



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Diseño del sistema de agua potable de la urbanización
Loma Alta Condominio Club -Piura**

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Civil

Christian Anderson Silva García

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

Piura, enero de 2026

Declaración Jurada de Originalidad del Trabajo Final

Yo, Christian Anderson Silva García, egresado del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura, identificado(a) con DNI: 74158182, declaro que:

Soy autor del trabajo final titulado:

"Diseño del sistema de agua potable de la urbanización Loma Alta Condominio Club -Piura"

El mismo que presento bajo la modalidad de Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil.

Que el trabajo se realizó en coautoría con los siguientes alumnos de la Universidad de Piura.

- Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con Elija un elemento: Escribir número
- Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con Elija un elemento: Escribir número
- Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con Elija un elemento: Escribir número

El texto de mi trabajo final es original y no vulnera los derechos de terceros o, de ser el caso, derechos de los coautores, incluidos los derechos de propiedad intelectual, datos personales, entre otros. En tal sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para lo cual, he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas. Asimismo, el texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico; y que la investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.

En caso de detectarse el incumplimiento de lo declarado asumo frente a terceros, la Universidad de Piura y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

La asesoría del trabajo estuvo a cargo de los siguientes docentes de la Universidad de Piura:

- Dr. Ing. Francisco Arteaga Núñez, identificado con DNI: 02625709

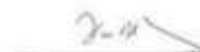
Declaro (declaramos) que:

Luego de haber empleado el software de coincidencia Turnitin, revisado las fuentes de información señaladas por el autor, y en razón de mi (nuestra) experiencia como investigador(es), declaro (declaramos) que las ideas expuestas en el trabajo final alcanzan las condiciones de calidad, integridad y originalidad acorde a los objetivos institucionales y estándares en materia de investigación. Finalmente, no asumo (asumimos) responsabilidad por la posible vulneración de derechos de autor en el trabajo final referido, pues tal responsabilidad es exclusiva del autor.

Fecha: 01/01/2026.



Firma del autor¹



Firma del asesor¹

Firma del co-asesor¹

Firma del co-asesor¹

¹ Firma idéntica al DNI. No se admite digital, salvo certificado.



Dedicatoria

A Dios, por ser mi guía constante, por darme fortaleza en los momentos de dificultad y por iluminar cada paso de este camino académico y personal.

A mi familia, quienes, con su amor incondicional, paciencia y confianza me motivaron a seguir adelante en todo momento.

A todas las personas que creyeron en mí, y que con su presencia, consejos y ánimo me recordaron que los sueños se alcanzan con dedicación y fe.

Agradecimientos

Mi sincero agradecimiento a Dios, por brindarme salud, sabiduría y la oportunidad de culminar esta etapa tan importante en mi vida profesional. A mi familia, por su apoyo y por ser la motivación que me impulsó a avanzar con este proyecto.

A mis docentes y asesores, quienes, con su guía académica, sus observaciones y su exigencia contribuyeron de manera invaluable al desarrollo de esta tesis. Su compromiso con la enseñanza ha dejado una huella fundamental en mi formación.

Resumen

El presente estudio desarrolla el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la Urbanización Loma Alta, ubicada en el distrito de Piura. El proyecto tiene como finalidad garantizar el suministro continuo, seguro y de calidad a todos los lotes habilitados, mediante una infraestructura hidráulica dimensionada conforme a la normativa vigente del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

Para el diseño se inició con la recolección y análisis de la información base, incluyendo planos de lotización, topografía del terreno y datos poblacionales proyectados. Asimismo, se realizó el estudio del punto de empalme, donde se verificó mediante un equipo técnico los datos de estudio correspondiente. Posteriormente, se calculó la demanda de agua potable considerando los datos de lotización, definiendo así los caudales de diseño, proyectando así la línea de conducción. Se analizaron las pérdidas de carga, accesorios según la topografía del terreno y se evaluó si la presión disponible permitía el llenado por gravedad.

El sistema de almacenamiento se resolvió mediante un tanque elevado, y una cisterna con sistema de bombeo, dimensionado según los criterios normativos. Desde este punto se diseñó la red de distribución, asegurando presiones adecuadas en toda la urbanización, continuidad del servicio y capacidad para abastecer la demanda futura. Se adoptaron materiales, diámetros y accesorios que garantizan confiabilidad, eficiencia y facilidad de operación y mantenimiento.

Finalmente, se efectuó la modelación hidráulica en software especializado (EPANET), verificando el comportamiento de caudales y presiones en escenarios de demanda máxima y mínima. Los resultados confirmaron que la red cumple con los parámetros exigidos, manteniendo presiones normativas en cada punto de la red; concluyendo de esta manera la proyección de un sistema técnicamente eficiente, seguro y sostenible, que satisface las necesidades actuales y futuras de los habitantes de Loma Alta.

