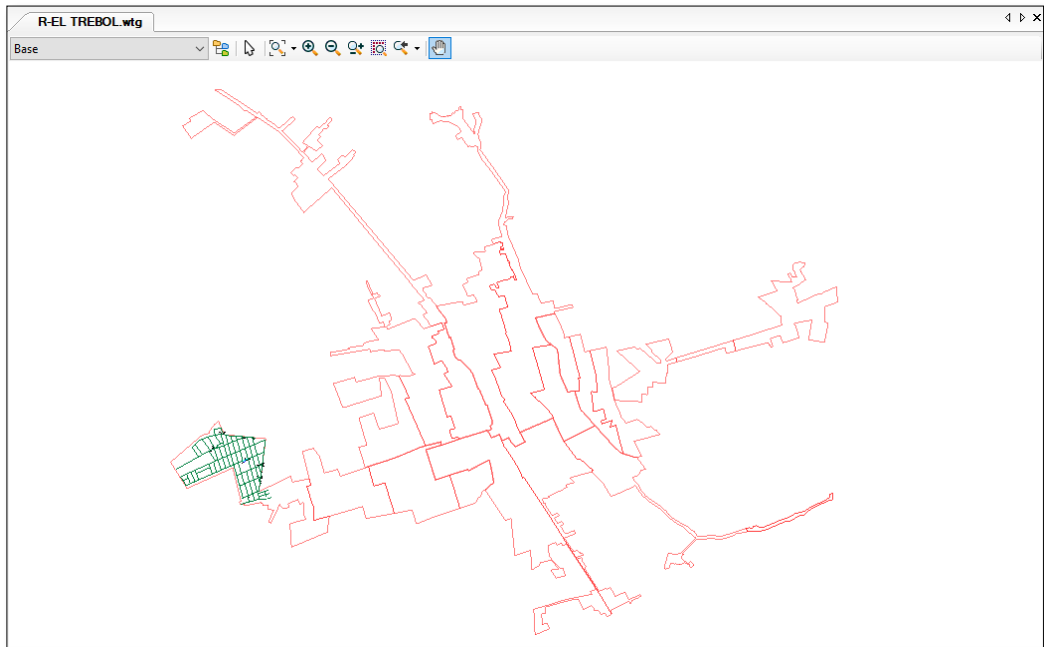


Figura N° 23 Modelado de las redes de agua del reservorio R-Esquivel.
Fuente: Elaboración propia.

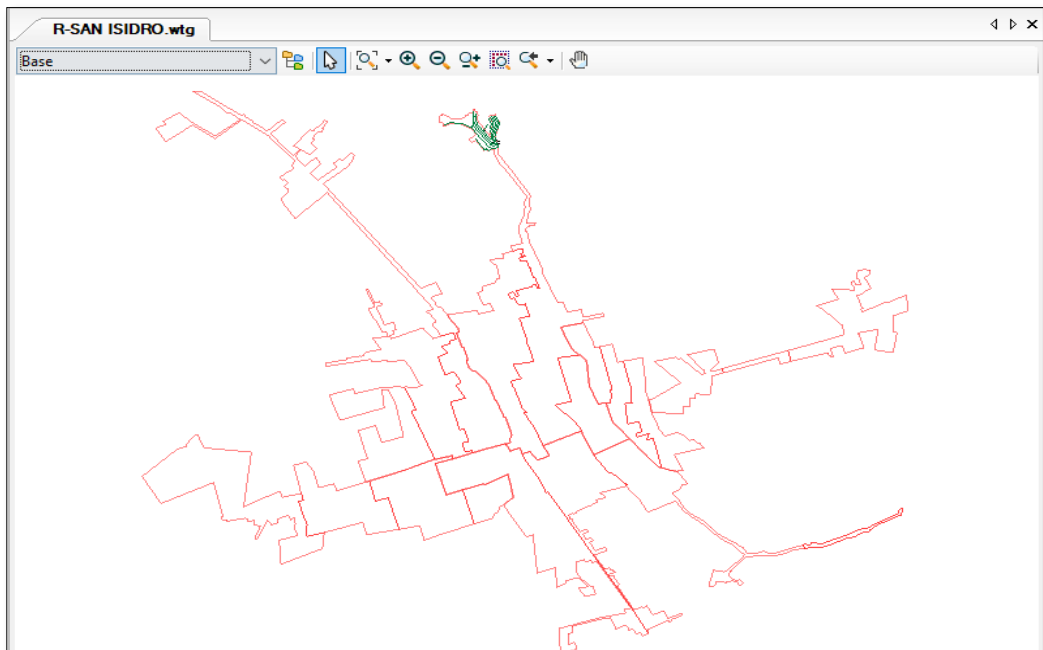


Figura N° 24 Modelado de las redes de agua del reservorio R-San Isidro.
Fuente: Elaboración propia.

Pipe FlexTable: TUBERIAS (Current Time: 0.000 hours) (RAP-01_HUANDO.wtg)

	Label	CAUDAL (L/s)	DIAMETRO NOMINAL (mm)	VELOCIDAD (m/s)	ESTADO_RED	RENOVAR	MATERIAL
5512: RAP-01	RAP-01_F-914	15.35	90	2.95	Red Existente		PVC
5442: RAP-01	RAP-01_F-394	-10.53	90	2.02	Red Existente		PVC
5374: RAP-01	RAP-01_F-404	-9.88	90	1.90	Red Existente		PVC
6276: RAP-01	RAP-01_F-395	-9.10	90	1.75	Red Existente		PVC
5788: RAP-01	RAP-01_F-253	-13.44	110	1.73	Red Proyect...		PVC
6025: RAP-01	RAP-01_F-409	-8.72	90	1.68	Red Existente		PVC
6763: RAP-01	RAP-01_F-650	-8.27	90	1.59	Red Existente		PVC
5672: RAP-01	RAP-01_F-207	-7.43	90	1.43	Red Mejorada	Renovar	PVC
5192: RAP-01	RAP-01_F-619	7.43	90	1.43	Red Proyect...		PVC
6142: RAP-01	RAP-01_F-757	7.36	90	1.42	Red Existente		PVC
6081: RAP-01	RAP-01_F-401	-7.27	90	1.40	Red Existente		PVC
5637: RAP-01	RAP-01_F-206	-7.19	90	1.38	Red Mejorada	Renovar	PVC
7432: RAP-01	RAP-01_F-1258	208.26	500	1.37	Troncal Red ...		HDPE
5645: RAP-01	RAP-01_F-425	6.90	90	1.33	Red Existente		PVC
7094: RAP-01	RAP-01_F-913	-6.79	90	1.31	Red Existente		PVC
7399: RAP-01	RAP-01_F-1217	160.55	450	1.30	Troncal Red ...		HDPE
6544: RAP-01	RAP-01_F-408	6.59	90	1.27	Red Existente		PVC
5495: RAP-01	RAP-01_F-405	6.50	90	1.25	Red Existente		PVC
7430: RAP-01	RAP-01_F-1260	-30.01	200	1.23	Troncal Red ...		HDPE
5861: RAP-01	RAP-01_F-1335	9.01	110	1.16	Red Proyect...		PVC
5766: RAP-01	RAP-01_F-208	5.94	90	1.14	Red Mejorada	Renovar	PVC

Figura N° 25 Características de la red de agua potable.
Fuente: Software WaterGEMS.

5.1.5 Procesamiento de datos en el software ArcGIS PRO

Una vez ordenados los datos recolectados, se procesan en el software ArcGIS PRO a través de las tablas de atributos, la cual permite colocar diferentes datos sobre una misma identidad.

5.1.6 Elaboración de mapas temáticos

Terminado el proceso de los datos, sigue mostrar de manera ordenada, mediante mapas temáticos, donde se da una escala correcta y se usa colores que permiten al usuario entender lo que se quiere representar.

5.2. Presentación de Resultados

Después de haber procesado la información recolectada, se ha elaborado los mapas temáticos que muestran de una manera más clara y precisa, como está organizada la red de agua potable en el distrito de Huaral.

Por último, se elaboró un mapa temático de simulación de avería de tubería en el sector 6, la cual se analizó con el SIG y se calculó el presupuesto para satisfacer la demanda de agua de la población afectada.

La lista de mapas temáticos creados a partir del uso de una plataforma SIG, fueron las siguientes:

TablaN°7
Tabla de Mapas temáticos

Código	Descripción
P-01	Mapa de ubicación del proyecto
P-02a	Mapa de catastro de habilitaciones
P-02b	Mapa de catastro de habilitaciones
P-02c	Mapa de catastro de habilitaciones
P-02d	Mapa de catastro de habilitaciones
P-02e	Mapa de catastro de habilitaciones
P-02f	Mapa de catastro de habilitaciones
P-03a	Mapa de sectorizaciones
P-03b	Mapa de sub sectorización

- P-04 Mapa de población por subsectores
- P-05 Mapa Topográfico
- P-06 Mapa de redes principales de agua potable Existentes
- P-07 Mapa de redes principales de agua potable Proyectada
- P-08a Mapa de redes secundarias de agua potable existente por diámetro
- P-08b Mapa de redes secundarias de agua potable existente por material
- P-08c Mapa de redes secundarias de agua potable existente por antigüedad
- P-09 Mapa de áreas de influencia de redes de agua potable proyectadas
- P-10a Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 1
- P-10b Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 2
- P-10c Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 3
- P-10d Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 4
- P-10e Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 5
- P-10f Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 6
- P-10g Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 7

Fuente: Elaboración propia.

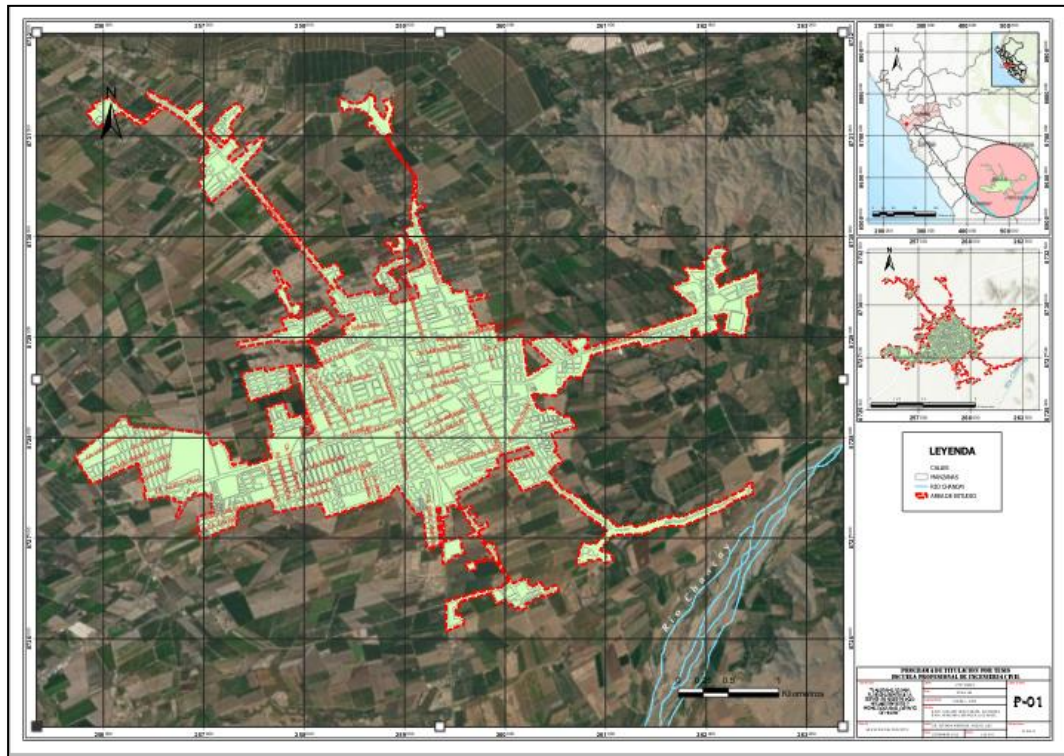


Figura N° 26 Mapa de ubicación del proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

AREA DE ESTUDIO		Fields: AREA DE ESTU		
Field:	Selection:			
OBJECTID *	Shape	Area (m2)	Perimetro (m)	
1	1	Polygon	8219286.1	68194.76

Figura N° 27 Tabla de atributos de ubicación del proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

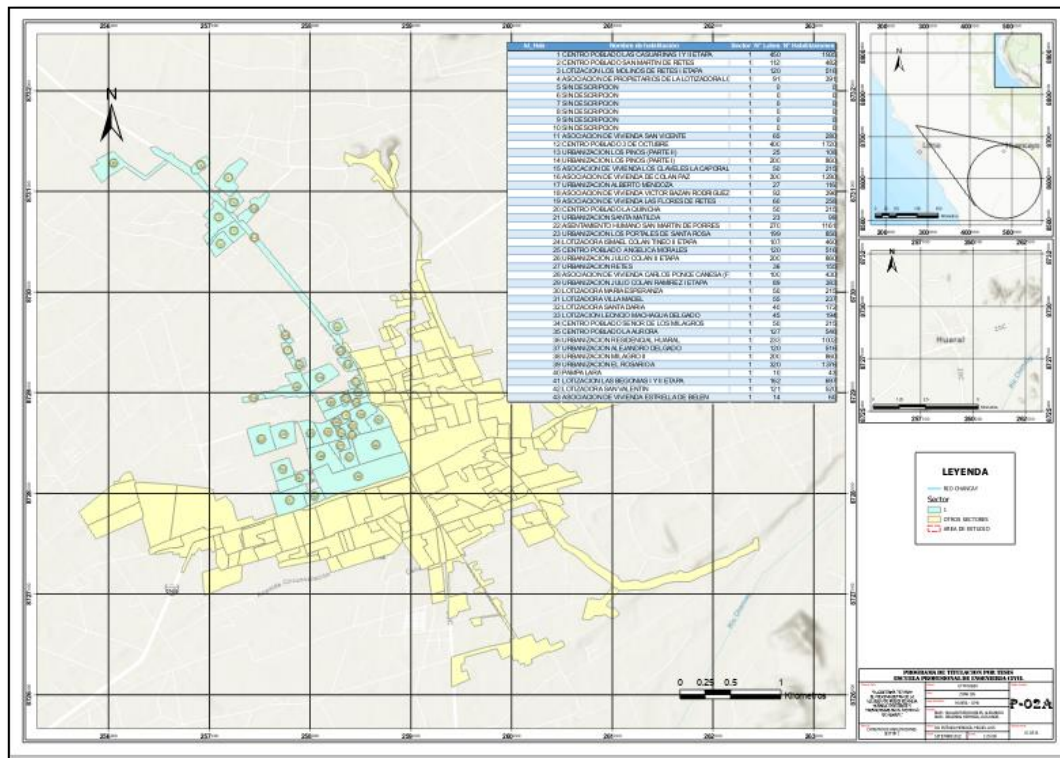


Figura N° 28 Mapa de habilitaciones.
Fuente: Elaboración propia.

OBJECTID *	Shape	Nom_Hab	Shape_Length	Shape_Area	Sector *	Id_Hab	N_Lotes	Densidad_Pob	N_Hab
1	Polygon	CERCADO HUARAL	2917.64438	261446.25355	2	36	320	4.3	1376
2	Polygon	CENTRO POBLADO LA HUACA ESQUIVEL	541.230469	11249.31599	4	3	36	4.3	155
3	Polygon	ASOCIACION DE VIVIENDA EL TREBOL 3ERA ETAPA	1654.128768	135164.833349	4	1	161	4.3	692
4	Polygon	LOTIZACION MARIA MAGDALENA	1406.82448	86319.251844	4	2	238	4.3	1023
5	Polygon	ASOCIACION DE VIVIENDA EL TREBOL 1ERA Y 2DA ETAPA	1880.223675	188173.507456	4	4	560	4.3	2408
6	Polygon	CENTRO POBLADO SAN MARCOS	893.20805	26833.87695	4	7	98	4.3	421
7	Polygon	ASOCIACION DE VIVIENDA ESQUIVEL	1834.018408	62263.339871	4	8	194	4.3	834
8	Polygon	ASENTAMIENTO HUMANO LOS JARDINES I ETAPA	1270.301126	33868.566743	4	9	24	4.3	103
9	Polygon	LOTIZACION LAS CASUARINAS DE HUARAL	1223.991162	75600.547584	4	13	265	4.3	1140
10	Polygon	ASOCIACION CENTRO POBLADO CERRO LA MERCED	608.212748	22111.139715	4	12	106	4.3	456
11	Polygon	ASENTAMIENTO HUMANO ALEJANDRO DEL SOLAR	431.387183	9580.933953	4	10	35	4.3	151
12	Polygon	CENTRO POBLADO LOS JARDINES II ETAPA	515.097657	14471.734877	4	14	68	4.3	292
13	Polygon	LOTIZACION CIUDAD DE LUZ	656.259063	25237.388676	4	15	46	4.3	198
14	Polygon	SIN DESCRIPCION	860.399304	42061.113694	4	5	0	4.3	0
15	Polygon	ASOCIACION DE VIVIENDA LAS AZUCENAS	340.811603	2654.293914	4	16	18	4.3	77
16	Polygon	ASENTAMIENTO HUMANO MICAELA BASTIDAS	535.665878	5422.365777	4	17	47	4.3	202

Figura N° 29 Tabla de atributos de habilitaciones.
Fuente: Elaboración propia.

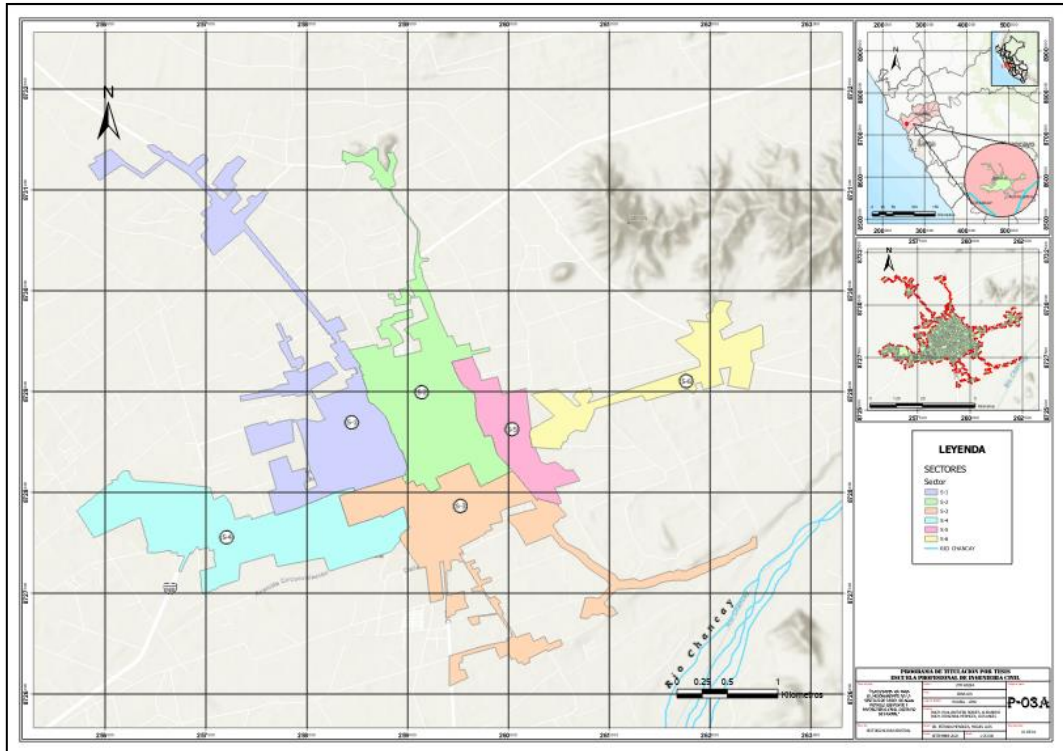


Figura N° 30 Mapa de sectorizaciones.
Fuente: Elaboración propia

SECTORES		Fields: SECTORES				
Field:		Add	Calculate	Selection: Select By Attributes		Zoom
OBJECTID *	Shape	Shape_Length	Shape_Area	Sector	Subsector	
1	5	10317.7	1749626.07	4	4A	
2	6	23662.86	1812295.85	1	1B	
3	8	9109.24	786405.51	6	6M	
4	17	4740.73	583680.65	5	5B	
5	18	14828.68	1619021.62	2	<Null>	
6	19	22505.03	1668256.59	3	3M	

Click to add new row.

Figura N°31 Tabla de atributos de Sectores.
Fuente elaboración propia

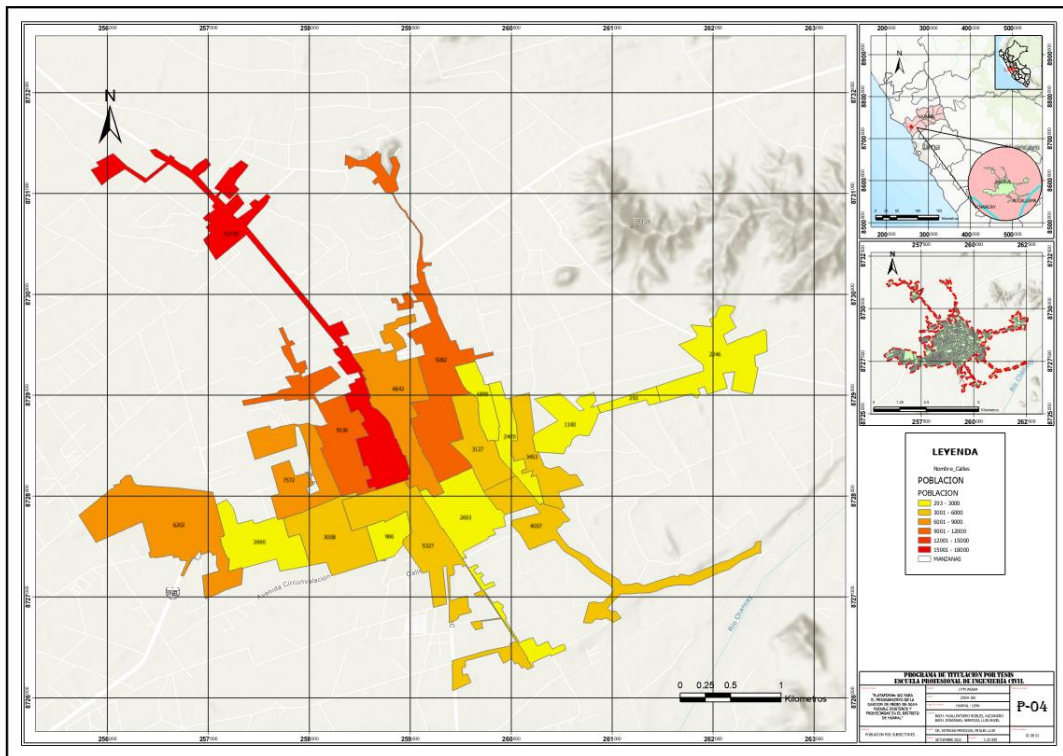


Figura N°32 Mapa de población por subsectores.
Fuente: Elaboración propia.

OBJECTID *	Shape *	Sector	Subsector	Perimetro	Poblacion	Area
1	Polygon	4	4SS	6149.08	6202	843337.5
2	Polygon	4	4B	3230.9	2690	365787.92
3	Polygon	4	4M	3248.5	3008	409073.89
4	Polygon	4	4A	1537.14	966	131426.74
5	Polygon	1	1B	5339.36	7572	423080.56
6	Polygon	6	6A	5187.69	2246	477541.51

Figura N°33 Tabla de atributos de población.
Fuente: Elaboración Propia.

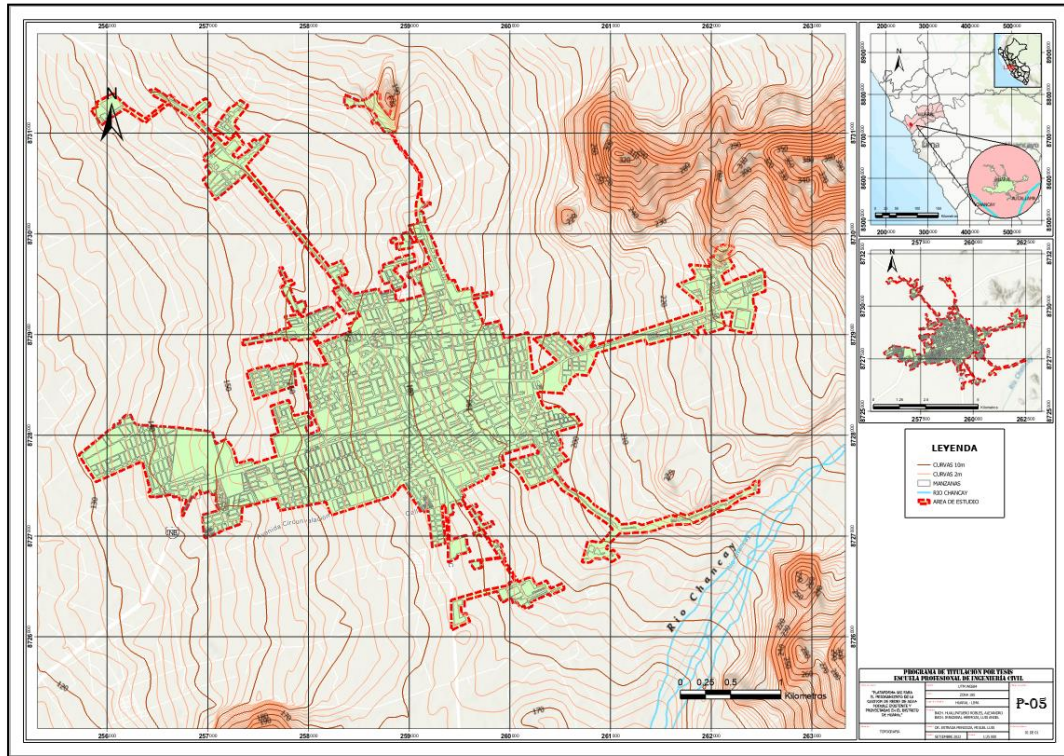


Figura N°34 Mapa topográfico.
Fuente: Elaboración propia.

CURVAS 2m			
Field:	Add	Calculate	
FID *	Shape *	Cota (Z)	
1	Polyline	96	
2	Polyline	98	
3	Polyline	100	
4	Polyline	102	
5	Polyline	104	
6	Polyline	106	

Figura N°35 Tabla de atributos de mapa topográfico.
Fuente: Elaboración propia.

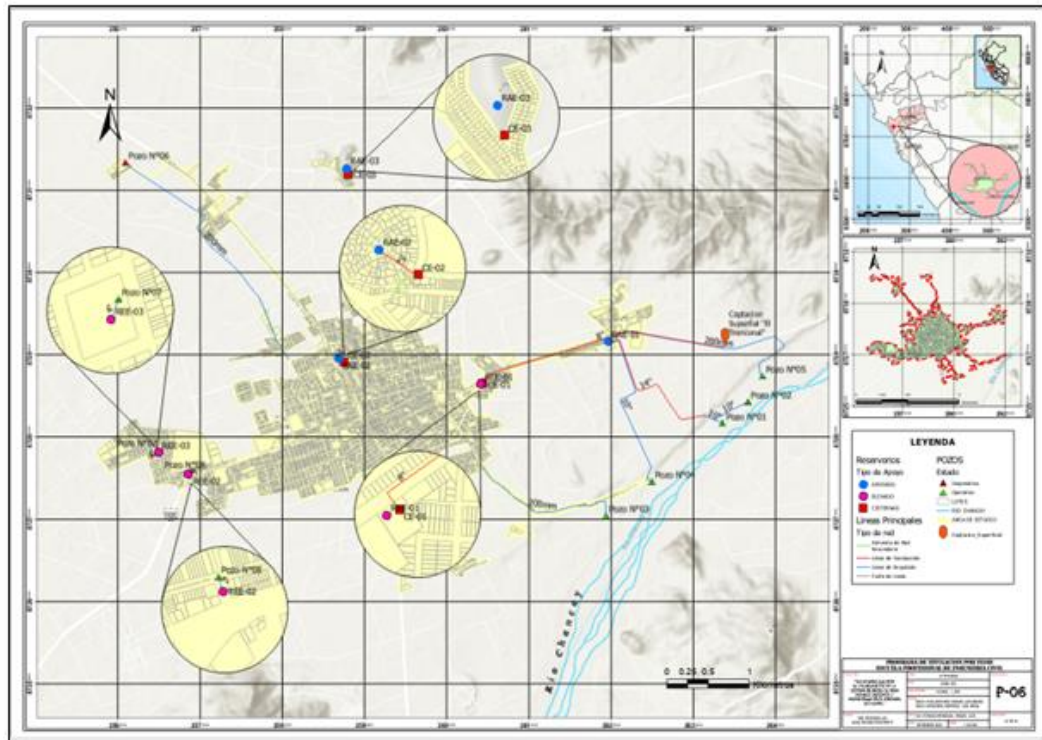


Figura N°6 Mapa de redes principales de agua potable existente.
Fuente: Elaboración propia.

FID	Shape *	FID_	Tipo_Red	Diametro	Antigüedad	Material	DN	
1	0	Polyline	0	Línea de Impulsión	10	no registra	AC	10"
2	1	Polyline	0	Línea de Conducción	2	5 a 30 años	PVC	2"
3	2	Polyline	0	Línea de Impulsión	10	no registra	AC	10"
4	3	Polyline	0	Línea de Impulsión	10	no registra	AC	10"
5	4	Polyline	0	Línea de Conducción	14	no registra	AC	14"
6	5	Polyline	0	Línea de Impulsión	200	0 a 5 años	HDPE	200mm
7	6	Polyline	0	Línea de Impulsión	200	no registra	PVC	200mm
8	7	Polyline	0	Línea de Impulsión	200	5 a 30 años	HDPE	200mm
9	8	Polyline	0	Línea de Conducción	8	30 años a mas	AC	8"
10	9	Polyline	0	Alimenta de Red Secu...	0	no registra		

Figura N°37 Tabla de atributos mapa de redes principales de agua potable existente.
Fuente: Elaboración propia.

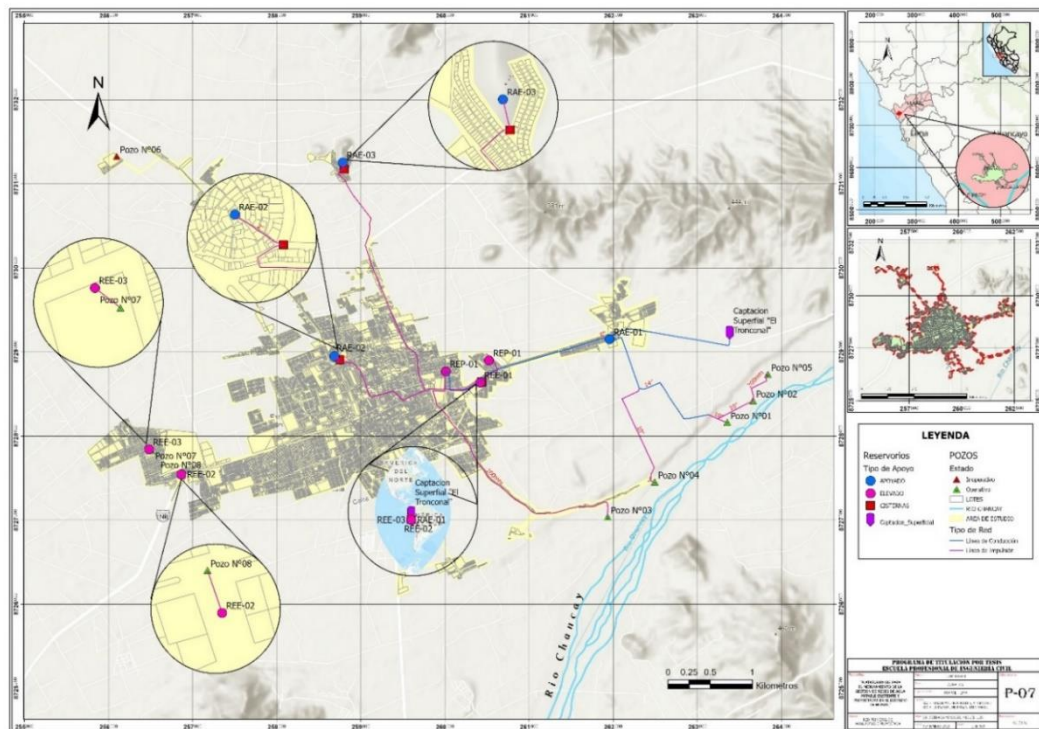


Figura N°38 Mapa de redes principales de agua potable Proyectada.

Fuente: Elaboración propia.

OBJECTID *	Shape *	FID_	Tipo_Red	Diametro	Antigüedad	Material	DN	Shape_Length
1	Polyline	0	Línea de Impulsión	10	no registra	AC	10"	1366.173474
2	Polyline	0	Línea de Impulsión	2	5 a 30 años	PVC	2"	72.032835
3	Polyline	0	Línea de Impulsión	10	no registra	AC	10"	469.730243
4	Polyline	0	Línea de Impulsión	10	no registra	AC	10"	232.746628
5	Polyline	0	Línea de Conducción	14	no registra	AC	14"	1875.087562
6	Polyline	0	Línea de Impulsión	200	no registra	PVC	200mm	3390.928931
7	Polyline	0	Línea de Conducción	8	30 años a mas	AC	8"	3183.064901
10	Polyline	0	Línea de Impulsión	0		HD		53.58524

Figura N°39 Tabla de atributos de mapa de redes principales de agua potable proyectada.

Fuente: Elaboración propia.

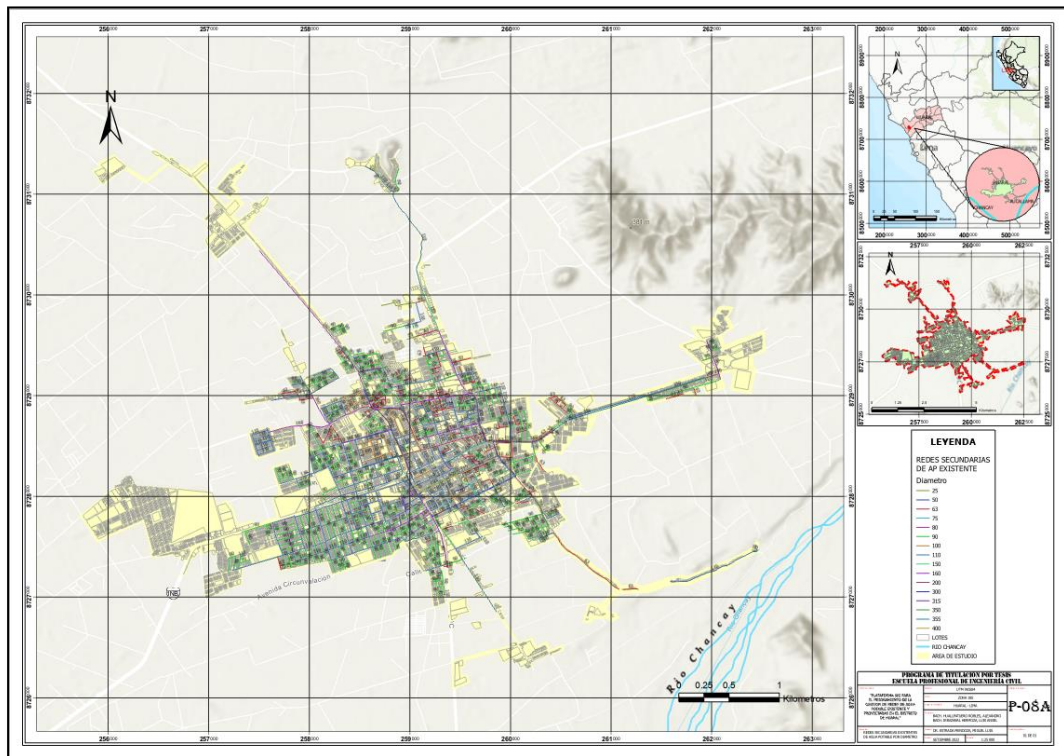


Figura N°40 Mapa de redes secundarias de agua potable existente por diámetro.

Fuente: Elaboración propia.

OBJECTID *	Shape *	Diametro	Antigüedad	Longitud(m)	Material	Entity	
1	1577	Polyline ZM	110	Entre 5 a 30 años	1294.66	PVC	LWPolyline
2	470	Polyline ZM	355	Entre 5 a 30 años	1210.02	PVC	LWPolyline
3	361	Polyline ZM	110	Entre 5 a 30 años	1112.2	PVC	LWPolyline
4	1120	Polyline ZM	160	Entre 5 a 30 años	1093.21	PVC	LWPolyline
5	1463	Polyline ZM	400	Mayor a 30 años	1042.67	AC	LWPolyline
6	1552	Polyline ZM	110	Entre 5 a 30 años	921.29	PVC	LWPolyline

Figura N°41 Tabla de atributos de mapa de redes secundarias de agua potable existente por diámetro.

Fuente: Elaboración propia.

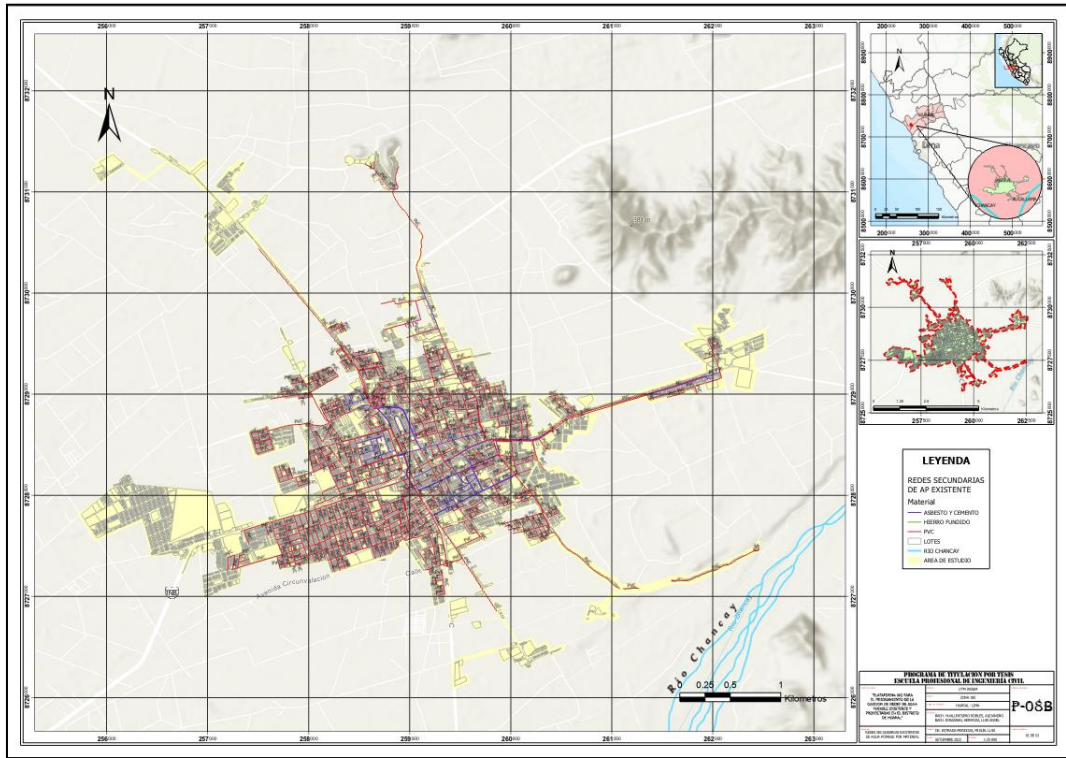


Figura N°42 Mapa de redes secundarias de agua potable existente por material.

Fuente: Elaboración propia.

OBJECTID *	Shape *	Diametro	Antigüedad	Longitud(m)	Material	Entity	
1	1577	Polyline ZM	110	Entre 5 a 30 años	1294.66	PVC	LWPolyline
2	470	Polyline ZM	355	Entre 5 a 30 años	1210.02	PVC	LWPolyline
3	361	Polyline ZM	110	Entre 5 a 30 años	1112.2	PVC	LWPolyline
4	1120	Polyline ZM	160	Entre 5 a 30 años	1093.21	PVC	LWPolyline
5	1463	Polyline ZM	400	Mayor a 30 años	1042.67	AC	LWPolyline
6	1552	Polyline ZM	110	Entre 5 a 30 años	921.29	PVC	LWPolyline

Figura N°43 Tabla de atributos de mapa de redes secundarias de agua potable existente por material.

Fuente: Elaboración propia.

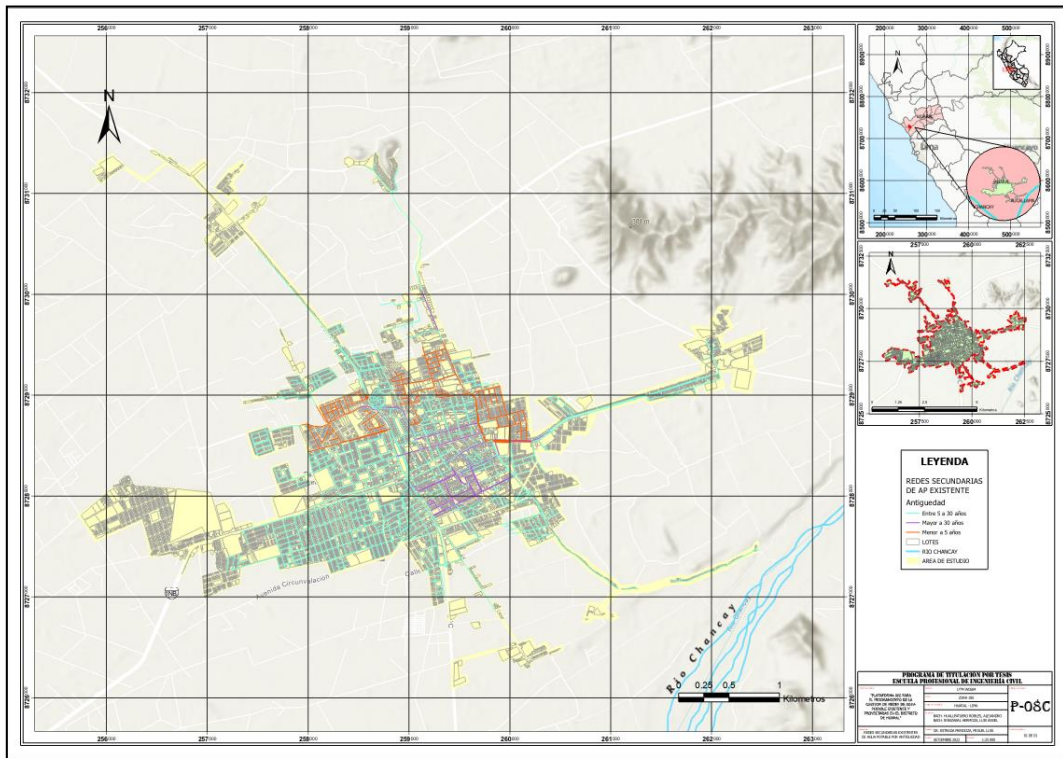


Figura N°44 Mapa de redes secundarias de agua potable existente por antigüedad.