Tabla de contenido

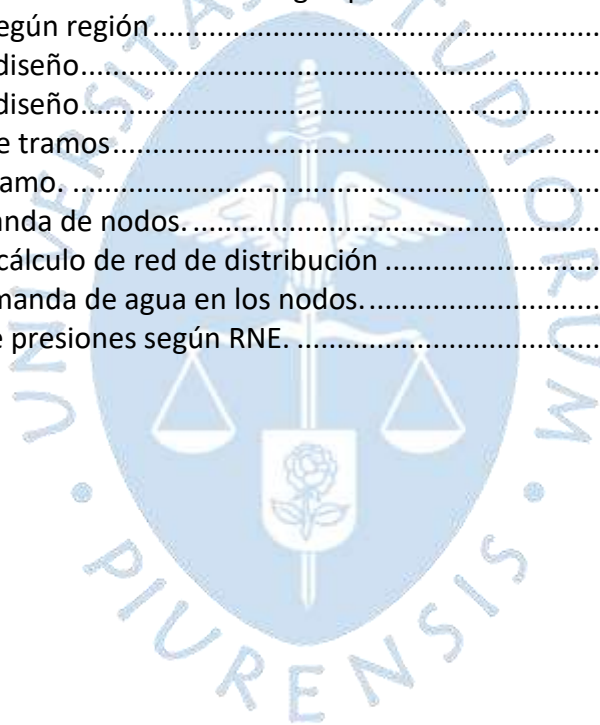
Introducción	10
Capítulo 1 Descripción de la zona del proyecto	11
1.1 Ubicación geográfica	11
1.2 Vías de acceso.....	13
1.3 Topografía.....	14
1.4 Población y vivienda	14
1.5 Características del terreno	16
1.6 Clima	17
1.7 Precipitaciones	17
Capítulo 2 Marco teórico.....	19
2.1 Agua potable.....	19
2.1.1 <i>Características del agua potable</i>	19
2.2 Sistema de agua potable	20
2.2.1 <i>Captación o puntos de conexión</i>	20
2.2.2 <i>Línea de conducción</i>	21
2.2.3 <i>Almacenamiento y regulación</i>	28
2.2.4 <i>Redes de distribución</i>	33
2.3 Dotación y consumo	38
2.3.1 <i>Población y periodo de diseño</i>	39
2.3.2 <i>Dotación de agua potable</i>	39
2.3.3 <i>Caudales de diseño</i>	40
2.3.4 <i>Proyección de la demanda futura</i>	42
2.4 Software de diseño y/o simulación	42
2.5 Impacto ambiental.....	43
2.5.1 <i>Impactos potenciales</i>	43
2.5.2 <i>Principios de sostenibilidad</i>	44
Capítulo 3 Diseño del sistema de agua potable.....	45
3.1 Información básica	45
3.1.1 <i>Estudio de topografía</i>	46
3.1.2 <i>Estudio de la fuente</i>	47
3.2 Parámetros de diseño.....	49
3.2.1 <i>Población de diseño</i>	49
3.2.2 <i>Periodo de diseño</i>	50
3.2.3 <i>Dotaciones</i>	50
3.2.4 <i>Demanda de consumo</i>	51
3.3 Diseño de línea de conducción.....	52
3.3.1 <i>Análisis de reservorio elevado</i>	52
3.3.2 <i>Diseño de la tubería de conducción</i>	53
3.4 Diseño del reservorio elevado	57
3.4.1 <i>Dimensionamiento</i>	57
3.4.2 <i>Nivel mínimo de operación</i>	58
3.4.3 <i>Datos básicos de diseño</i>	58
3.5 Diseño de cisterna y sistema de bombeo.....	59
3.5.1 <i>Sistema de bombeo</i>	60
3.6 Diseño de redes de distribución	61
Capítulo 4 Evaluación de resultados	70

4.1 Modelamiento de la red en EPANET	70
4.2 Análisis y validación de resultados.	73
4.2.1 Análisis de resultados globales de la red	73
4.2.2 Análisis de velocidades	74
4.2.3 Pérdidas de carga y comportamiento del flujo	74
4.2.4 Evaluación del reservorio.....	75
4.2.5 Validación de presiones	75
Conclusiones.....	77
Recomendaciones	78
Referencias.....	79
Apéndices	81
Apéndice A. Planos del sistema de agua potable	82
Anexos	89
Anexo A. Estudio topográfico.....	89



Lista de tablas

Tabla 1 Coordenadas de ámbito del Proyecto.....	11
Tabla 2 Cantidad de lotes.....	15
Tabla 3 Cuadro general de lotes por manzanas.....	15
Tabla 4 Cuadro general de lotes por manzanas.....	16
Tabla 5 Clase de tuberías PVC.....	25
Tabla 6 Coeficientes para tipos de tubería	28
Tabla 7 Tipos de reservorio.....	30
Tabla 8 Volúmenes de regulación.....	32
Tabla 9 Periodos de diseño	39
Tabla 10 Consumo de edificaciones.....	40
Tabla 11 Coeficientes de variación	41
Tabla 12 Cuadro de elevaciones por manzanas.....	46
Tabla 13 Población actual del área de estudio	50
Tabla 14 Periodos de diseño del sistema de agua potable.....	50
Tabla 15 Dotaciones según región.....	50
Tabla 16 Caudales de diseño.....	52
Tabla 17 Caudales de diseño.....	59
Tabla 18 Longitudes de tramos.....	62
Tabla 19 Caudal por tramo.	64
Tabla 20 Cotas y demanda de nodos.	66
Tabla 21 Memoria de cálculo de red de distribución	67
Tabla 22 Presión y demanda de agua en los nodos.....	68
Tabla 23 Validación de presiones según RNE.....	75



Lista de figuras

Figura 1	Ubicación del departamento de Piura	12
Figura 2	Ubicación de la provincia de Piura	12
Figura 3	Imagen satelital de la zona del proyecto	13
Figura 4	Mapa acceso al área del proyecto	14
Figura 5	Lluvias anuales en la ciudad de Piura.....	18
Figura 6	Tipos de conducción de agua potable.....	23
Figura 7	Carga disponible en la línea de conducción	24
Figura 8	Línea de conducción hacia reservorio.....	29
Figura 10	Reservorio superficial.....	30
Figura 11	Reservorio elevado.....	31
Figura 12	Componentes de reservorio	33
Figura 13	Tipos de red de distribución.....	34
Figura 14	Esquema de agua en sistema condominal.....	35
Figura 15	Distribución de caudales en un circuito de malla	38
Figura 16	Procedimiento de medición in situ de presión	48
Figura 17	Procedimiento de medición in situ de presión	49
Figura 18	Ventosa 1 en vista de planta de perfil longitudinal	55
Figura 19	Ventosa 2 en vista de planta de perfil longitudinal	56
Figura 20	Válvula de purga en vista de planta de perfil longitudinal	56
Figura 21	Distribución de caudales en un circuito de malla	62
Figura 22	Sentido del flujo establecido en la red.....	64