Fuente: Elaboración propia.

OBJECTID *	Shape *	Diametro	Antigüedad	Longitud(m)	Material	Entity	
1	1577	Polyline ZM	110	Entre 5 a 30 años	1294.66	PVC	LWPolyline
2	470	Polyline ZM	355	Entre 5 a 30 años	1210.02	PVC	LWPolyline
3	361	Polyline ZM	110	Entre 5 a 30 años	1112.2	PVC	LWPolyline
4	1120	Polyline ZM	160	Entre 5 a 30 años	1093.21	PVC	LWPolyline
5	1463	Polyline ZM	400	Mayor a 30 años	1042.67	AC	LWPolyline
6	1552	Polyline ZM	110	Entre 5 a 30 años	921.29	PVC	LWPolyline

Figura N°45 Tabla de atributos de mapa de redes secundarias de agua potable existente por antigüedad.

Fuente: Elaboración propia.

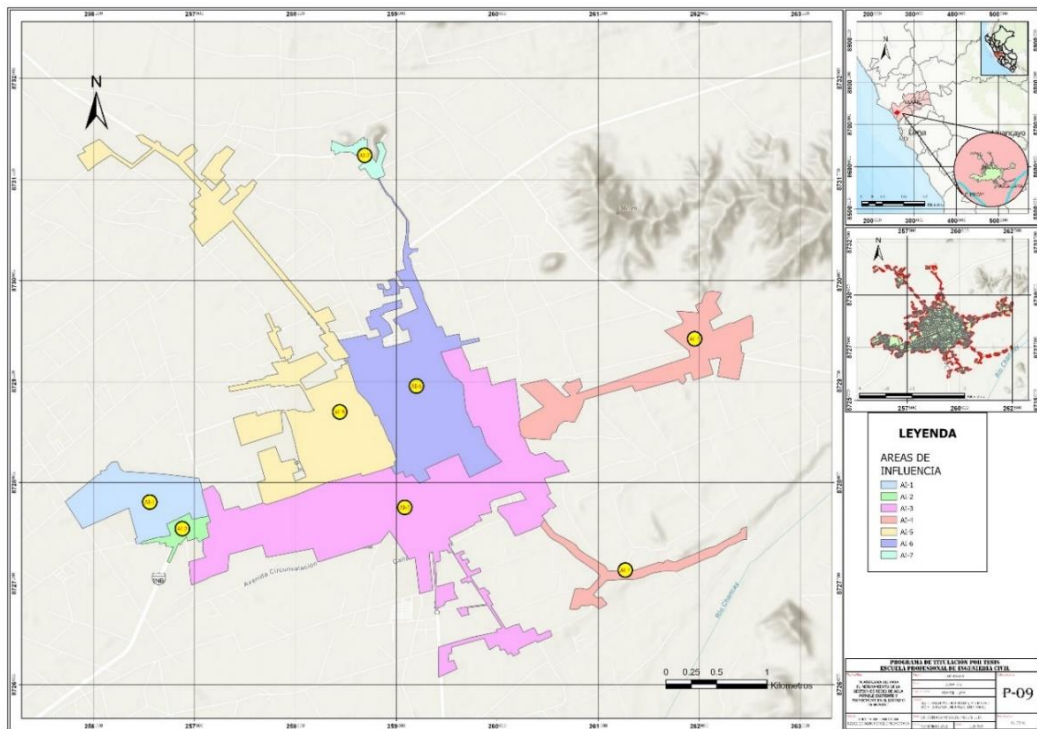


Figura N°46 Mapa de áreas de influencia de redes de agua potable proyectadas.

Fuente: Elaboración propia.

OBJECTID *	Shape	Perimetro(m)	Area(m2)	CODIGO	RESERVORIO
1	Polygon	23808.4	3016724.13	AI-3	RAP-01
2	Polygon	4132.71	632406.61	AI-1	R-EL TREBOL
3	Polygon	2371.75	110425.88	AI-2	R-ESQUIVEL
4	Polygon	23545.93	1790490.28	AI-5	REP-01
5	Polygon	2233.39	88305.48	AI-7	R-SAN ISIDRO
6	Polygon	9097.81	785977.05	AI-4	RAP-02
7	Polygon	6102.07	252822.41	AI-4	RAP-02
8	Polygon	12605.37	1542134.3	AI-6	REP-02

Figura N°47 Tabla de atributos de áreas de influencia de redes de agua potable proyectadas.

Fuente: Elaboración propia.



Figura N°48 Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 1.
Fuente: Elaboración propia.

FID	Shape	Q(l/s)	Diametro(mm)	ESTADO	LABEL	L(m)	MATERIAL	RENOVAR	V(m/s)	
1	1	Polyline	24.83	200	Troncal Red Proyectada	R-ELTREBOL_F-172	8.54	HDPE		0.79
2	2	Polyline	24.83	200	Red Proyectada	R-ELTREBOL_F-174	14.86	PVC		0.79
3	7	Polyline	12.23	160	Red Mejorada	R-ELTREBOL_F-173	37.36	PVC		0.61
4	3	Polyline	4.94	90	Red Existente	R-ELTREBOL_F-135	49.92	PVC		0.78
5	8	Polyline	3.74	90	Red Existente	R-ELTREBOL_F-28	108.87	PVC		0.59
6	9	Polyline	3.65	90	Red Existente	R-ELTREBOL_F-65	15.43	PVC		0.57
7	10	Polyline	3.49	90	Red Existente	R-ELTREBOL_F-66	95	PVC		0.55
8	17	Polyline	2.93	90	Red Proyectada	R-ELTREBOL_F-153	14.36	PVC		0.46
9	18	Polyline	2.79	90	Red Existente	R-ELTREBOL_F-42	4.27	PVC		0.44

Figura N°49 Tabla de atributos de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia.
Fuente: Elaboración propia.

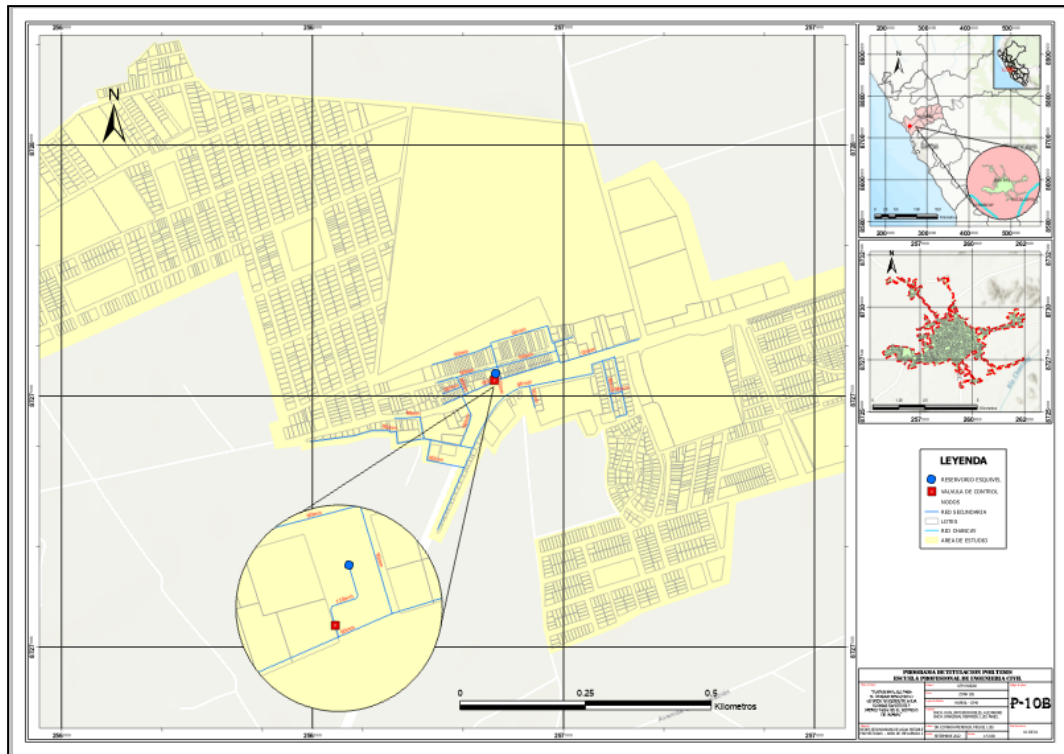


Figura N°50 Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 2.
Fuente: Elaboración propia.

OBJECTID *	Shape *	Q(l/s)	Diametro(mm)	ESTADO	LABEL	L(m)	MATERIAL	RENOVAR	V(m/s)	Longitud	
1	2	Polyline	3.79	110	Red Proyectada	R-ESQUIVEL_F-42	2.67	PVC		0.4	2.67
2	3	Polyline	2.22	90	Red Existente	R-ESQUIVEL_F-10	6.52	PVC		0.35	6.52
3	4	Polyline	2.1	90	Red Existente	R-ESQUIVEL_F-30	107.52	PVC		0.33	107.52
4	6	Polyline	1.68	90	Red Existente	R-ESQUIVEL_F-43	65.54	PVC		0.26	65.54
5	7	Polyline	1.37	90	Red Existente	R-ESQUIVEL_F-3	25.21	PVC		0.21	25.21
6	9	Polyline	1.24	90	Red Existente	R-ESQUIVEL_F-18	176.39	PVC		0.19	176.39
7	11	Polyline	0.7	90	Red Existente	R-ESQUIVEL_F-27	21.03	PVC		0.11	21.03
8	12	Polyline	0.7	90	Red Existente	R-ESQUIVEL_F-19	171.61	PVC		0.11	171.61
9	13	Polyline	0.68	90	Red Existente	R-ESQUIVEL_F-31	60.2	PVC		0.11	60.2

Figura N°51 Tabla de atributos de las redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 2.
Fuente: Elaboración propia.

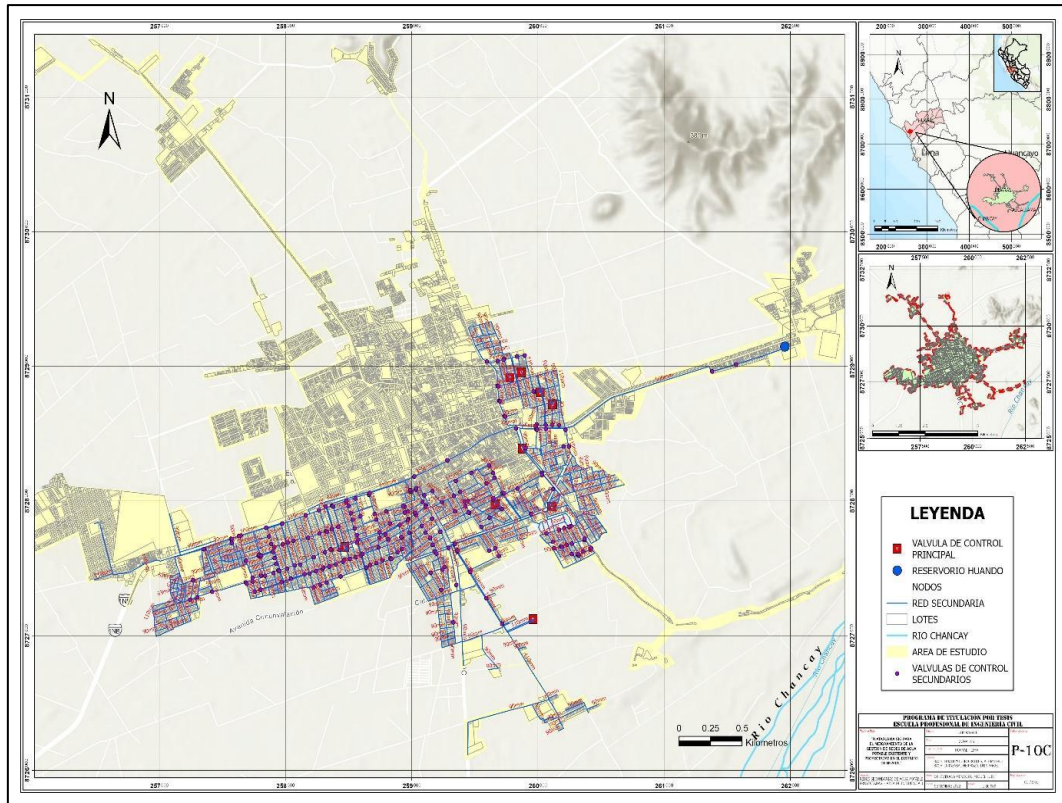


Figura N°52 Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 3.
Fuente: Elaboración propia.

FID	Shape	Q(l/s)	Diametro(mm)	Estado	LABEL	Longitud(m)	Material	RENOVAR	V(m/s)	
1	22	Polyline	207.33	500	Troncal Red Proyectada	RAP-01_F-1258	2063.99	HDPE		1.06
2	25	Polyline	159.62	450	Troncal Red Proyectada	RAP-01_F-1217	235.8	HDPE		1
3	32	Polyline	84.73	355	Troncal Red Proyectada	RAP-01_F-1013	101.39	HDPE		0.86
4	33	Polyline	84.73	355	Troncal Red Proyectada	RAP-01_F-1218	1916.6	HDPE		0.86
5	49	Polyline	38.81	250	Troncal Red Proyectada	RAP-01_F-532	897.76	HDPE		0.79
6	30	Polyline	27.36	200	Troncal Red Proyectada	RAP-01_F-1333	284	HDPE		0.87
7	31	Polyline	27.36	200	Red Proyectada	RAP-01_F-533	13.39	PVC		0.87
8	68	Polyline	22.29	200	Red Proyectada	RAP-01_F-1009	7.74	PVC		0.71
9	69	Polyline	22.29	200	Troncal Red Proyectada	RAP-01_F-1012	20.38	HDPE		0.71
10	71	Polyline	22.25	200	Red Proyectada	RAP-01_F-531	8.4	PVC		0.71
11	88	Polyline	20.91	200	Red Proyectada	RAP-01_F-649	21.79	PVC		0.67
12	89	Polyline	20.91	200	Troncal Red Proyectada	RAP-01_F-773	203.11	HDPE		0.67

Figura N°53 Tabla de atributos redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 3.
Fuente: Elaboración propia.

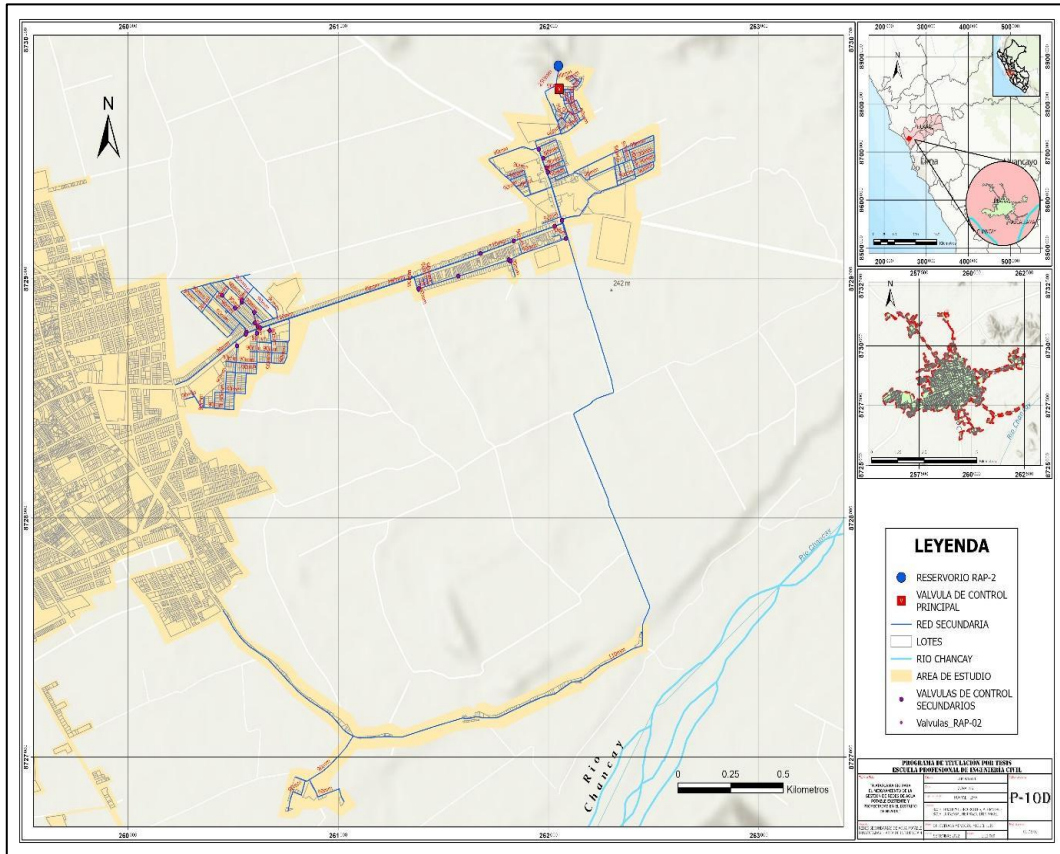


Figura N°54 Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 4.
Fuente: Elaboración propia.

FID	Shape	Q(l/s)	Diametro(mm)	Estado	LABEL	Longitud(m)	MATERIAL	RENOVAR	V(m/s)	
1	35	Polyline	-8.19	160	Red Mejorada	RAP-02_F-221	5.18	PVC	Renovar	0.41
2	2	Polyline	-6.45	90	Red Proyectada	RAP-02_F-128	84.03	PVC		1.01
3	5	Polyline	-5.59	90	Red Mejorada	RAP-02_F-225	33.86	PVC	Renovar	0.88
4	6	Polyline	-5.32	90	Red Mejorada	RAP-02_F-224	131.81	PVC	Renovar	0.84
5	9	Polyline	-5.01	90	Red Proyectada	RAP-02_F-256	16.35	PVC		0.79
6	10	Polyline	-4.96	90	Red Mejorada	RAP-02_F-301	19.5	PVC	Renovar	0.78
7	11	Polyline	-4.92	90	Red Proyectada	RAP-02_F-84	28.61	PVC		0.77
8	15	Polyline	-4.81	90	Red Mejorada	RAP-02_F-331	16.84	PVC	Renovar	0.76
9	19	Polyline	-4.13	90	Red Mejorada	RAP-02_F-312	11.4	PVC	Renovar	0.65
10	22	Polyline	-3.99	90	Red Mejorada	RAP-02_F-223	66.2	PVC	Renovar	0.63
11	23	Polyline	-3.59	90	Red Existente	RAP-02_F-219	29.02	PVC		0.57
12	38	Polyline	-3.39	110	Red Proyectada	RAP-02_F-351	345.81	PVC		0.36

Figura N°55 Tabla de atributos redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 4.
Fuente: Elaboración propia.

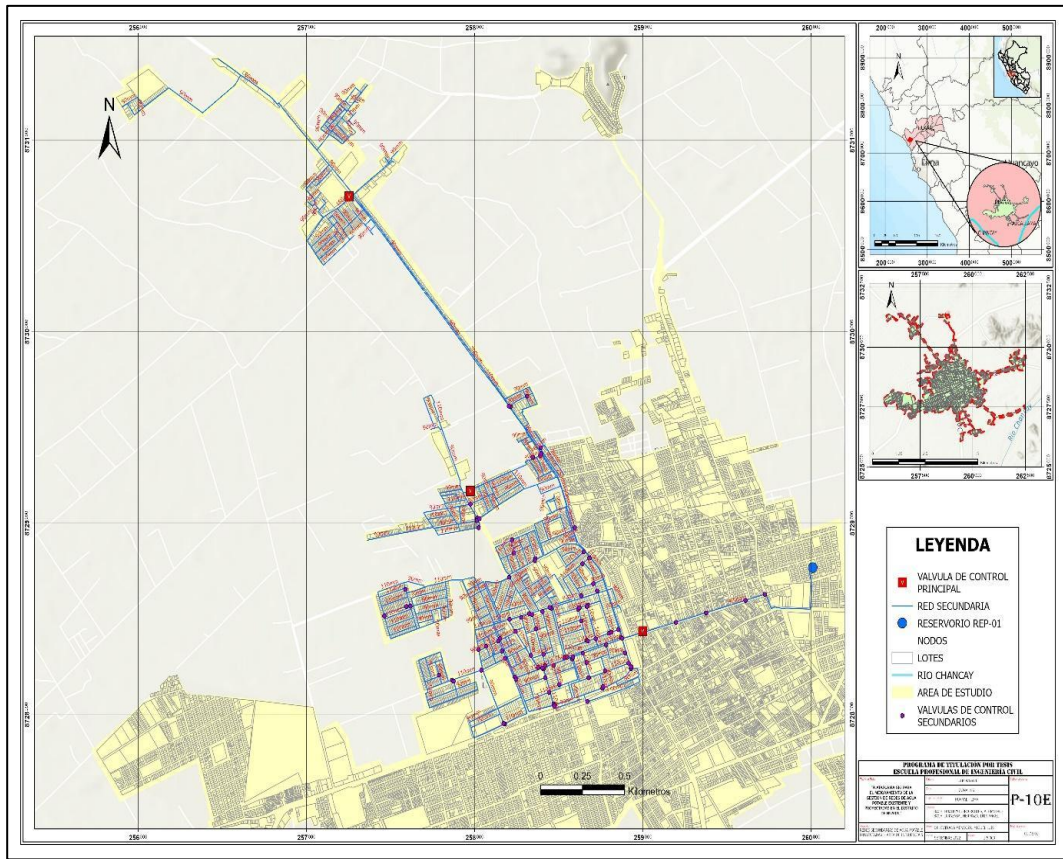


Figura N°56 Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 5.
Fuente: Elaboración propia.

FID	Shape	Q(l/s)	Diametro(mm)	ESTADO	LABEL	Longitud(m)	MATERIAL	RENOVAR	V(m/s)
1	19	Polyline	87.27	400	Troncal Red Proyectada	REP-01_F-827	132.57	HDPE	0.69
2	20	Polyline	87.27	400	Troncal Red Proyectada	REP-01_F-826	1315.63	HDPE	0.69
3	16	Polyline	36.93	250	Troncal Red Proyectada	REP-01_F-828	1089.34	HDPE	0.75
4	25	Polyline	21.09	200	Red Proyectada	REP-01_F-814	7.08	PVC	0.67
5	39	Polyline	17.88	200	Red Proyectada	REP-01_F-587	15.86	PVC	0.57
6	9	Polyline	16.37	160	Red Proyectada	REP-01_F-586	6.18	PVC	0.81
7	10	Polyline	16.37	160	Troncal Red Proyectada	REP-01_F-584	146.47	HDPE	0.81
8	49	Polyline	15.77	200	Red Proyectada	REP-01_F-830	11.88	PVC	0.5
9	14	Polyline	15.61	160	Red Proyectada	REP-01_F-588	20.15	PVC	0.78
10	15	Polyline	15.61	160	Troncal Red Proyectada	REP-01_F-805	161.08	HDPE	0.78
11	0	Polyline	11.38	110	Red Proyectada	REP-01_F-815	39.39	PVC	1.2
12	2	Polyline	10.41	110	Red Mejorada	REP-01_F-318	8.46	PVC	1.09

Figura N°57 Tabla de atributos redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 5.

Fuente: Elaboración propia.

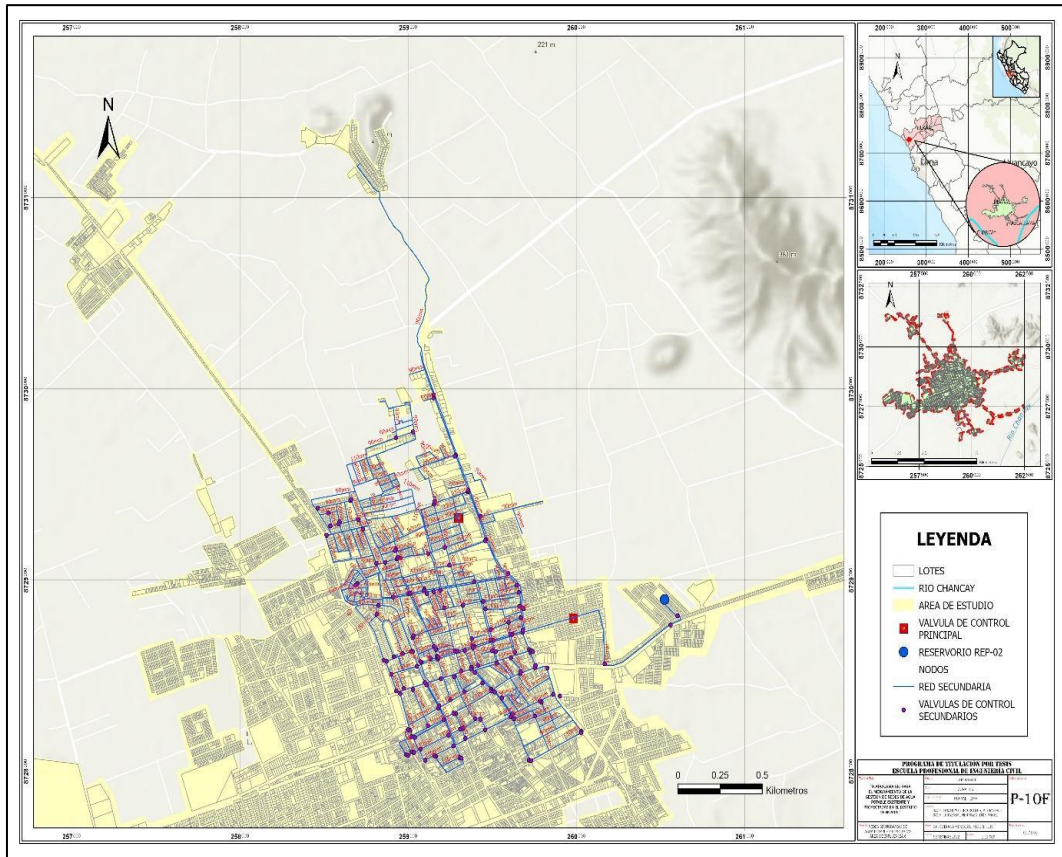


Figura N°58 Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 6.
Fuente: Elaboración propia.

OBJECTID *	Shape *	Q(l/s) ▼	Diametro(mm)	ESTADO	LABEL	Longitud(m)	MATERIAL	RENOVAR	V(m/s)	Shape_Length	
1	5	Polyline	91.08	355	Troncal Red Proyectada	REP-02_A_F-680	1146.84	HDPE		0.92	1146.843329
2	18	Polyline	23.07	200	Red Proyectada	REP-02_A_F-652	15.94	PVC		0.73	15.937245
3	24	Polyline	20.84	200	Troncal Red Proyectada	REP-02_A_F-638	222.09	HDPE		0.66	222.087533
4	12	Polyline	16.22	160	Red Proyectada	REP-02_A_F-644	11.53	PVC		0.81	11.531709
5	13	Polyline	16.22	160	Troncal Red Proyectada	REP-02_A_F-646	18.74	HDPE		0.81	18.737446
6	22	Polyline	14.18	160	Red Proyectada	REP-02_A_F-642	10.45	PVC		0.71	10.445009
7	23	Polyline	14.18	160	Troncal Red Proyectada	REP-02_A_F-641	96.82	HDPE		0.71	96.823112
8	33	Polyline	11.91	160	Red Mejorada	REP-02_A_F-654	14.62	PVC	Renovar	0.59	14.615974
9	34	Polyline	11.61	160	Red Mejorada	REP-02_A_F-640	12.99	PVC	Renovar	0.58	12.987919
10	1	Polyline	11.05	110	Red Existente	REP-02_A_F-645	13.01	PVC		1.16	13.012821
11	2	Polyline	10.34	110	Red Proyectada	REP-02_A_F-591	16.8	PVC		1.09	16.796495
12	3	Polyline	10.34	110	Troncal Red Proyectada	REP-02_A_F-662	308.62	HDPE		1.09	308.622072

Figura N°59 Tabla de atributos de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 6.
Fuente: Elaboración propia.

5.2.1 Simulación de rotura de tubería en el Area de influencia 3

Del mapa temático Redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 3, se obtuvo que la avería de dos tramos de tubería de L=212.4 m, la cantidad de habitantes afectados es de 3201 hab, siendo 5 días el tiempo de reparación de dicha tubería.

La dotación diaria para cada persona en una urbanización es de 200 l/día

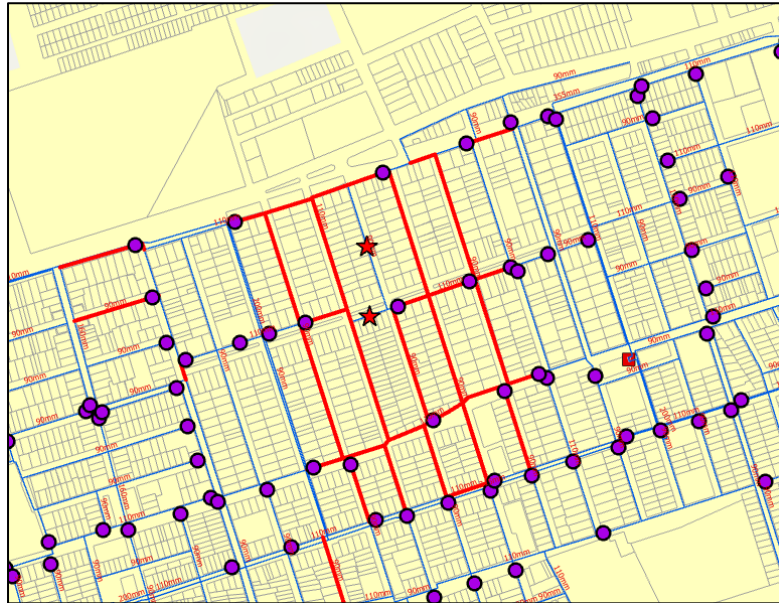


Figura N°60 Simulación de rotura de tubería en el Area de influencia 3.
Fuente: Elaboración propia

$$Vr = \frac{\text{dotación} \left(\frac{l}{\text{hab}} \right) \times N^{\circ} \text{ de habitantes} \times N^{\circ} \text{ de días}}{1000}$$

$$Vr = \frac{200 \left(\frac{l}{\text{hab}} \right) \times 3201 \times 3}{1000}$$

$$Vr = 1920.6 \text{ m}^3$$

Donde:

Vr =Volumen de agua requerida para abastecer a los habitantes. (m3)

TablaN°8
Análisis de costo unitario de suministro de agua potable

Suministro en agua potable en Camión cisterna de 5000 gal					
m3/DIA		150.00		C.U directo por: m3	13.50
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra					2.29
OPERADOR DE CISTERNA	hh	1.00	0.053	25.26	1.35
PEÓN	hh	1.00	0.053	17.60	0.94
Materiales					11.10
CAMIÓN CISTERNA DE 5000 GAL	gal		277.381	0.04	11.10
Equipos					0.11
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5%	2.29	0.11

Fuente: Elaboración propia

TablaN°9
Presupuesto de suministro de agua potable

Descripción	und	Metrado	PU	Parcial(S/)
Suministro de agua potable	m3	1920.6	13.5	25 928.10
	CD			25 928.10
	IGV (18%)			4 667.06
	Sub total			30 595.16

Fuente: Elaboración propia

5.3. Análisis de resultados

Posteriormente al desarrollo de la plataforma SIG con los datos recolectados de informes, planos y expediente técnico, se obtuvo los Mapas temáticos presentados en el punto anterior.

De los Mapas temáticos desarrollados se pueden realizar diversos análisis, en el caso de esta investigación se simuló una avería de tubería en el sector 6 para conocer los habitantes afectados y sacar un presupuesto del suministro de agua potable mediante camión cisterna para cubrir la demanda de agua de la población afectada durante el tiempo de la reparación de la tubería.

5.4. Contrastación de hipótesis

5.4.1 Hipótesis principal:

La plataforma de Sistema de Información Geográfica mejora la gestión de redes de agua potable en el distrito de Huaral.

La plataforma SIG permite disponer de datos relevantes y específicos, que permiten a los usuarios conocer a detalle las características de las redes de agua potable en el distrito de Huaral, un ejemplo sería la tabla de atributos que se tiene en la red de agua potable existente donde se tiene características de la tubería como: Longitud, antigüedad, material y caudal, estos datos brindados por la plataforma SIG sirven para mejorar la gestión en futuros proyectos de ampliaciones de la red o en caso de averías y mantenimiento de las tuberías.

5.4.2 Hipótesis específica 1

La base de datos SIG permite la sistematización y mejora del análisis para el diagnóstico general de las redes existentes y proyectadas de abastecimiento de agua en el distrito de Huaral.

Con la base de datos SIG se logra tener un mejor diagnóstico general de las redes de existentes y proyectadas de abastecimiento de agua en el distrito de Huaral debido a que se tiene características como diámetro, longitud, antigüedad, material, válvulas, accesorios, caudales, velocidades y presiones unificadas en una sola entidad facilitando el manejo de toda esta información.

5.4.3 Hipótesis específica 2

La simulación mediante la interacción SIG con un software para el análisis y modelado de redes permite analizar con mayor facilidad el comportamiento hidráulico en el distrito de Huaral.

En el modelado y simulación de las redes de agua se insertaron etiquetas como: diámetro, longitud, antigüedad, material, caudales, presiones y accesorios como: Cámara rompe presión y válvulas de control, estas etiquetas y accesorios se exportaron de una manera muy fácil a un archivo en formato shapefile que es compatible con el software ArcGIS PRO.

Estas etiquetas facilitaron la generación de la plataforma SIG y de los mapas temáticos.

Se puede concluir entonces que la hipótesis específica 2 es válida y verdadera.

5.4.4 Hipótesis específica 3

Los mapas temáticos permiten la mejora en la toma de decisiones en el catastro de redes en el distrito de Huaral.

Como se observa en los mapas temáticos elaborados, se ha logrado ilustrar temas determinados como la red principal y secundaria de agua potable existente, población por sector, sectorización del distrito de Huaral y ubicación de válvulas. Estos mapas permiten a la municipalidad y a la empresa prestadora de servicio de agua mejorar la toma de decisiones en las redes de agua potable.

Se puede concluir entonces que la hipótesis específica 3 es válida y verdadera.

CONCLUSIONES

1. La plataforma SIG desarrollada organiza datos como: Sectorizaciones, habilitaciones urbanas, Población por sectores, y catastro de tuberías de agua, que permiten mejorar gestionar las redes de agua potable en el distrito de Huaral.
2. Se logro crear una base de datos SIG con información recolectada procedentes de planos, informes, documentos y expedientes que permiten sistematizar el diagnostico General de las redes existentes y proyectadas.
3. Se desarrollo una plataforma SIG en conjunto de un software de modelamiento y análisis Hidráulico, permitiendo conocer los caudales (l/s) y presiones (m.c.a) de la red de agua potable en el distrito de Huaral.
4. Se elaboraron mapas temáticos como: población por subsectores, catastro de habilitaciones, redes secundarias de agua potable existente por diámetro, redes secundarias de agua potable existente por material, redes secundarias de agua potable existente por antigüedad y simulación de cierres de válvulas que permitirán a la municipalidad de Huaral y la empresa prestadora de servicio EMAPA Huaral, poder gestionar y tomar decisiones de una manera más eficiente, frente a incidencias y futuros proyectos de ampliación o mantenimiento.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda implementar a la plataforma SIG de redes de agua potable, las averías y/o reportes de incidencias para obtener o predecir las partes del sistema más vulnerables y poder plantear una posible solución o mitigación.
2. Se recomienda para la implementación de plataformas SIG tener los datos actualizados del área a estudiar como: población, catastro y topografía.; ya que, proyectará resultados más precisos.
3. Se recomienda el uso de un software para modelación de redes de desagüe para complementar la gestión de redes de saneamiento básico en el distrito de Huaral.
4. Se recomienda considerar el uso de lenguaje PYTHON en ArcGIS PRO para elaborar la plataforma SIG y los mapas temáticos en un tiempo más eficiente. Se debe tener en cuenta que para una mejor precisión en el catastro y topografía se recomienda realizar un levantamiento Aero fotogramétrico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agüero, R. (1997). *Agua Potable para Poblaciones Rurales* Editorial Asociación Servicios Educativos Rurales (SER), Lima, Perú.
- Barriga, A., Plazas, O. & Rivera, J. (2006). *Diseño de alcantarillado sanitario, red de distribución de agua potable, programación y presupuesto de obra para el Barrio villa Carol ubicado en el municipio de Garzón*, Universidad de la Salle, Bogotá D.C, Colombia.
- Bartolin, H. (2013). *Confeción de modelos de redes de distribución de agua desde un sig y desarrollo de herramientas de apoyo a la toma de decisiones* (tesis doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Buitrago, S. (2018). *Propuesta de implementación de un sig para la administración y gestión del sistema de acueducto del municipio de Bahía Solano-Chocó* (tesis de pregrado). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C, Colombia.
- Caballero, J. (2017). *Sistema de información geográfica para mejorar la gestión técnica de agua potable en la empresa municipal de agua potable y alcantarillado EMAPA-Huancavelica* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- CENEPRED. (2015). *Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales*. Lima. Obtenido de https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf
- Camacho, C, & Henao, D. (2018). *Sistema de información geográfica aplicada a la localización y análisis de fugas de agua potable en las redes de los usuarios de la empresa IBAL en la ciudad de Ibagué* (tesis de pregrado). Universidad de Manizales, Ibagué, Colombia.
- CONAGUA. (2016). *Modelación y diseño de redes de agua potable con demanda estocástica integrados con sistema de información geográfica*. Ciudad de México D.F, México: Instituto Mexicano de Tecnología del agua
- Dominguez, J. (2000) *Breve Introducción a la Cartografía y a los Sistemas de Información Geográfica (SIG)*

- Egea, P. (2013). *Optimización hidráulica de las redes de distribución de agua de riego dentro del sector 370 de la comunidad de usuarios de aguas de la comarca de Nijar (Almería) mediante el programa informático Epanet*. Proyecto fin de master en ingeniería del agua y del terreno. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena, España.
- ESRI. (s.f.). Tipos de mapas de ArcGIS. https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000017000000.htm#ESRI_SECTION1_A20FEE85A2E042B8B17E7A8C9F901640
- García, M. (s.f.). Mapas temáticos. E.U.I.Técnica Topográfica de Madrid <http://pdi.topografia.upm.es/mab/tematica/htmls/inicial.html>
- González-Ramírez, E., & Bejarano-Salazar, 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>
- Gutiérrez, Y, & Huamani, E. (2019). *Modelamiento del sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el software Watercad en el diseño de las redes de distribución en la etapa I del proyecto San Antonio de Mala – distrito de Mala* (tesis de pregrado). Universidad San Martín de Porres, Lima, Perú.
- Gutiérrez, J, & Rubio, A. (1997). *Los sistemas de información geográficos: origen y perspectivas, España*. Revista General de Información y Documentación,
- Hernandez, M. (2017). *Aplicación de SIG en la caracterización de las aguas de dos acuíferos de las Comarcas de la Marina Alta – Safor*. (tesis de pregrado). Universitat Politècnica de València, Gandia, España.
- Hurtado, M, & Tacuri, C. (2018). *Actualización de la modelación hidráulica de los sistemas de distribución para el abastecimiento de agua potable de la parroquia de El Valle, en los sectores: Santa Teresita, Castilla Cruz, El Censo, Rayoloma, Paccha y Cochás*. (tesis de pregrado). Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador.
- Jiménez, J, (2007). *Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario*, Universidad de Veracruz, México.

- Macias, T. (2021). *Optimización de gestión para detectar fugas del circuito 6 de la red de agua potable de la ciudad de Jipijapa*. (tesis de pregrado). Universidad Estatal del sur de Manabí, Manabí, Ecuador.
- Matellanes, R. (2017). Modelo vectorial y ráster: ventajas y desventajas. Geo innova-SIG. <https://geoinnova.org/blog-territorio/modelo-vectorial-y-modelo-raster/>
- Morais, D, & Almeida, A, (2006). *Water Supply System Decision Making Using Multicriteria Analysis*. Water SA.
- Mott, R. (2006). *Mecánica de fluidos aplicada*. México: Pearson
- Ormeling, F. (s.f.). *Mapas temáticos*. Recuperado de https://icaci.org/files/documents/wom/06_IMY_WoM_es.pdf
- Palacios, A. (2021). *Manejo del sistema de información geográfica para la gestión de redes de agua potable y alcantarillado de la urbanización latina del distrito de José Leonardo Ortiz de la provincia Chiclayo 2020* (tesis de pregrado). Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú.
- Publicación Congreso Nacional del Agua - Orihuela. La necesidad de renovación de las redes de distribución del agua potable: caso del municipio de Orihuela, Setiembre de 2018. (fecha de consulta 11 de marzo del 2021). Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7007047> ISBN: 978-84-1302-034- 1
- Ruiz, P. (2001). *Abastecimiento de agua, México*: Instituto tecnológico de Oaxaca
- Saldarriaga, J. (2007). *Hidráulica de tuberías, abastecimiento de agua, redes, riegos*. Editorial alfa omega.
- Sánchez, N. (2009). *Gestión informatizada de las fugas en una red de agua potable sectorizada con la ayuda de un GIS y un SCADA* (tesis de pregrado). Universidad Politecnica de Valencia, Valencia, España.
- Sotelo, G. (2002). *Hidráulica general, México* Noriega Editores
- SIAPA (2014). *Lineamientos Técnicos para Factibilidades*, México

- Valdiviezo, A. (2019). *Manejo del software Qgis para gestionar datos de redes de distribución de agua en la urb. Miraflores* (tesis de pregrado). Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Valenzuela, M, & Orrillo, G. (2019). *Modelación Hidráulica de la red de distribución de agua potable en la localidad de Paucartambo - Cusco* (tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Vera D. (2018). *Evaluación del comportamiento hidraulico de redes de distribución de agua potable, mediante métodos computacionales convencionales en el distrito de Chupaca* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Del Centro, Huancayo, Perú.
- Vierendel (2009). *Abastecimiento de agua y alcantarillado, 4ta edición*, Perú.
- Villegas, G. (2017) Metodología computarizada de dimensionamiento de redes de agua potable. (tesis de pregrado). Universidad De Piura, Piura, Perú.
- Walski, M., Chase, V., Savic, A., Grayman, W., & Beckwith, S. (2003). *Advanced Water Distribution Modeling and Management*. EEUU: Civil and Environmental Engineering and Engineering Mechanics Faculty Publications.