Introducción

El crecimiento urbano acelerado que experimenta la ciudad de Piura ha generado una demanda creciente de servicios básicos que acompañen la expansión de nuevas urbanizaciones. En este contexto, la urbanización Loma Alta forma parte de este proceso de crecimiento, por lo que resulta necesario diseñar un sistema de abastecimiento de agua que responda a su proyección poblacional y a las exigencias técnicas establecidas por las normas nacionales.

Se parte de la recopilación de información preliminar, que incluye la caracterización del entorno, las condiciones generales del terreno y la distribución de los lotes. La estructura del documento se organiza en capítulos que abordan desde la fundamentación teórica y normativa hasta el cálculo, modelación y validación de los resultados. Cada sección aporta elementos esenciales para comprender el proceso de diseño y justificar las decisiones adoptadas.

En el capítulo 1, se define el alcance y la recopilación de datos que conforman el marco contextual del proyecto.

En el capítulo 2, se detalla el marco teórico para el diseño de los componentes del sistema de agua mediante la normativa vigente.

En el capítulo 3, se desarrolla el análisis, el dimensionamiento hidráulico de la red y la verificación de presiones mediante la simulación en EPANET, partiendo desde los datos topográficos e información preliminar al diseño.

En el capítulo 4, para validar el comportamiento del sistema, se verifican los resultados obtenidos con la normativa vigente, comprobando así que el diseño asegura un abastecimiento eficiente.

Finalmente, el presente proyecto constituye una referencia para futuros proyectos de habilitación urbana en la región, y un beneficio a los propietarios de la urbanización Loma Alta.

Capítulo 1

Descripción de la zona del proyecto

El presente capítulo establece el marco contextual geográfico, climático y social que define el diseño del sistema de agua potable para la habilitación urbana en la zona de Ejidos, Piura. La viabilidad y la eficiencia de cualquier proyecto de ingeniería están intrínsecamente ligadas a las condiciones del terreno y el entorno operativo. Se abordará las características fundamentales del área de intervención, incluyendo la ubicación geográfica precisa, las condiciones climáticas que influyen en la demanda, la topografía del terreno, la caracterización de la población usuaria en los lotes establecidos, y los accesos principales, por lo tanto, esta sección tiene como objetivo describir de forma exhaustiva las características fundamentales del área de estudio.

1.1 Ubicación geográfica

El área de desarrollo del presente proyecto se localiza en el departamento de Piura, provincia de Piura, específicamente en el sector Ejidos, a lo largo de la carretera Ejidos – Piura a una altura promedio de 35.00 m.s.n.m., al norte de la ciudad. El departamento de Piura se sitúa en la zona norte del Perú, a 1085 km al norte de Lima, en la franja noroeste del territorio nacional (Figura 1). Limita al norte con Tumbes y Ecuador, al este con Cajamarca, al sur con Lambayeque y al oeste con el océano Pacífico. La ubicación del presente proyecto en coordenadas se puede ver en la Tabla 1 y los datos se detallan a continuación:

- Distrito: Piura
- Provincia: Piura
- Departamento: Piura

Tabla 1

Coordenadas de ámbito del Proyecto

Coordenadas UTM (WGS 84)		Elevación (m.s.n.m)
Este (X)	Norte (Y)	
540423.79	9430710.48	34.00

Nota. Obtenido Creación del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado en la Habilitación Urbana Loma Alta del Distrito de Piura Provincia de Piura - Departamento de Piura (p.4), por CAPERA, 2024.

La provincia de Piura tiene una extensión de 6,211.61 km² y es una de las más importantes de la región, además de ser la capital de la región. El distrito de Piura limita al

Figura 3

Imagen satelital de la zona del proyecto



Nota. Obtenido Creación del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado en la Habilitación Urbana Loma Alta del Distrito de Piura Provincia de Piura - Departamento de Piura (p.6), por CAPERA, 2024.