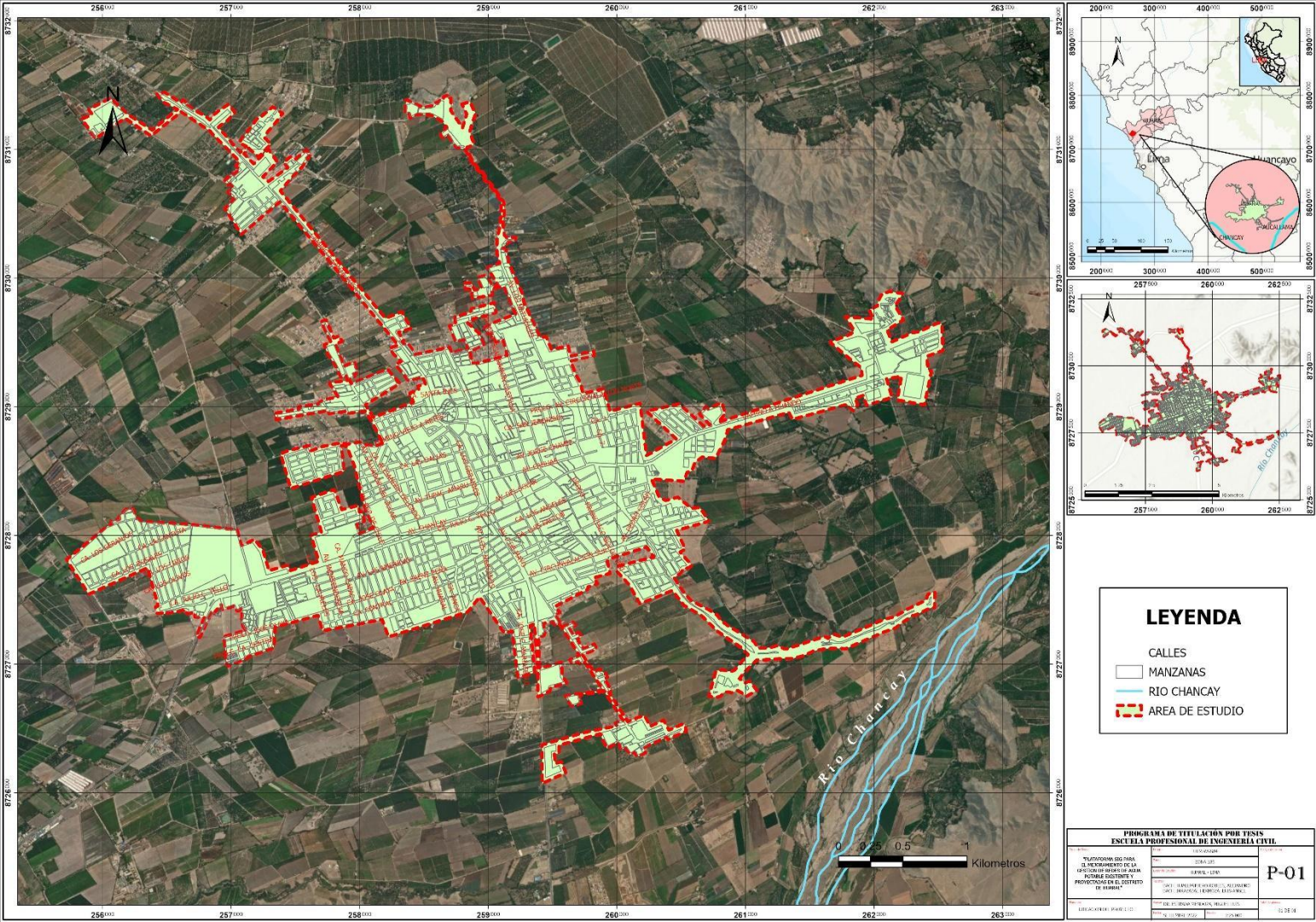
ANEXOS

Anexo N°1: Matriz de consistencia

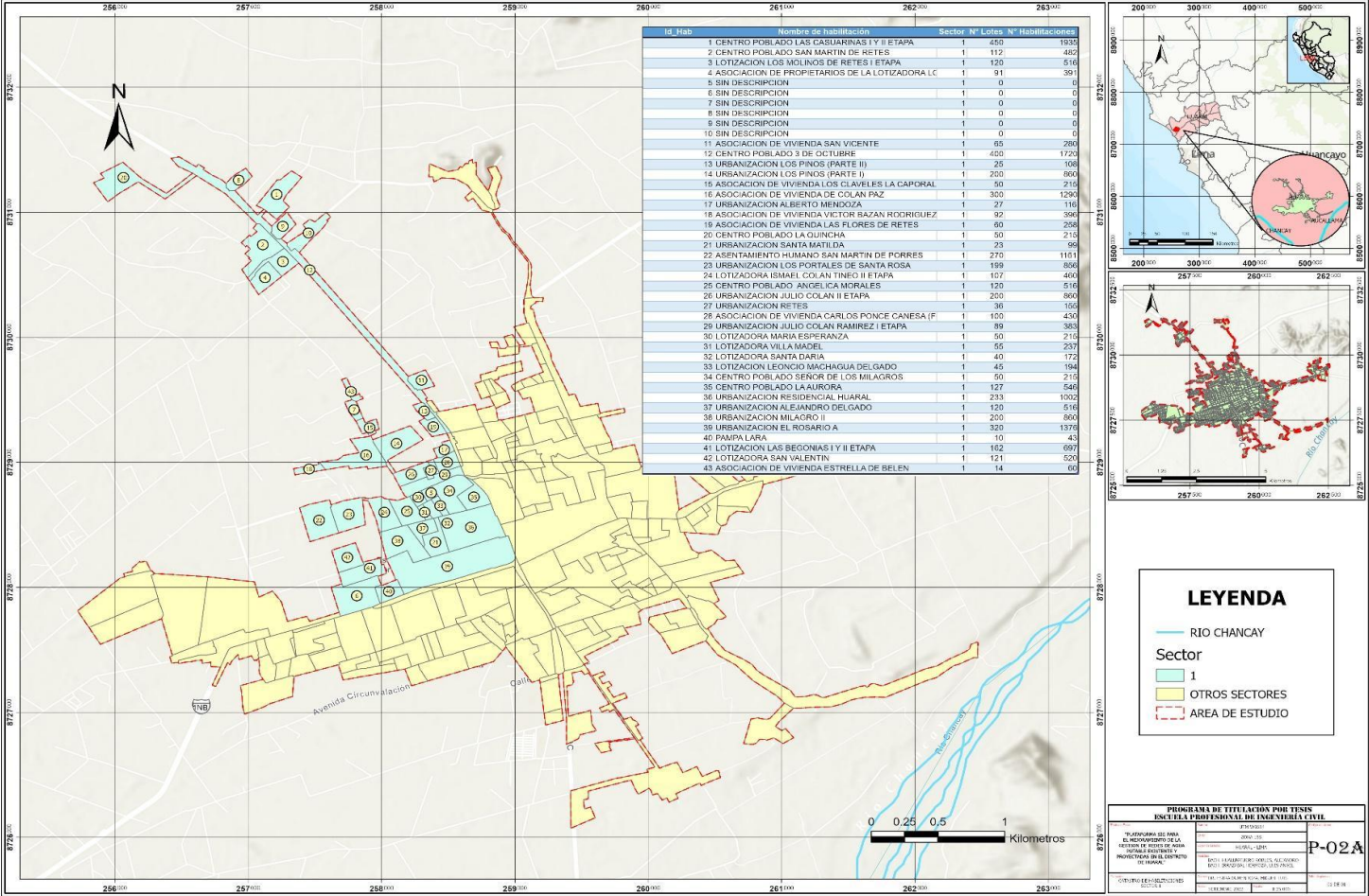
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES DIMENSIONES		METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Variable Dependiente	
¿Cómo el desarrollo de una plataforma de Sistema de Información Geográfica influye en la gestión de redes existentes de agua potable en el distrito de Huaral?	Desarrollar una plataforma de Sistema de Información Geográfica para el mejoramiento de la gestión de redes existentes de agua potable en el distrito de Huaral	La plataforma de Sistema de Información Geográfica mejora la gestión de redes existentes de agua potable en el distrito de Huaral	Sistema de Información Geográfica (SIG)	Gestión de redes existentes de agua potable	Tipo: Aplicada y Cuantitativa Nivel: Descriptivo Método de investigación: Aplicada Diseño: No experimental y Transversal Población: Todos los predios del distrito de Huaral Técnica de recolección de datos: Norma técnica I.S. 010 Instalaciones Sanitarias Reglamento nacional de edificaciones "Norma OS. 050 (2009) redes de distribución de agua para consumo humano" Softwares: AutoCAD Civil 3D 2021, Office 2021, Google Earth Pro 7.3.3.7786, WaterCad Epanet Instrumentos de recolección de datos: -Observación directa del lugar de influencia del proyecto.
Problema Específicos	Objetivo Específicos	Hipótesis Específicos	Dimensión X	Dimensión Y	
¿Cómo una base de datos SIG sistematiza el diagnóstico general de las redes existentes de abastecimiento de agua en el distrito de Huaral?	Generar una base de datos SIG con la información recolectada para sistematizar diagnóstico general en el distrito de Huaral	La base de datos SIG permite la mejora del análisis para el diagnóstico general del distrito de Huaral	Base de datos SIG	Diagnóstico General	-Verificación y análisis de los planos de distribución de agua existentes. -Análisis de documentos.
¿De qué manera una plataforma SIG acompañada de un software para el análisis de redes de tuberías de agua influye en la administración de los datos de las redes existentes de agua en el distrito de Huaral?	Realizar una simulación mediante la interacción SIG con el software Watercad para analizar el comportamiento hidráulico en el distrito de Huaral	La simulación mediante la interacción SIG con el software Watercad permite analizar con mayor facilidad el comportamiento hidráulico en el distrito de Huaral	Interacción SIG con el software Watercad	Comportamiento hidráulico	-Observación directa del lugar de influencia del proyecto.
¿Cómo la elaboración de catastro de las redes existentes de agua, en el distrito de Huaral, a través de mapas temáticos influye en la toma de decisiones?	Elaborar mapas temáticos para mejorar en la toma de decisiones en el catastro de redes en el distrito de Huaral	Los mapas temáticos permite la mejora en la toma de decisiones en el catastro de redes en el distrito de Huaral	Mapas Temáticos	Toma de decisiones en el catastro de redes	-Verificación y análisis de los planos de distribución de agua existentes. -Análisis de documentos.

Fuente: Elaboración propia

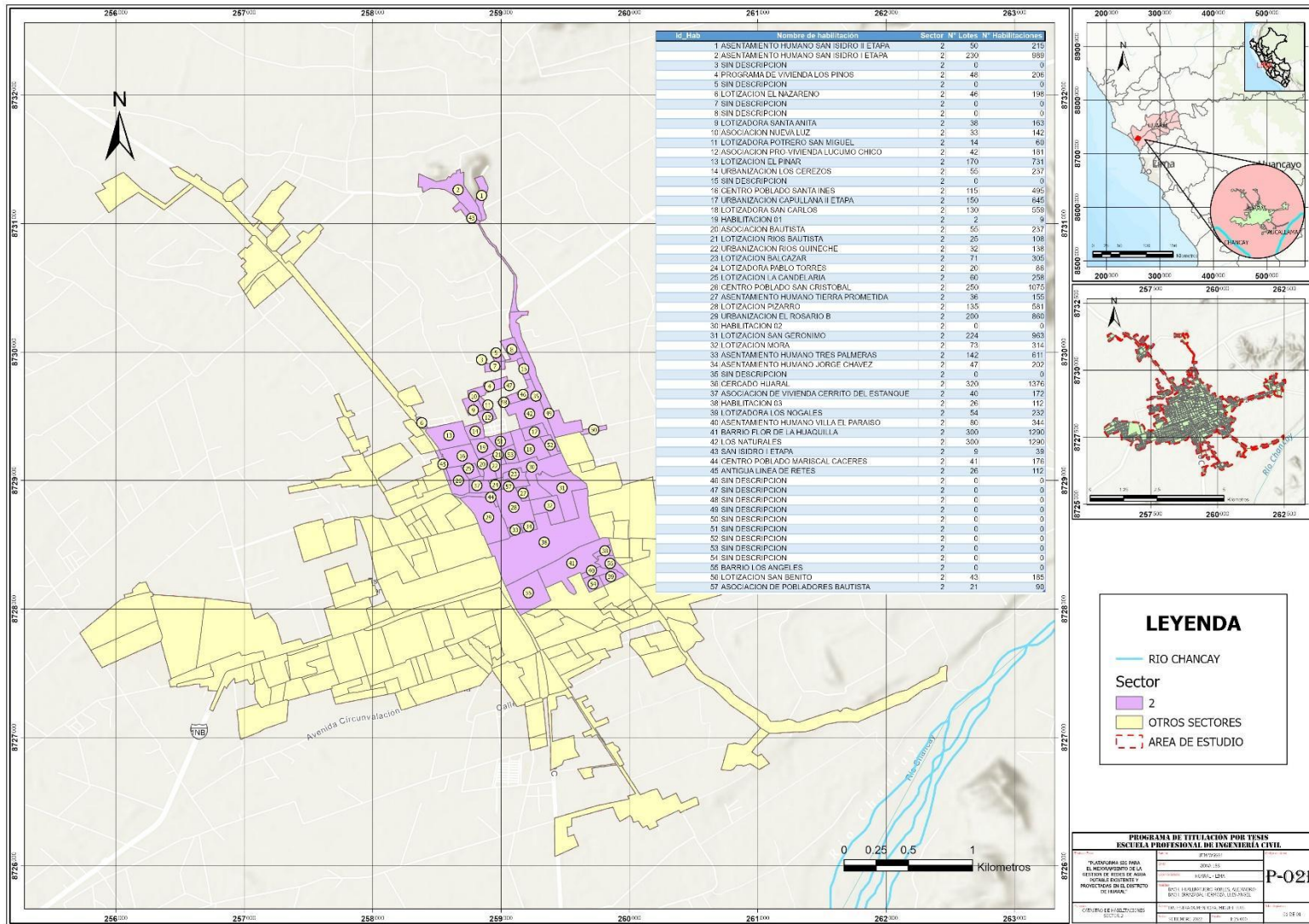
Anexo N°2 Mapa de ubicación del proyecto (P-01)



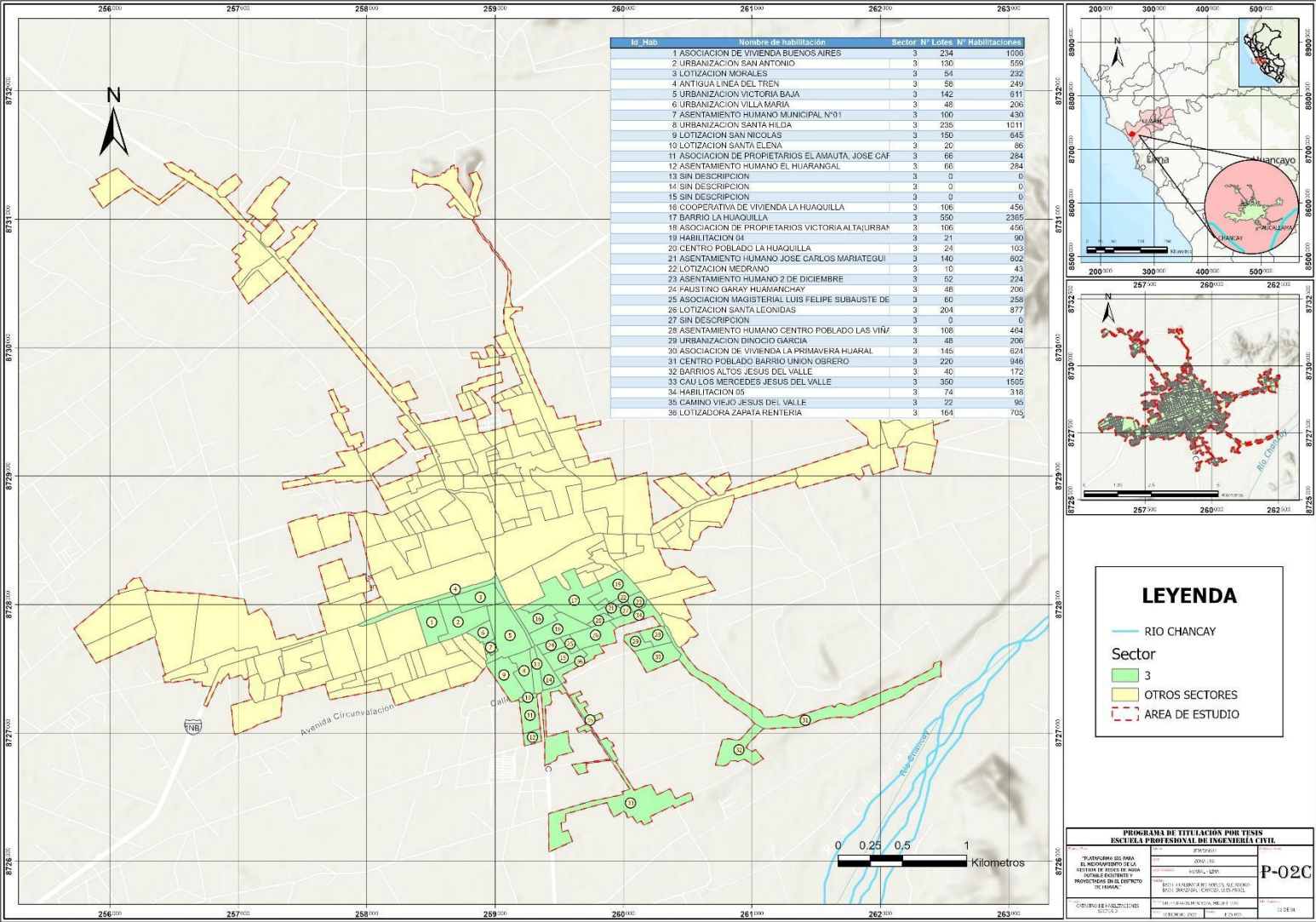
Anexo N°3 Mapa de catastro de habitaciones (P-02A)



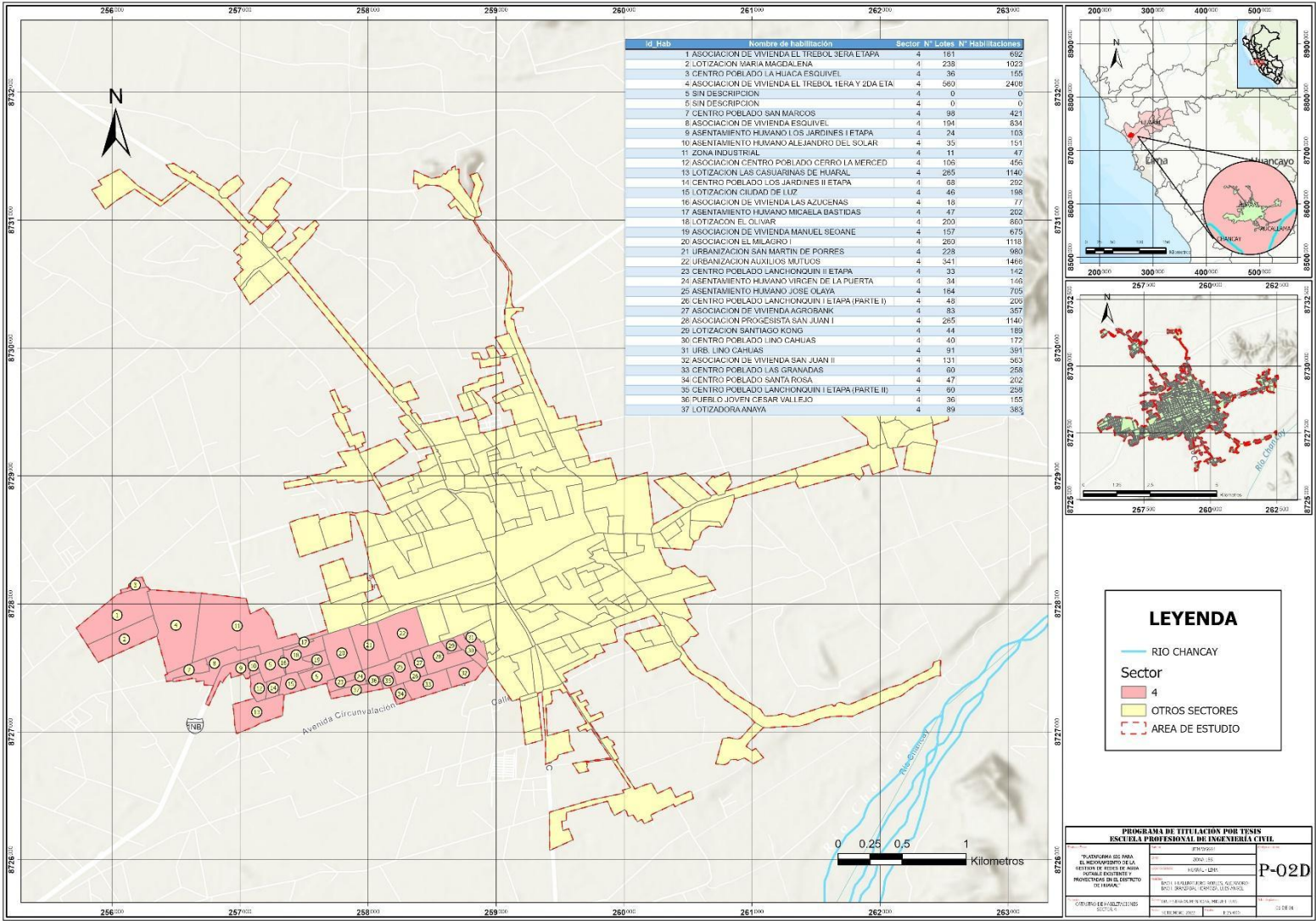
Anexo N°4 Mapa de catastro de habilitaciones (P-02B)