1.2 Vías de acceso

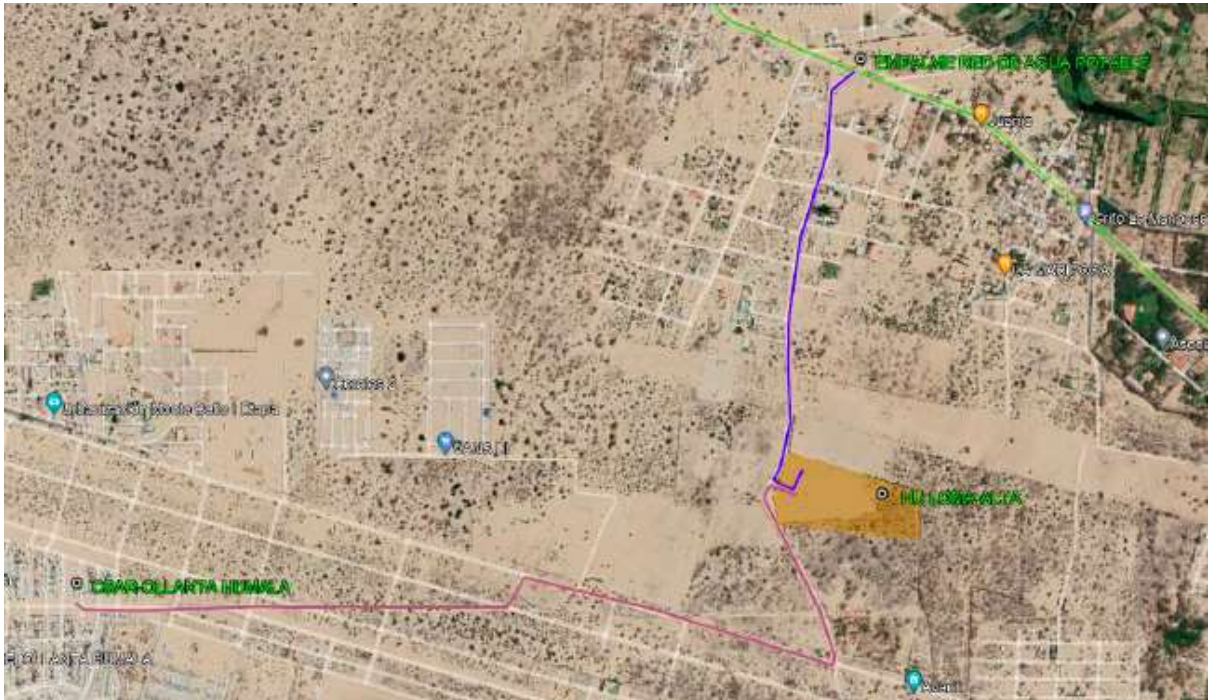
El predio es accesible a través de la vía principal denominada Avenida Los Tallanes con rumbo al Norte desde esta avenida y hacia la mano derecha se proyecta una vía urbana a nivel de trocha carrozable que se proyecta sobre el sector Ejidos del Norte de Piura.

Esta vía se encuentra actualmente a nivel de trocha carrozable y se proyecta como Vía de Evitamiento según el Plano del Sistema Vial del Plan de Desarrollo Urbano de Piura al 2032, frente al predio en estudio la vía es denominada Ruta PAS (CAPERA, 2024).

La Figura 4 nos muestra el acceso a la zona del proyecto por medio de la vía ejidos Piura desde una vista satelital.

Figura 4

Mapa acceso al área del proyecto



Nota. Obtenido Creación del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado en la Habilitación Urbana Loma Alta del Distrito de Piura Provincia de Piura - Departamento de Piura (p.14), por CAPERA, 2024.

1.3 Topografía

El terreno presenta un relieve ligeramente plano, el cual se encuentra en estado eriazo calificado como rústico. El relieve de la Ciudad de Piura y sus áreas de expansión urbana, presentan una topografía suave con pequeñas elevaciones constituidas por depósitos de arenas de grano medio a fino y depresiones que se constituyen en pequeñas “cuencas” por donde drenan las aguas durante las épocas de intensa precipitación pluvial. Así mismo presenta áreas con depresiones, donde en periodos de intensas precipitaciones pluviales se convierten en zonas inundables, también presentan zonas casi planas sin mucha pendiente donde se localiza el área del proyecto que se vuelve inundable en épocas de fuertes precipitaciones pluviales y se convierte en colector de las aguas de escorrentía superficial, además de causar intensa erosión.

1.4 Población y vivienda

Las poblaciones beneficiarias de este proyecto serán los propietarios de los terrenos de la habilitación urbana Loma Alta que van a adquirir del grupo inmobiliario CAPERA, el cual se distribuyen en manzanas y lotes proyectados en etapas, con un área aproximada promedio de 200m².

El proyecto se ha dividido en 02 etapas como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2

Cantidad de lotes

Etapas	N° de lotes
Etapas I	102
Etapas II	99

Nota. Obtenido Creación del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado en la Habilitación Urbana Loma Alta del Distrito de Piura Provincia de Piura - Departamento de Piura (p.18), por CAPERA, 2024.

La lotización se encuentra conformada por 18 manzanas distribuidas en 2 etapas. La distribución de la ubicación de los lotes se detalla según la Tabla 3 y Tabla 4.

Tabla 3

Cuadro general de lotes por manzanas I etapa

Cuadro de distribución I etapa	
Manzana	N° de lotes
A	4
B	6
F	9
G	10
H	11
L	9
M	14
N	12
Ñ	11
O	7
Q	9
TOTAL	102

Nota. Obtenido Creación del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado en la Habilitación Urbana Loma Alta del Distrito de Piura Provincia de Piura - Departamento de Piura (p.18), por CAPERA, 2024.

Tabla 4*Cuadro general de lotes por manzanas II etapa*

Cuadro de distribución II etapa	
Manzana	N° de lotes
Q	6
J	18
K	12
E	14
D	11
B	5
I	14
R	2
S	2
C	3
CH	12
TOTAL	99

Nota. Obtenido Creación del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado en la Habilitación Urbana Loma Alta del Distrito de Piura Provincia de Piura - Departamento de Piura (p.18), por CAPERA, 2024.

Del cuadro se indica una cantidad de lotes de 102 lotes para la etapa I, y una cantidad de 99 lotes para la etapa II, sin embargo, toda la urbanización con las dos etapas se considerado una sola sectorización.

1.5 Características del terreno

Los suelos son arenosos, en todos los casos el material en los horizontes próximos a la superficie consta de: suelos de la línea de impulsión es arena suelta SP, no plásticas, con poca humedad, en general sueltas o poco compacta. Cerca de la ciudad se encuentran arenas limosas SM, arenas arcillosas SC y arcillas arenosas CL de compacidad media y en los horizontes más profundos solo arena y disminuye la proporción de finos, cuando alcanza el nivel freático, es notorio la franja de oxidación y la formación de horizontes de color oscuro, después de esta capa oscura se puede notar una edificación por el material orgánico (CAPERA, 2024).

1.6 Clima

El clima del área del proyecto corresponde al tipo subtropical, seco y árido, caluroso y desértico, con una temperatura mínima que llega a los 18°C y la máxima alcanza los 37°, con una temperatura promedio de 28°C en la mayor parte de las estaciones del año.

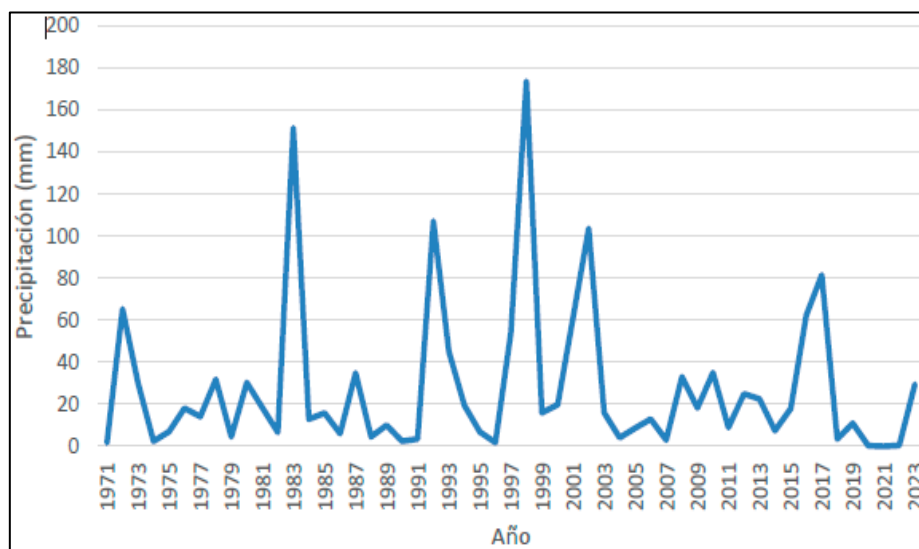
La humedad relativa promedio anual es de 66%, la presión atmosférica media anual es de 10085 milibares, teniendo vientos que siguen la dirección al sur con una velocidad promedio de 3.0 m/s. Durante el verano hay precipitaciones pluviales son esporádicas, salvo en los años en que se presenta el fenómeno de El Niño. Estos valores corresponden a registros climáticos oficiales del SINIA/MINAM para la región Piura, y se consideran representativos del comportamiento del ambiente atmosférico en áreas cercanas al proyecto.

1.7 Precipitaciones

La ciudad de Piura cuenta con una precipitación pluvial que alcanza 250 mm en promedio anual distribuida entre los 0 y 65 m.s.n.m., siendo de mayor intensidad durante los meses de enero a marzo, disminuyendo en los meses de estiaje de abril a diciembre.

La ciudad de Piura se caracteriza por tener una muy baja pluviosidad, salvo cuando se presenta el FEN. En la Figura 5, muestra las precipitaciones máximas diarias caídas cada año en la ciudad de Piura desde 1971, donde se puede apreciar, en general, que en años normales la lluvia anual no sobrepasa los 20 mm, salvo, claro está en el año 1998 con presencia de un FEN extraordinario que registró 173.6 mm, y los años 1983, 2002 y 2017 con FEN moderado alcanzó registros de 151.4mm, 103.5mm y 81.5 mm respectivamente.

En la Figura 5 se muestra un gráfico resumen de las precipitaciones a lo largo de los últimos años.

Figura 5*Lluvias anuales en la ciudad de Piura*

Nota. Datos extraídos de *Lluvias anuales en la ciudad de Piura* por SENAMHI (2025).

Capítulo 2

Marco teórico

El presente capítulo aborda los fundamentos conceptuales y normativos necesarios para el diseño de un sistema de agua potable en la zona de estudio. Se inicia con la definición y características del agua potable, así como los criterios que garantizan su calidad. Posteriormente, se describe el sistema de abastecimiento de agua potable, considerando sus tipos y componentes principales. Un sistema moderno de abastecimiento de agua se compone de instalaciones para la captación o punto de conexión, almacenamiento, conducción, bombeo, y distribución. También se desarrollan las características del diseño, incluyendo los parámetros técnicos y las normativas vigentes que regulan su implementación. Asimismo, se expone el uso de software especializado para la modelación y simulación hidráulica, herramienta esencial para garantizar la eficiencia del proyecto. Finalmente, se analizan aspectos relacionados con la dotación y consumo de agua, así como el impacto ambiental que genera la puesta en marcha de un sistema de abastecimiento, con el fin de enmarcar la investigación dentro de un contexto técnico, social y ambiental.

2.1 Agua potable

El agua potable es un recurso esencial para la vida humana, la salud pública y el desarrollo socioeconómico de las comunidades. La Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que su calidad y disponibilidad influyen directamente en la prevención de enfermedades y en la calidad de vida de las personas (Organización Mundial de la Salud, 2017), sin dañar el organismo del ser humano; además es aquella que no daña los materiales a ser usados en la construcción del sistema de abastecimiento.