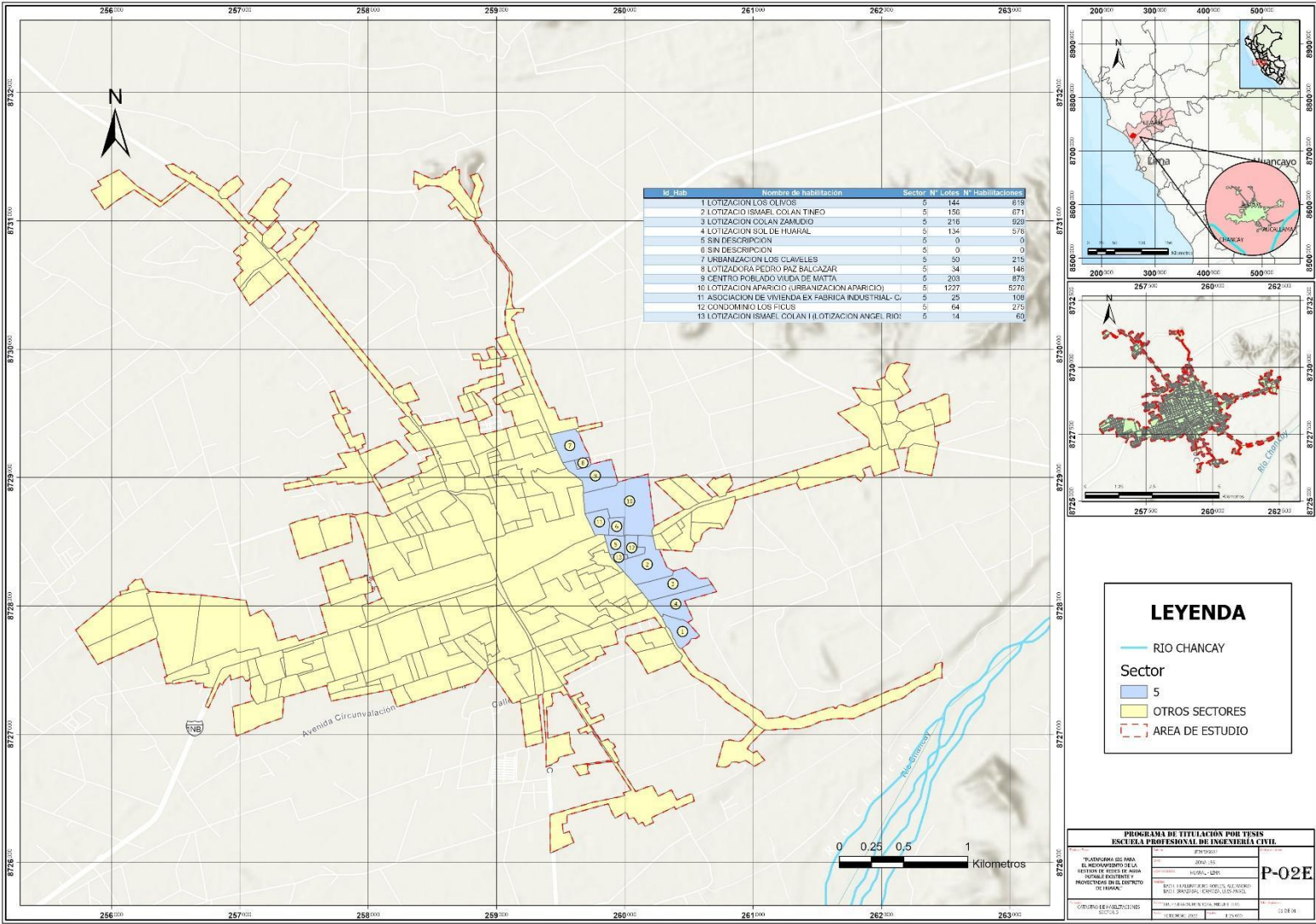
AnexoN°5 Mapa de catastro de habitaciones (P-02C)



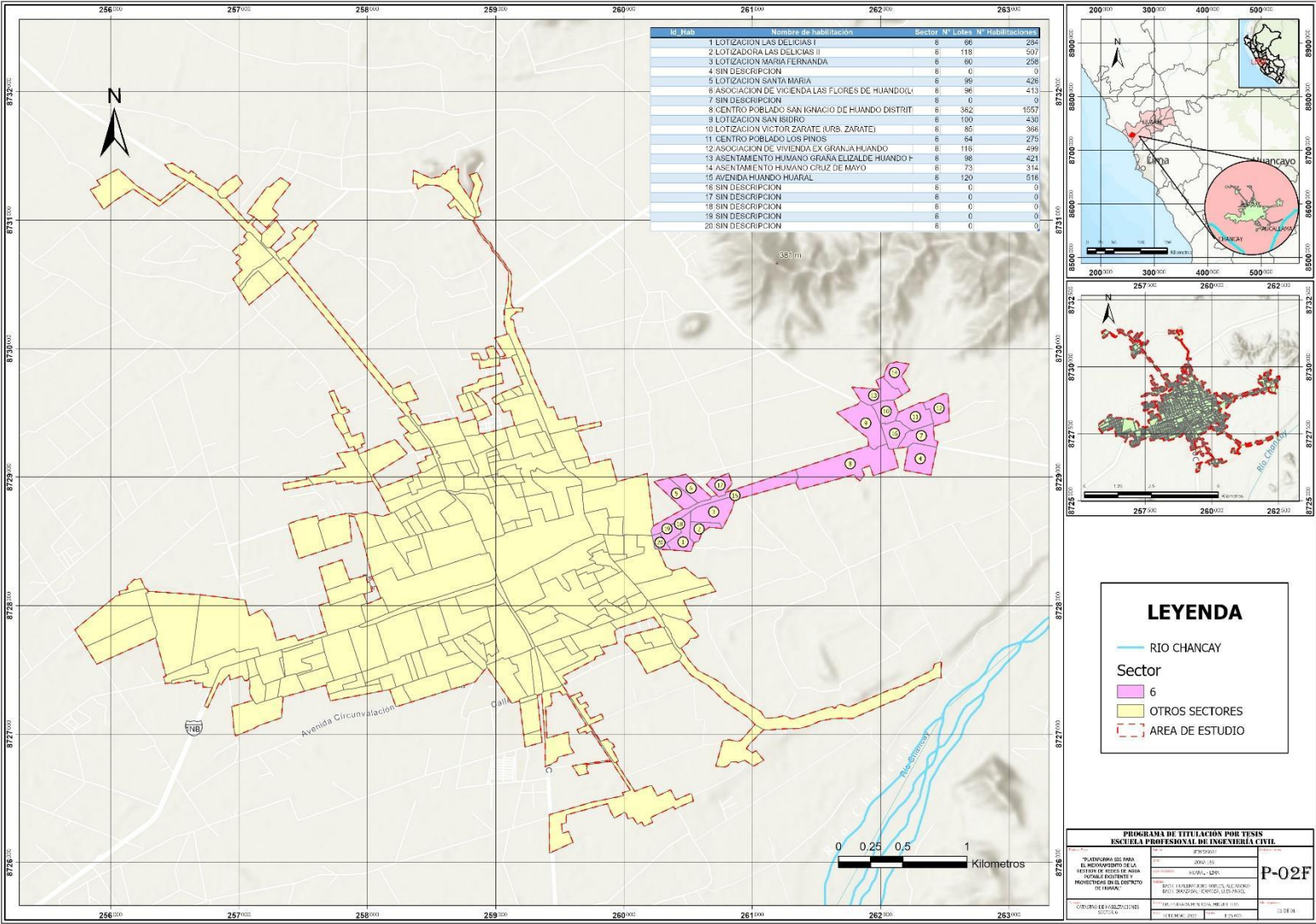
Anexo N°6 Mapa de catastro de habitaciones (P-02D)



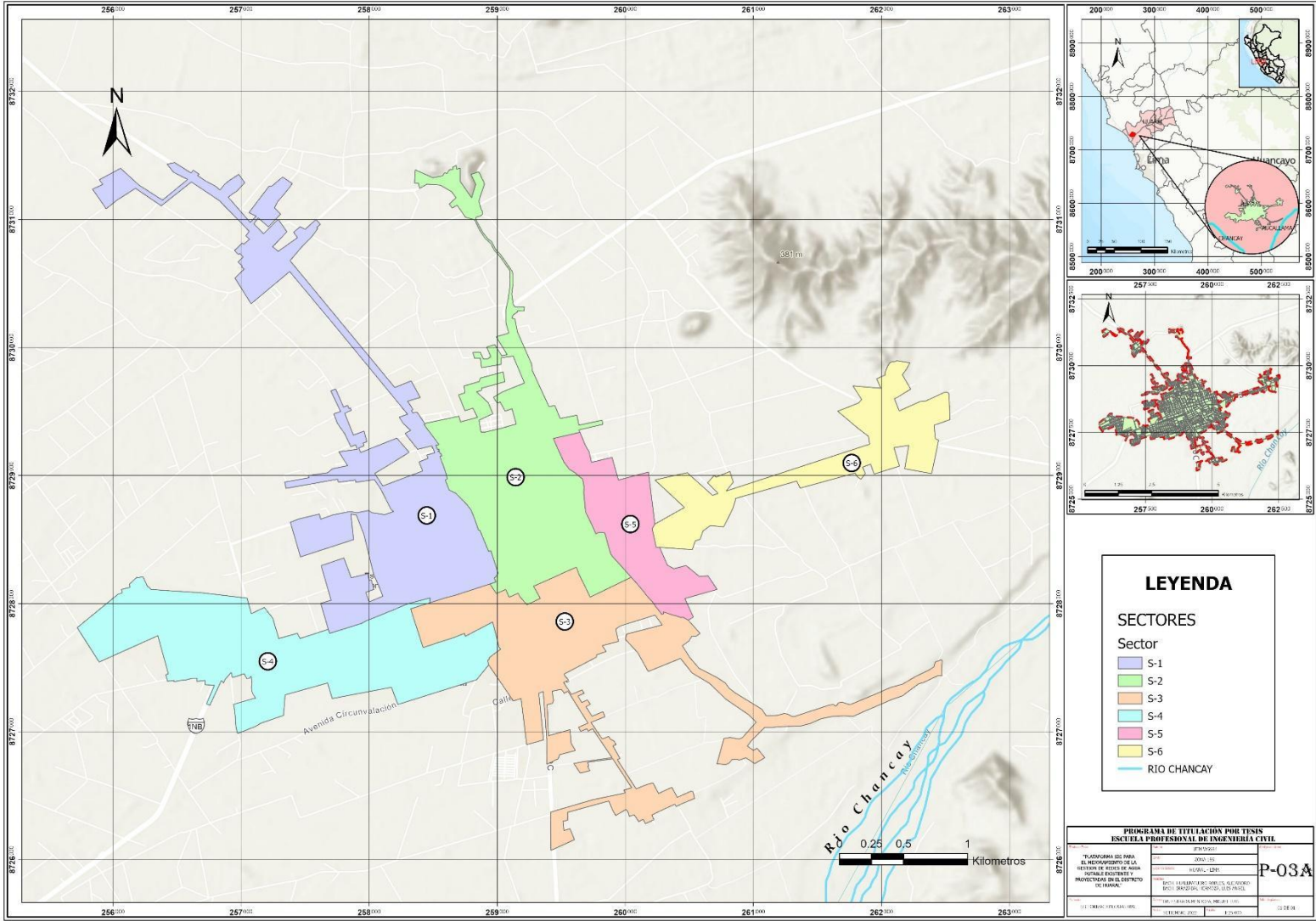
Anexo N°7 Mapa de catastro de habitaciones (P-02E)



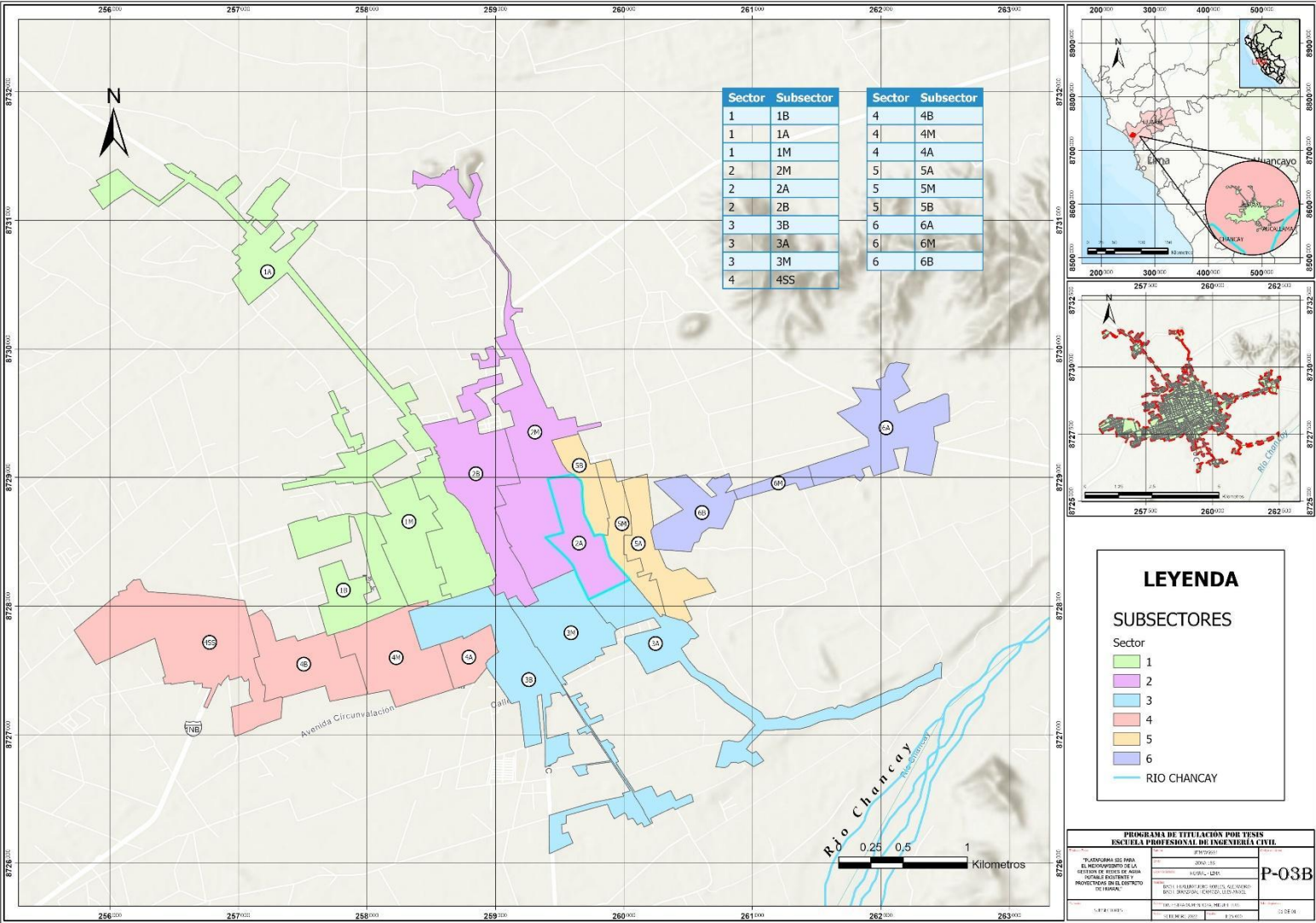
Anexo N°8 Mapa de catastro de habitaciones (P-02F)



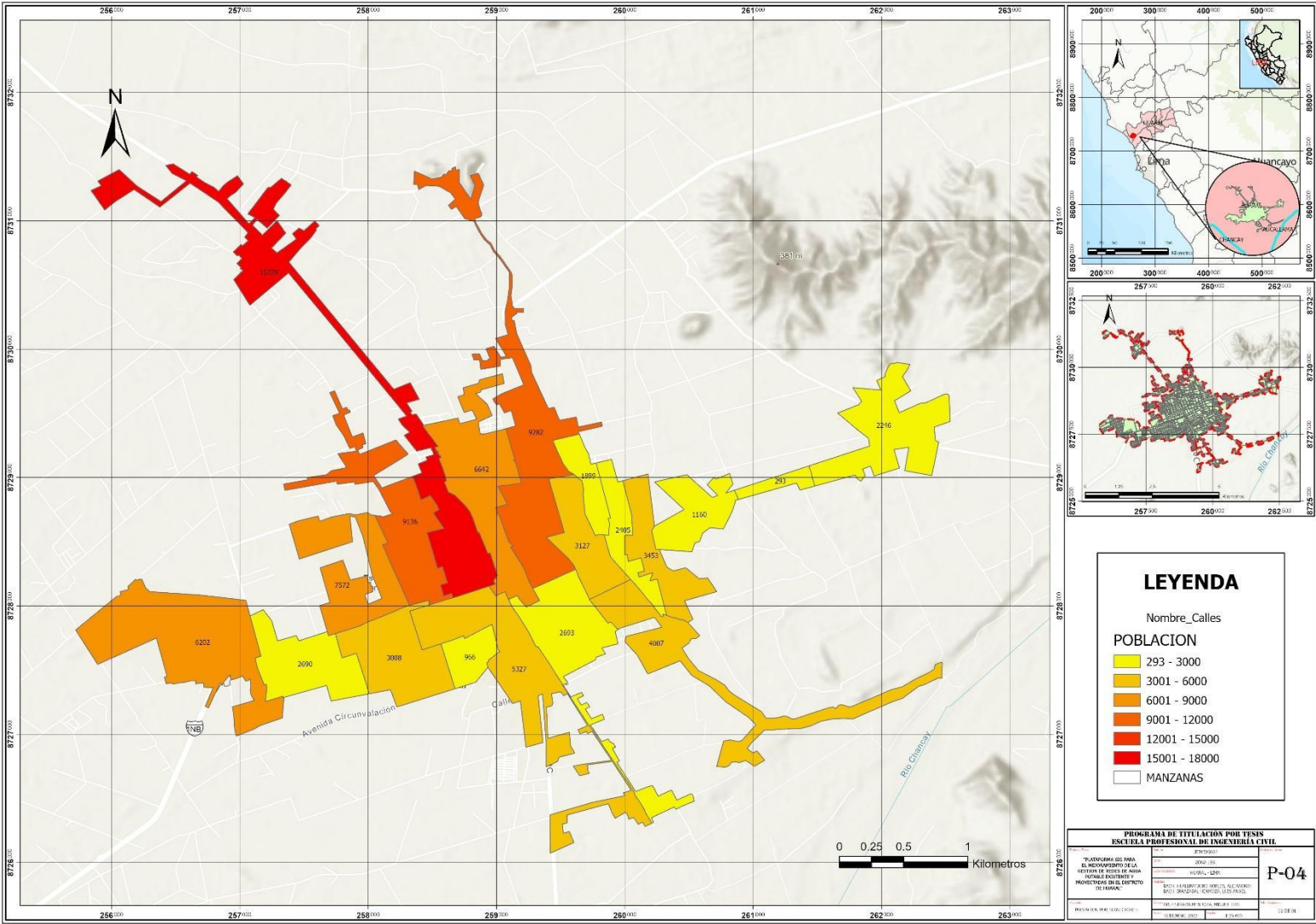
Anexo N°9 Mapa de sectorizaciones (P-03A)