2.1.1 Características del agua potable

Las características del agua potable se establecen en función de parámetros físicos, químicos y microbiológicos que garantizan su inocuidad. En el Perú, la Norma Técnica de Calidad del Agua para Consumo Humano regula estos criterios, en concordancia con las guías internacionales de la OMS (Organización Mundial de la Salud, 2017).

Los requerimientos básicos para que el agua sea potable son¹:

- Estar libre de organismos patógenos causantes de enfermedades.
- No debe ser salina.
- No contener compuestos que tengan un efecto adverso, agudo, o crónico sobre la salud humana.
- Ser aceptablemente clara, con baja turbidez o poco color.

¹ Agüero, R. (1997). *Agua potable para poblaciones rurales: Sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento*. Lima: Asociación de Servicios Educativos Rurales

- Que no tenga compuestos que causen sabor y olor desagradables.
- Que no cause corrosión o incrustaciones en el sistema de abastecimiento de agua.

2.2 Sistema de agua potable

Un sistema de agua potable comprende el conjunto de estructuras y procesos que permiten captar, tratar, almacenar y distribuir agua segura a la población usuaria. La finalidad del sistema en su diseño y funcionamiento es garantizar un suministro continuo, con cobertura adecuada, suficiente y con la calidad exigida para el consumo humano (Comisión Nacional del Agua México, 2017).

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), todo sistema de agua potable destinado a una habilitación urbana debe comprender, como mínimo, las siguientes partes:

- Captación (fuente) o conexión.
- Red de conducción.
- Estación/sistema de Bombeo (Si aplica).
- Almacenamiento (Reservorio / Cisterna / Tanque).
- Redes de distribución.

2.2.1 Captación o puntos de conexión

Las obras de captación son las estructuras destinadas a extraer el agua de su fuente natural, la cual puede ser superficial (ríos, quebradas, manantiales) o subterránea (pozos). Según la Norma OS.010 del RNE, la elección de la fuente depende de la calidad, cantidad y disponibilidad del recurso hídrico, debiendo preferirse aquellas que requieran tratamientos mínimos y garanticen un caudal sostenible a lo largo del año.

En el ámbito de la ingeniería sanitaria, los sistemas de agua potable se clasifican generalmente por su fuente natural (superficial, subterránea o pluvial). No obstante, en proyectos de habilitación urbana dentro de un área metropolitana consolidada, el sistema de abastecimiento se interconecta a una línea de conducción o red de infraestructura existente proveniente de una fuente principal administrada por la empresa prestadora de servicios (EPS). Este tipo de suministro se denomina abastecimiento por derivación o conexión secundaria, el cual indica que el agua se obtiene por empalme a una conducción ya existente y operada por un tercero y forma parte del sistema de conducción dentro del ciclo integral del agua potable (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, 2018); para este tipo de captación la calidad del agua se asume apta para el consumo humano, pues proviene de un sistema centralizado de tratamiento.

De acuerdo con el RNE – Norma OS.020, cuando se proyectan nuevas habilitaciones urbanas o ampliaciones, es posible conectarse a las redes matrices de abastecimiento

existentes, siempre que se verifique que la fuente principal disponga de caudal, presión y calidad suficientes para satisfacer la demanda adicional sin afectar al resto de usuarios (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, 2018).

Bajo este marco teórico, la habilitación urbana no requiere diseñar ni construir las fases iniciales (captación y tratamiento), sino enfocarse en la ingeniería de la extensión y la distribución. El sistema se concibe como una expansión de la red urbana cuando la entidad operadora (en este caso, EPS Grau S.A.) autoriza la conexión previa evaluación hidráulica.

La fuente de suministro se define por:

a. El punto de entrega (fuente externa)

Este punto es donde culmina la responsabilidad de la EPS y comienza la del proyecto. Se caracteriza por ser un punto técnico donde la EPS garantiza el suministro de un caudal mínimo, establecido en el Estudio de Factibilidad, y una presión hidráulica específica. La tubería principal a la que se conecta el proyecto (en este caso, la que proviene de la Estación Curumuy) es, por definición, una conducción de agua tratada diseñada para transportar la demanda acumulada de una gran zona.

b. Justificación técnica

El diseño del sistema interno debe partir de las condiciones de este punto de entrega:

- **Caudal Disponibilidad:** El caudal máximo garantizado por la tubería maestra debe ser igual o superior a la demanda máxima diaria proyectada de la urbanización.
- **Presión Estática:** La presión disponible en el punto de empalme definirá la necesidad de bombeo o si la alimentación será por gravedad hacia el almacenamiento y las redes internas (Jiménez, 2019).

2.2.2 Línea de conducción

Una vez captada, el agua se transporta mediante líneas de conducción o aducciones desde el punto de acometida hasta la estructura de almacenamiento y regulación (reservorio) de la habilitación urbana. Estas tuberías normalmente siguen el perfil del terreno, por lo que deben diseñarse considerando la topografía de la zona del proyecto, los caudales máximos horarios, las pérdidas de carga y la protección contra golpes de ariete. La línea de conducción está conformada por el conjunto de tuberías, válvulas de control, accesorios y estructuras complementarias, en el que cada uno de estos elementos presenta un diseño de acuerdo con características particulares (Morante, 2019).

La norma OS.020 del RNE establece que la estructura deberá tener capacidad para conducir como mínimo, el caudal máximo diario, por lo que la línea de conducción tiene como función primordial transportar dicho caudal de diseño (generalmente el Caudal Máximo

Diario, Qmd) con la menor pérdida de energía posible. Además, se debe garantizar que la línea sea hidráulicamente compatible con la red matriz o con el punto de conexión, evitando impactos negativos en el sistema principal.

Durante la conducción, se debe preservar la calidad del agua evitando la contaminación por infiltraciones o materiales no sanitarios. Por ello, el RNE exige el uso de tuberías con certificación sanitaria (PVC-O, PEAD o hierro dúctil) y uniones herméticas.

La red de conducción debe utilizar al máximo la energía disponible para conducir el gasto deseado, lo que nos llevará mayormente a la selección del diámetro mínimo que permita presiones iguales o menores a la resistencia física que el material de la tubería pueda soportar (Agüero, 1997). Los tipos de conducción se dan por:

a. Conducción por gravedad

Cuando la cota piezométrica en el punto de entrega de la EPS es suficiente para vencer las pérdidas de carga por fricción y aun así permitir la llegada del agua al reservorio. El agua de la fuente se conduce hasta un tanque elevado desde el cual fluye por gravedad hacia la población. De esta forma se mantiene una presión suficiente y prácticamente constante en la red para el servicio a los usuarios (Comisión Nacional del Agua México, 2017).

Este es el método más confiable y se debe utilizar siempre que se dispone de cotas de terreno suficientemente altas para la ubicación del tanque, para asegurar así las presiones requeridas en la red como se puede observar en la Figura 6.

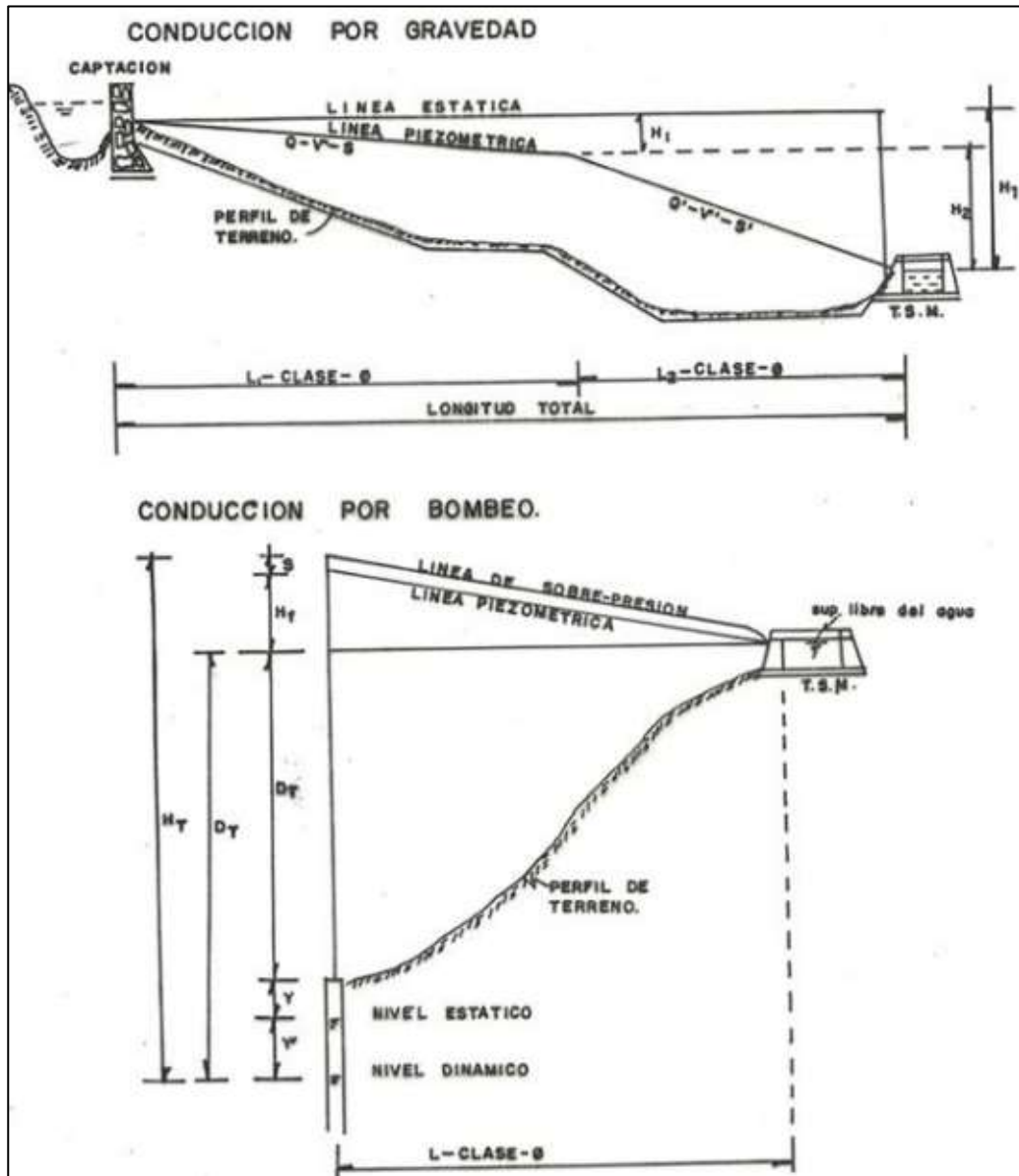
La tubería que abastece de agua a la estructura de almacenamiento (línea de conducción) se diseña para el gasto máximo diario Qmd, y la tubería que inicia del almacenamiento hacia los usuarios finales (línea de alimentación), para el gasto máximo horario Qmh en el día de máxima demanda.

b. Conducción por bombeo

Si la Presión Piezométrica disponible en el punto de entrega es baja o si la cota del reservorio es superior a la cota del punto de entrega, obligando a instalar una estación de bombeo en la derivación para trasladar el agua a la estructura de almacenamiento. La Figura 6 nos muestra el recorrido para este tipo de conducción.