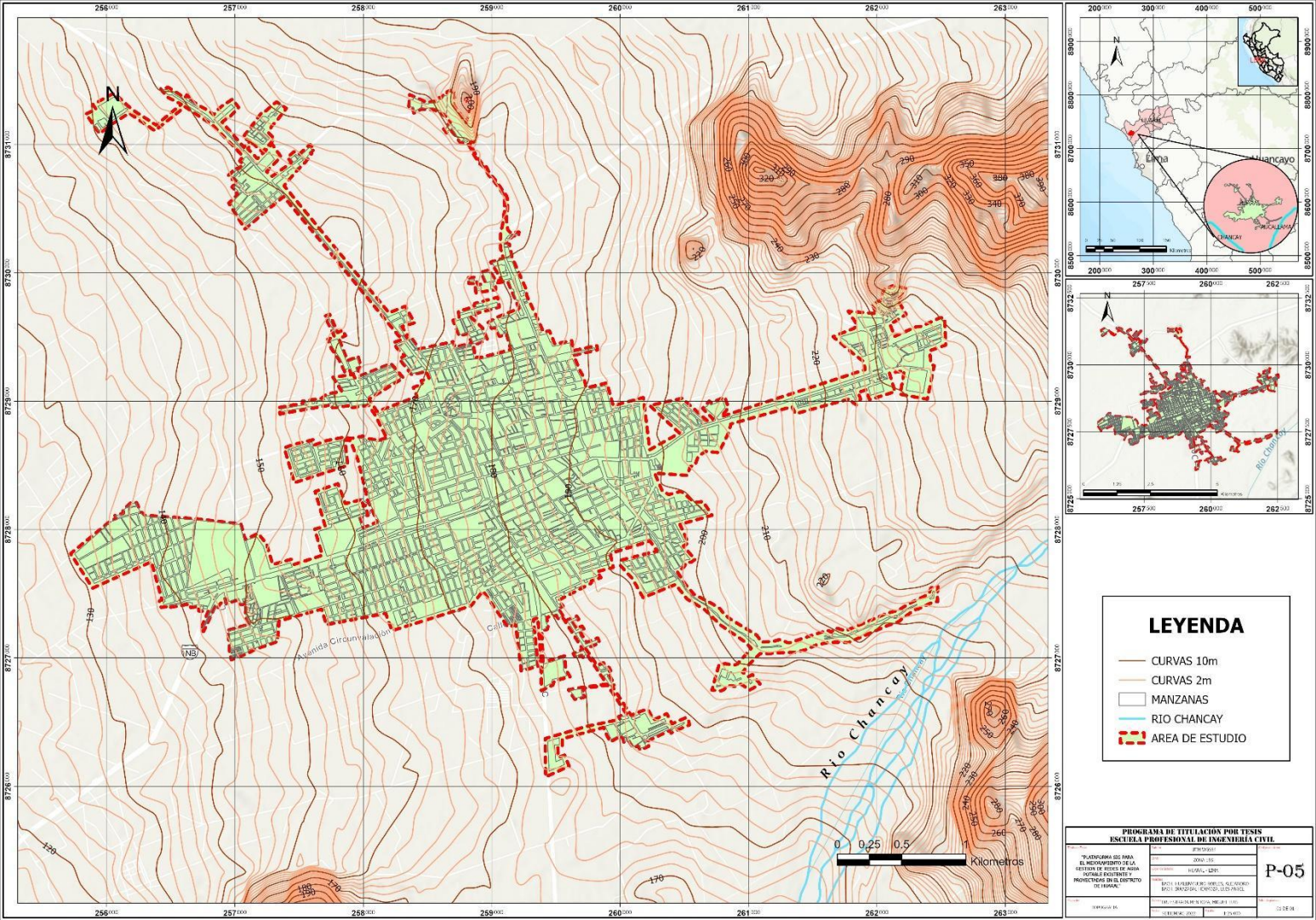
Anexo N°10 Mapa de sub sectorización (P-03b)



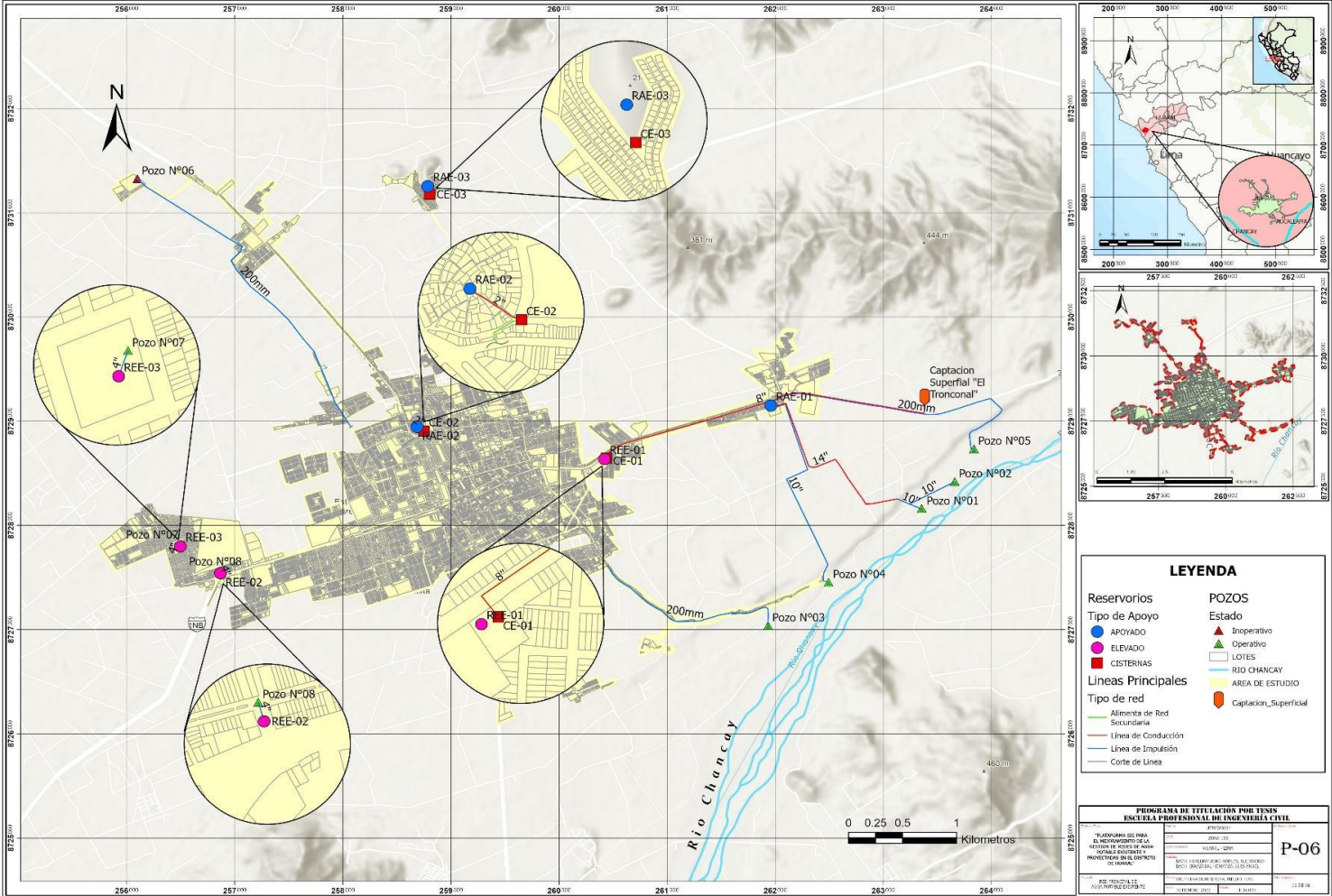
Anexo N°11 Mapa de población por subsector (P-04)



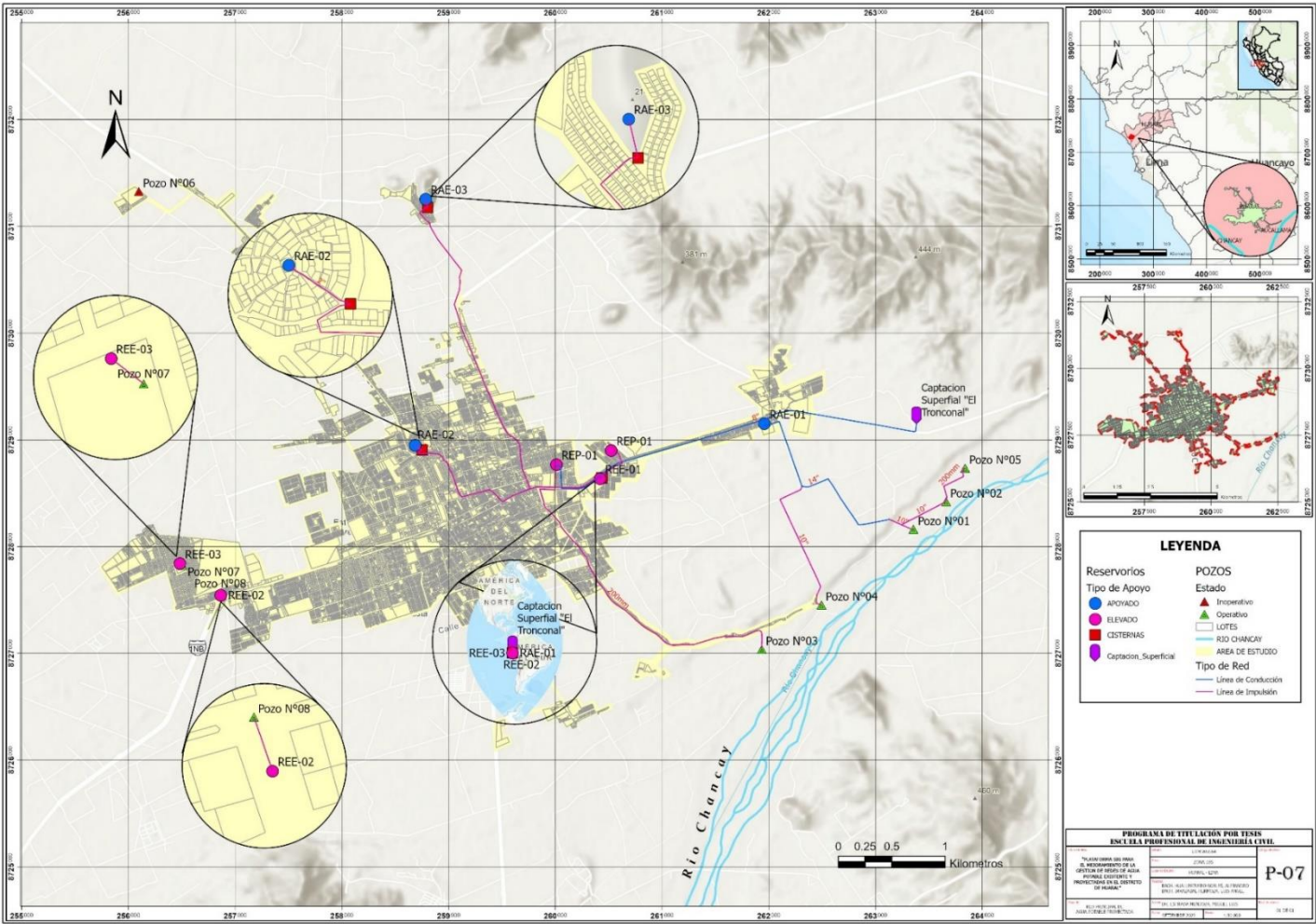
Anexo N°12 Mapa Topográfico (P-05)



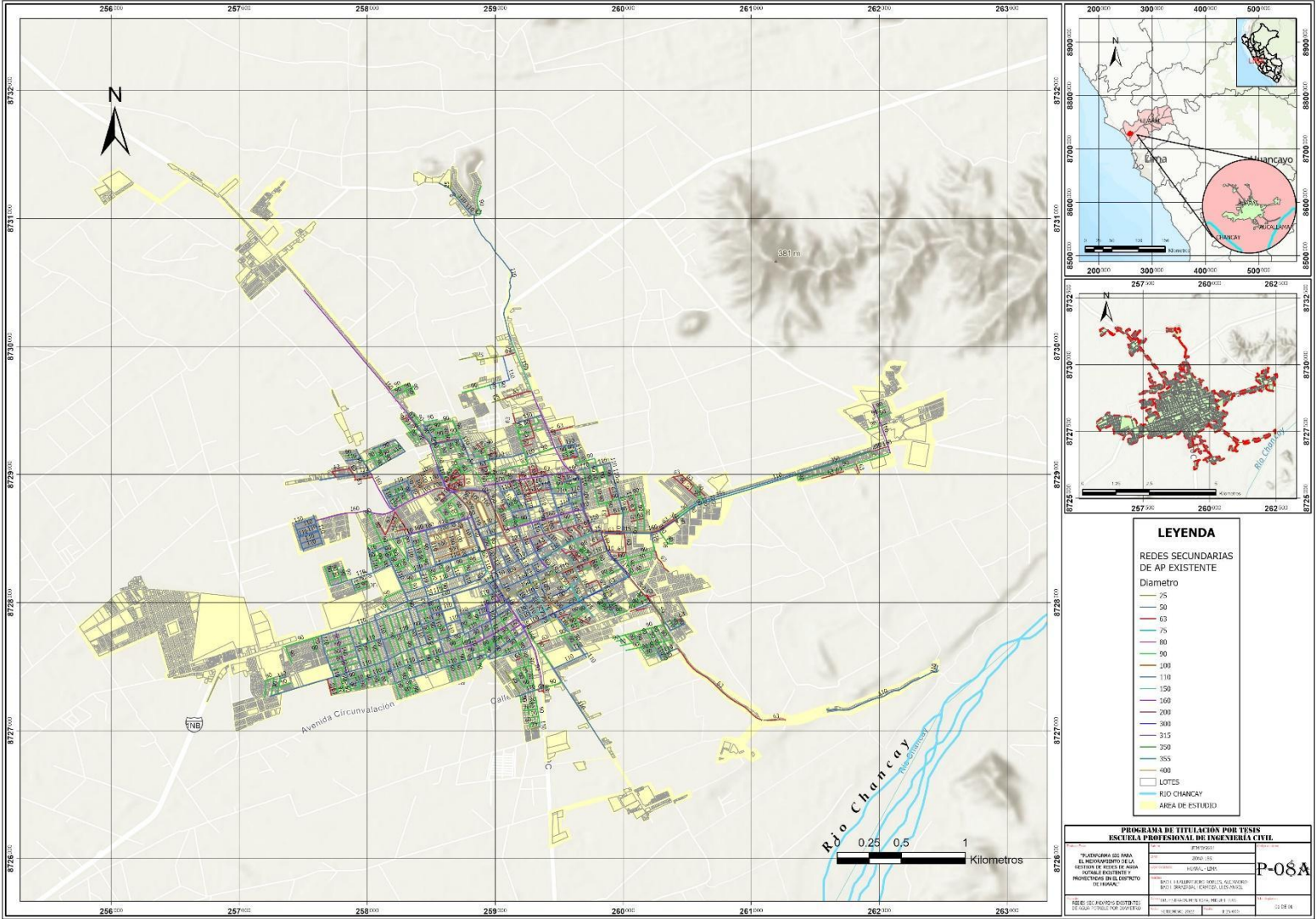
Anexo N°13 Mapa de redes principales de agua potable Existente (P-06)



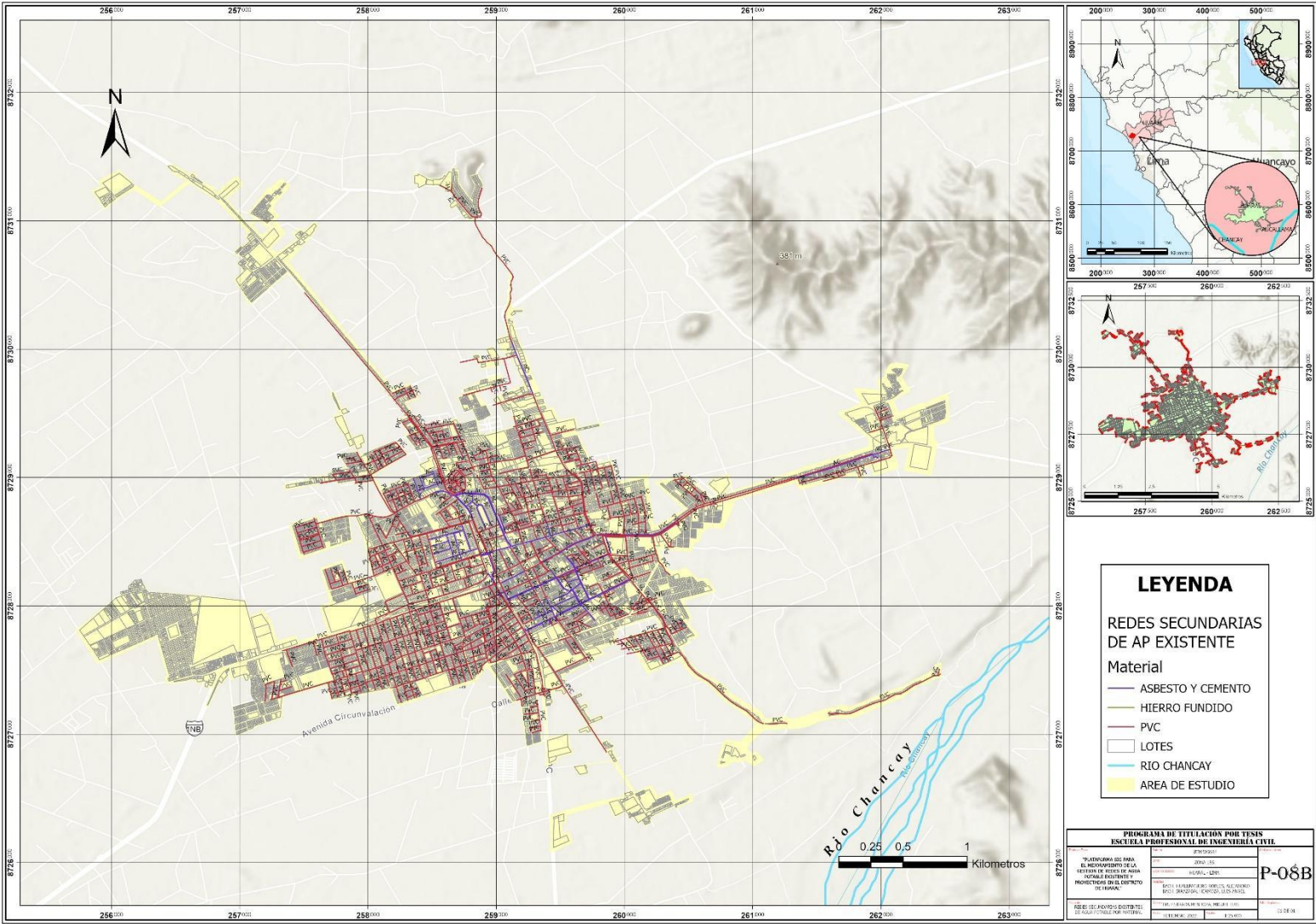
Anexo N°14 Mapa de redes principales de agua potable proyectada (P-07)



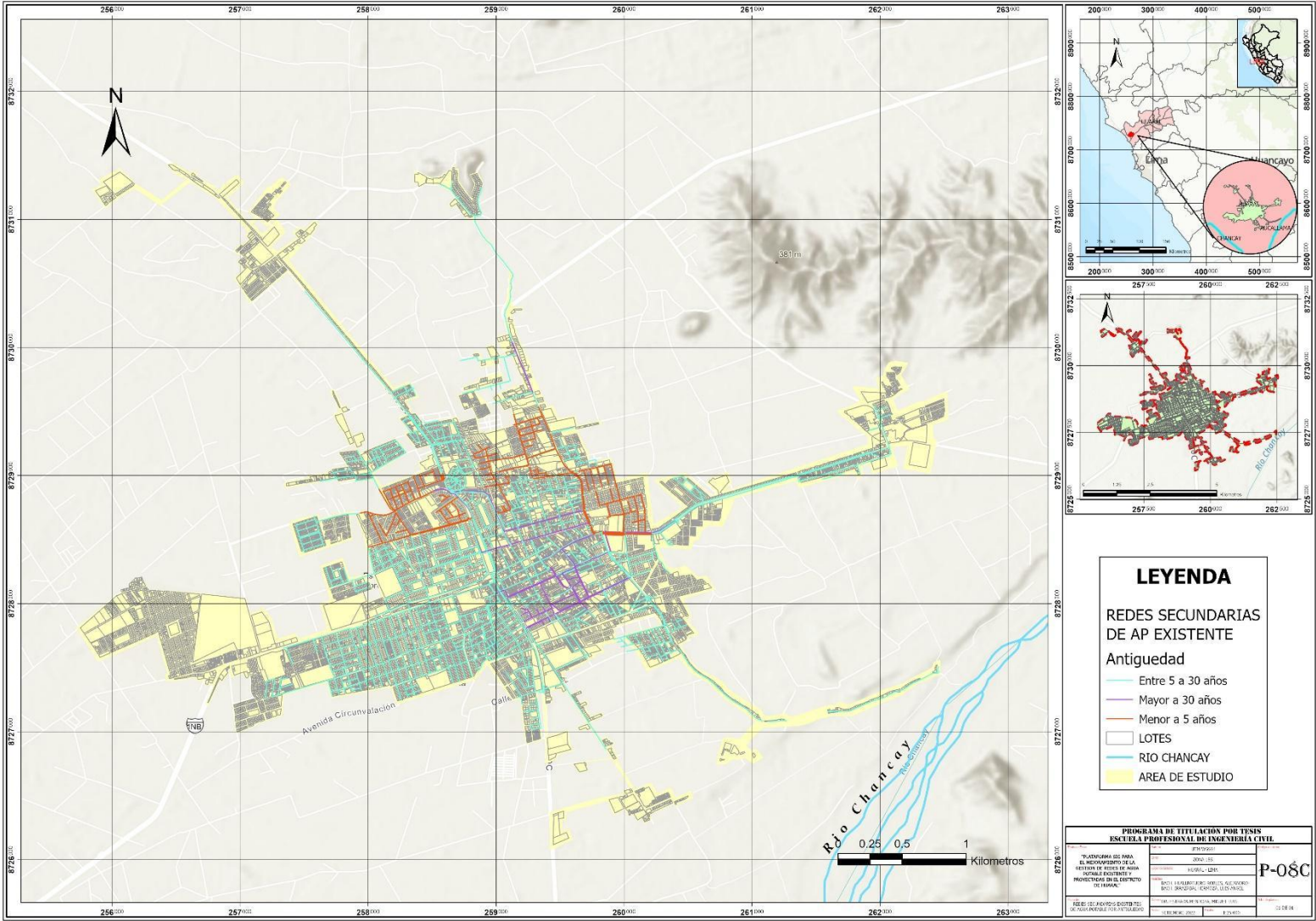
Anexo N°15 Mapa de redes secundarias de agua potable existente por diámetro (P-08A)



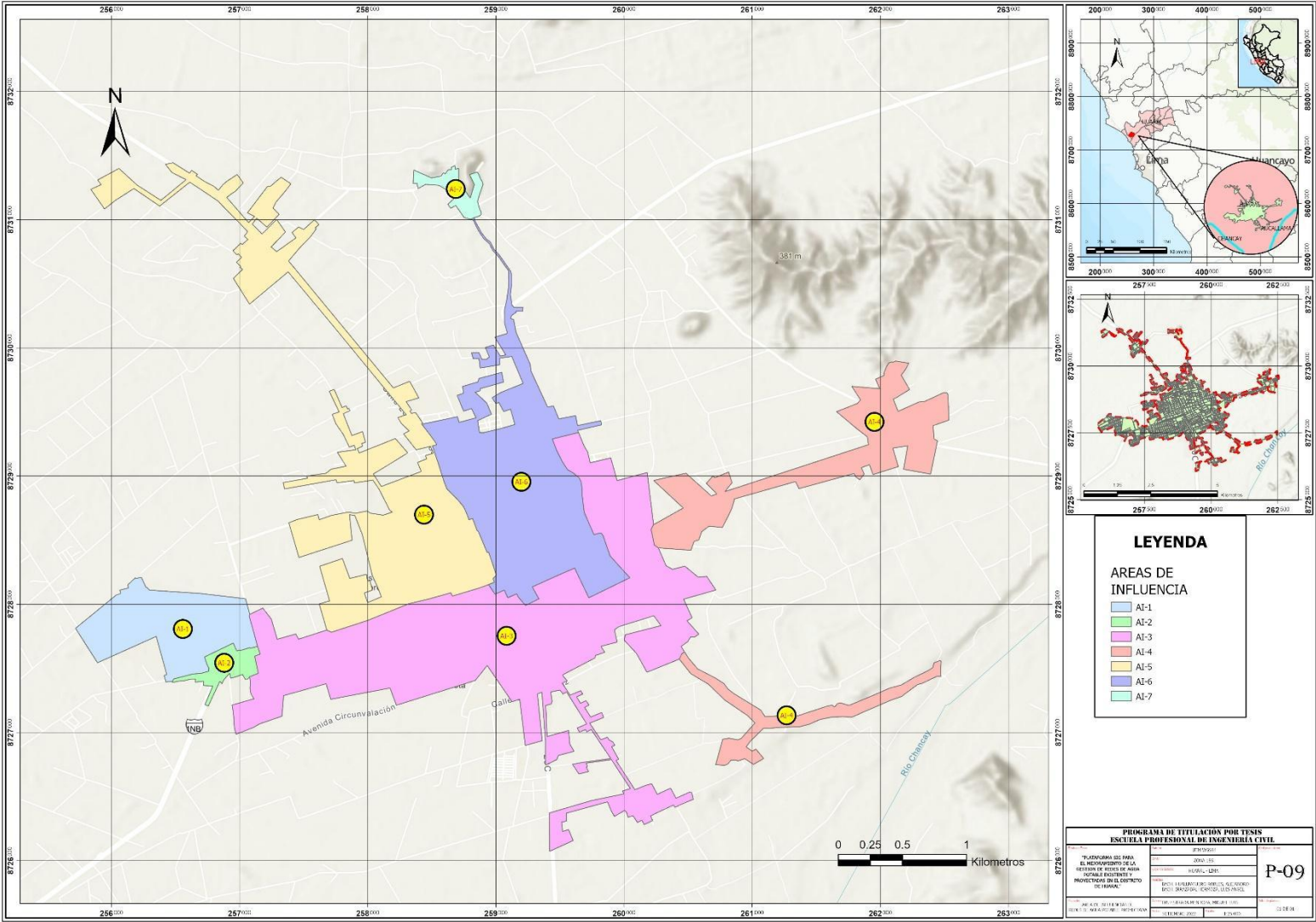
Anexo N°16 Mapa de redes secundarias de agua potable existente por material (P-08b)



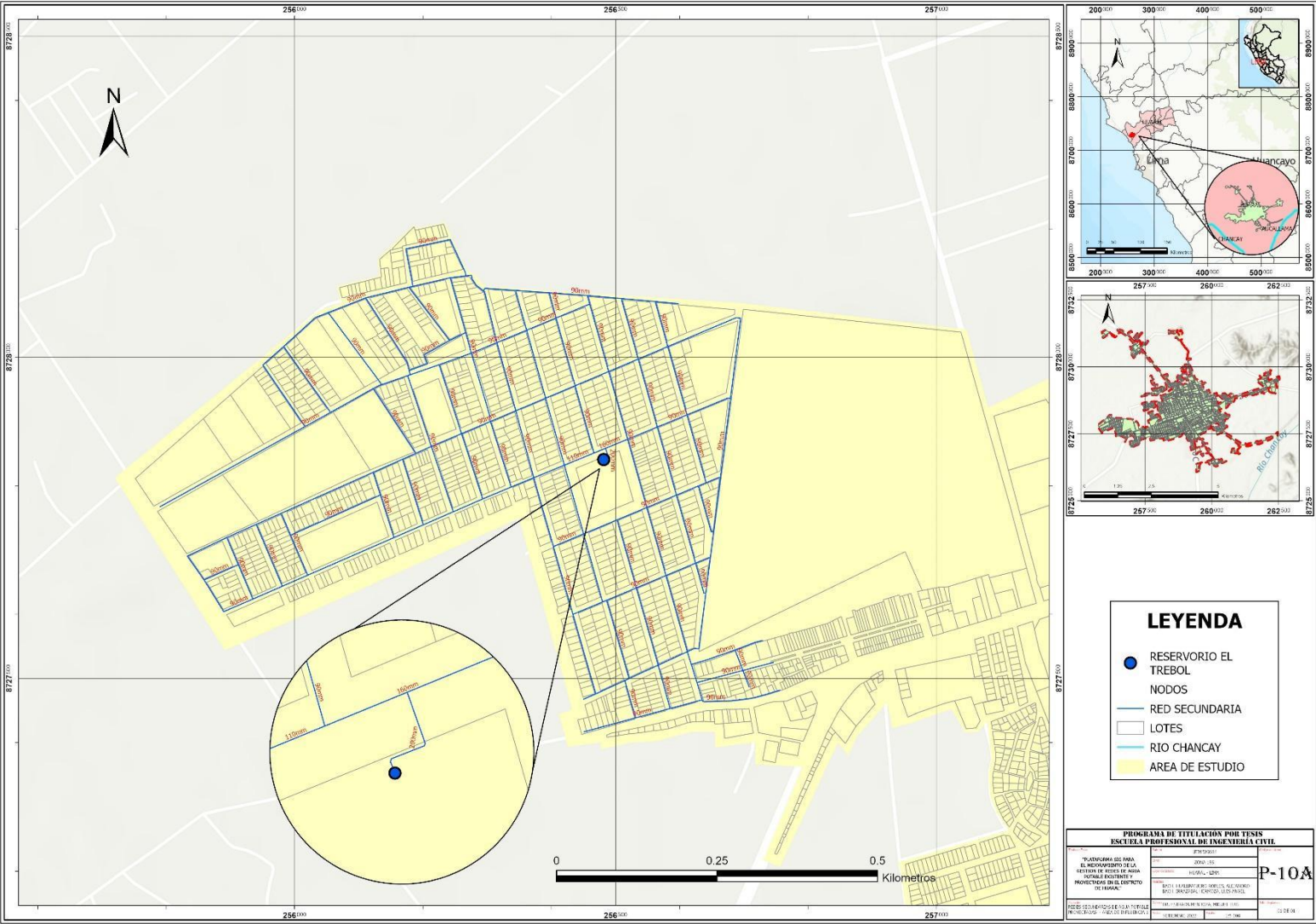
Anexo N°17 Mapa de redes secundarias de agua potable existente por antigüedad (P-08c)



Anexo N°18 Mapa de áreas de influencia de redes de agua potable proyectadas (P-09)



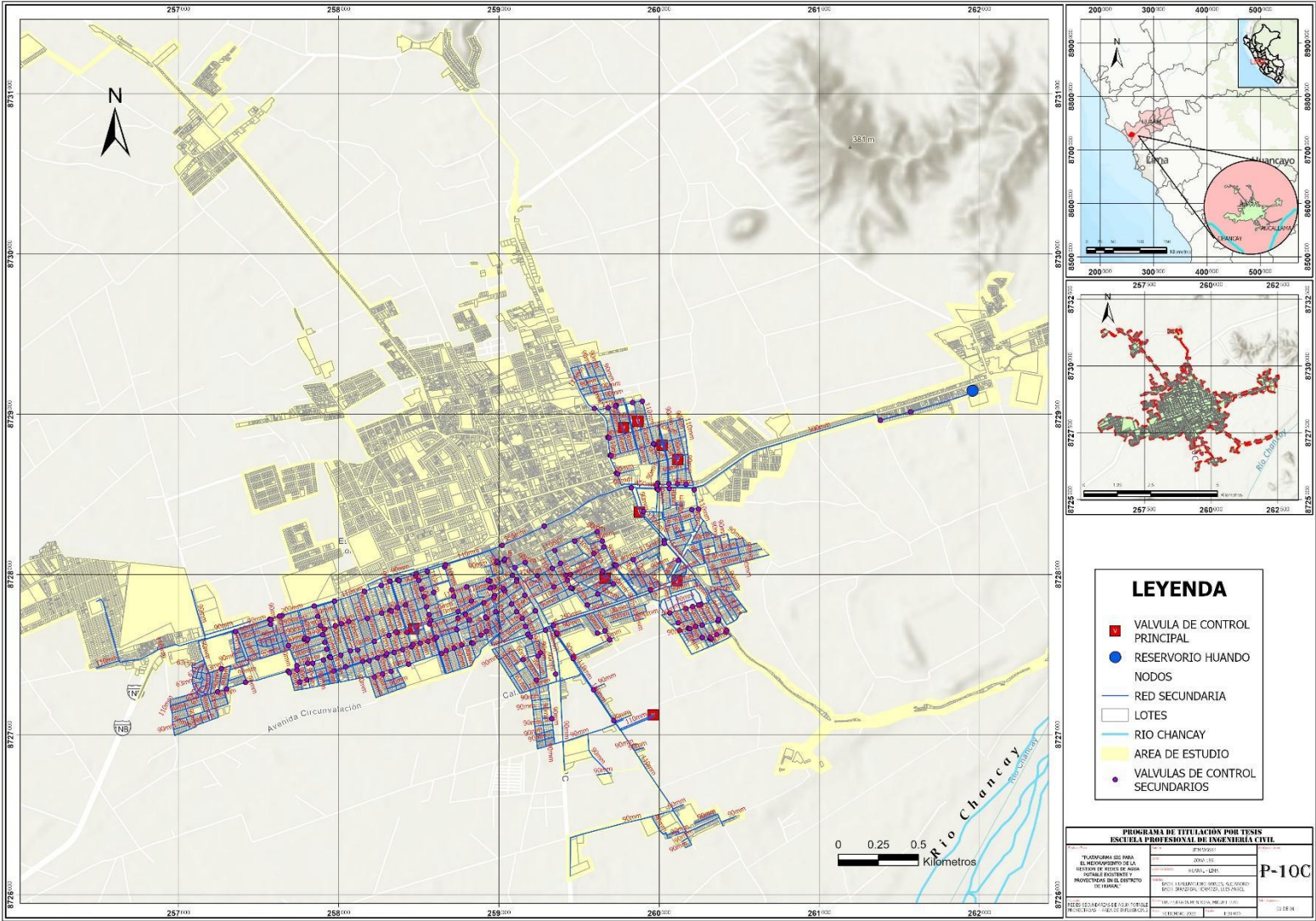
Anexo N° 19 Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 1(P-10A).



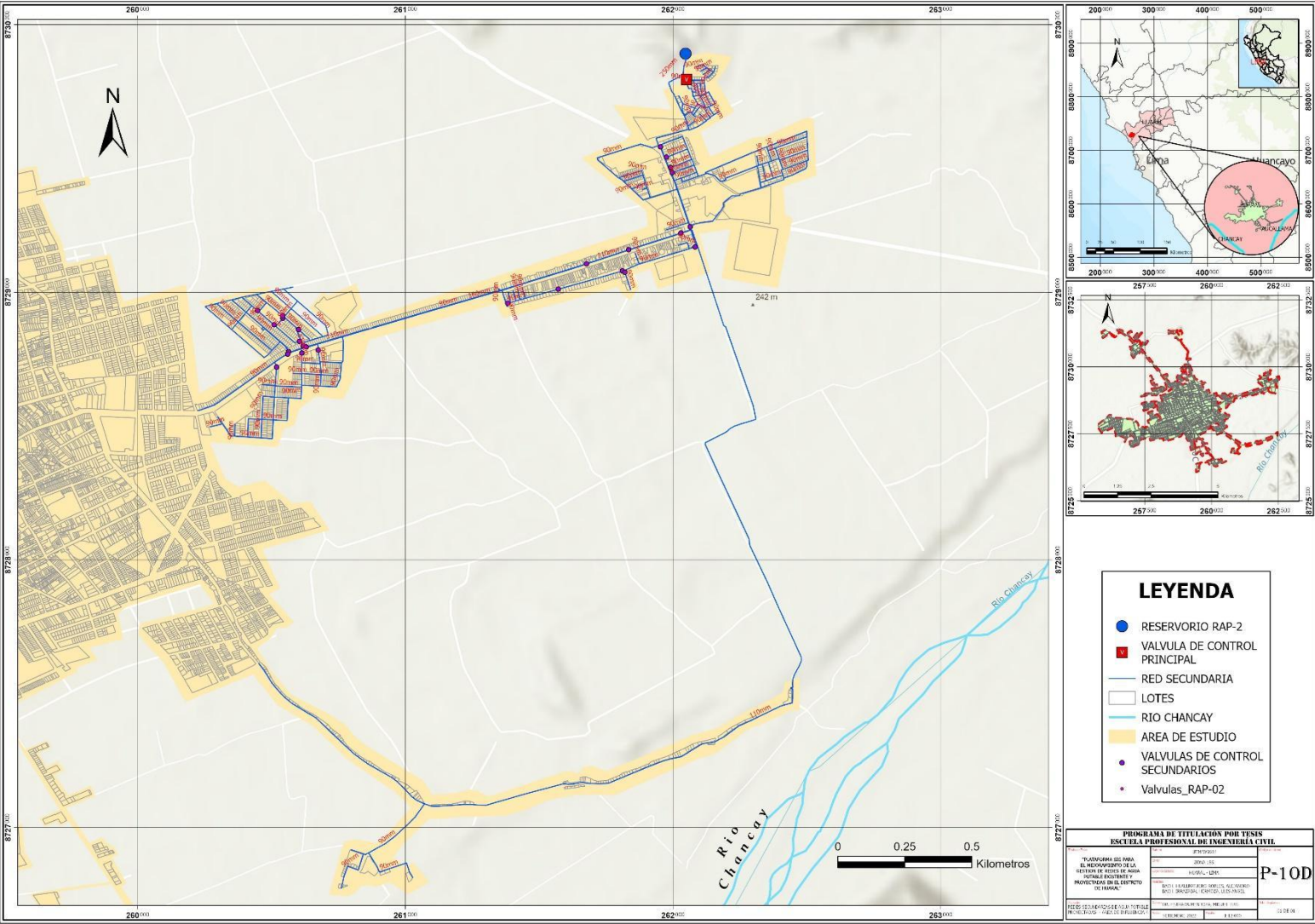
Anexo N° 20 Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 2 (P-10b)



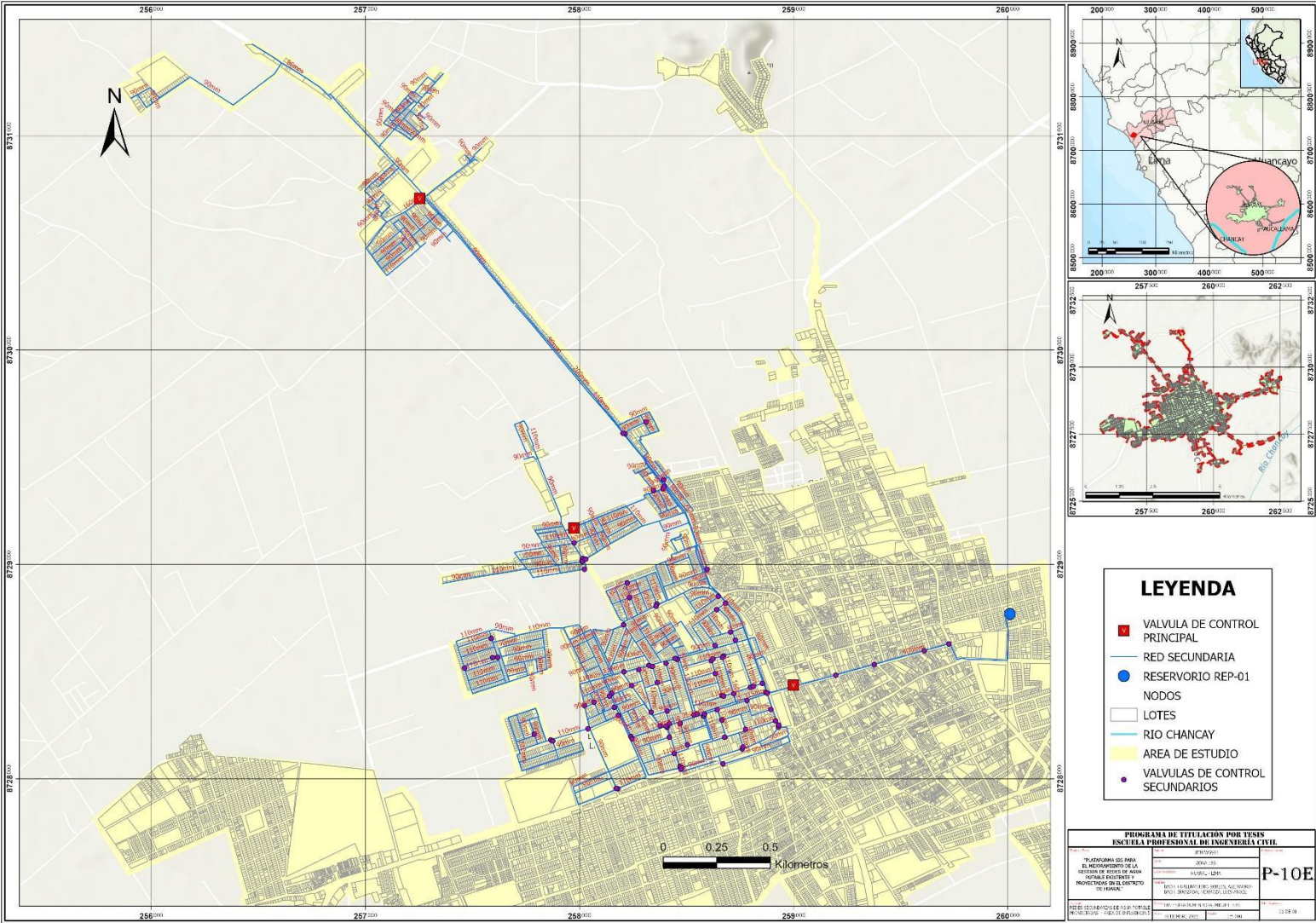
Anexo N° 21 Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 3 (P-10c)



Anexo N°22 Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 4 (P-10d)



Anexo N° 23 Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 5 (P-10e)



Anexo N° 24 Mapa de redes secundarias de agua potable proyectadas-Area de influencia 6 (P-10f)