Figura 6

Tipos de conducción de agua potable



Nota. Imagen extraída de Agua potable para poblaciones rurales por R. Agüero, 1997.

Para el cálculo de las líneas de conducción por bombeo se recomienda utilizar la fórmula de Hazen y Williams, teniendo en cuenta el estudio del diámetro más económico para el dimensionamiento de la línea:

$$Q = \frac{10.67 \times L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} 0.000426xCxD^{2.63}xS^{0.54}$$

En ambos casos, el diseño de la conducción se realiza utilizando el concepto de la Línea Piezométrica, la cual representa la energía disponible a lo largo del trayecto.

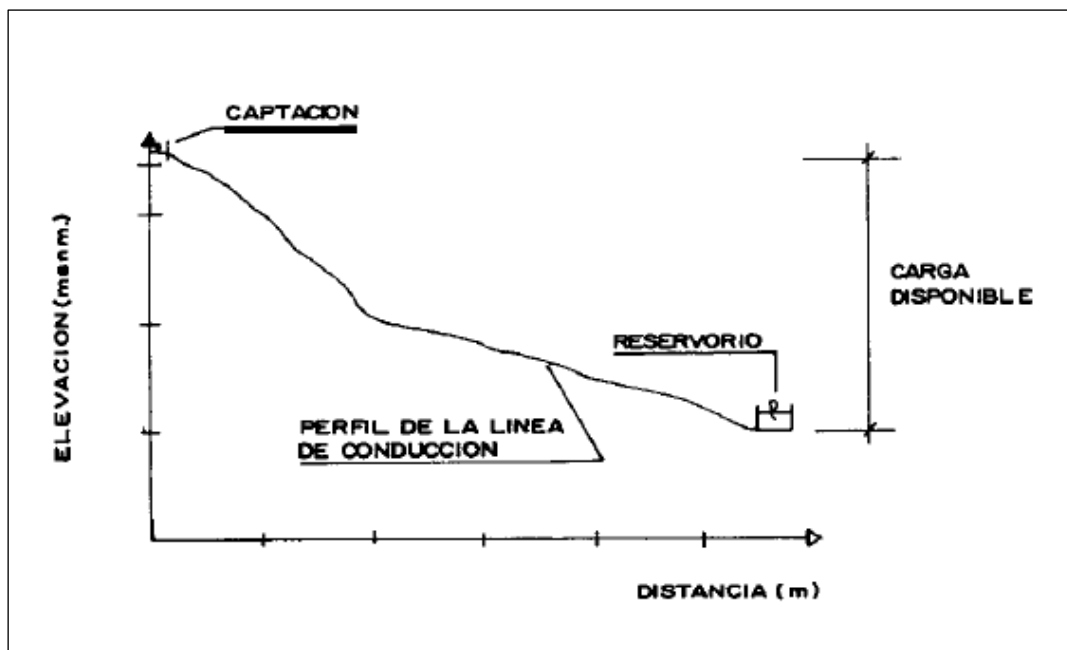
2.2.2.1 Criterios de diseño. De acuerdo con el perfil establecido de la línea de conducción, se deben establecer los siguientes criterios o consideraciones para el planeamiento final del diseño:

a. Carga disponible

La Figura 7 nos muestra gráficamente como es que la carga disponible equivale a la diferencia de elevación entre el punto de conexión o captación y la estructura de almacenamiento (reservorio, tanque elevado, cisterna).

Figura 7

Carga disponible en la línea de conducción



Nota. Imagen extraída de Agua potable para poblaciones rurales por R. Agüero, 1997.

b. Gasto de diseño

El gasto de diseño corresponde al gasto máximo diario (Q_{md}) el cual equivale de estimar el caudal medio de la población para el periodo de diseño seleccionado y el factor K_1 del día de máximo consumo (ver acápite 2.3).

c. Clase de tubería

Las clases de tubería a seleccionarse se definirán por las máximas presiones que se presenten a lo largo de la red. Se debe considerar una tubería que tenga resistencia a la presión más elevada que pueda producirse, el cual la presión máxima no ocurre bajo condiciones de operación, sino cuando se presenta la presión estática al momento de cerrar las válvulas de control en la red de tuberías.

El tipo de tubería mayormente utilizado en proyectos de abastecimiento y distribución de agua potable es de material de PVC (cloruro de polivinilo). Las tuberías de PVC tienen ventajas significativas frente a las de otro material, al ser económico, flexible, peso ligero o liviano y por lo tanto de fácil transporte e instalación; siendo además un material bastante comercial por lo que podemos encontrar todo tipo de diámetros para cualquier diseño calculado.

La Tabla 5 muestra las clases de tuberías PVC más comerciales y sus parámetros básicos para diseño, además de los valores de presión a los que deben someterse en pruebas hidráulicas:

Tabla 5

Clase de tuberías PVC

Clase	Presión nominal PN (kg/m ²)	Presión de Prueba (1.2- 1.5 veces la PN)
5	50	75-100
7.5	75	112.5-150
10	100	150-200
15	150	225-300

Nota. Datos extraídos de Norma OS050 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

d. Diámetro

Para determinar los diámetros se consideran distintas alternativas y soluciones previamente evaluadas desde el punto de vista económico. El diámetro seleccionado deberá tener la capacidad de conducir el gasto de diseño con las siguientes consideraciones:

- La velocidad debe estar comprendida entre los valores de 0.6 y 5 m/s en tuberías de PVC.
- Las pérdidas de carga por tramo calculado deben ser menores o iguales a la carga disponible.

El diámetro calculado en la línea de conducción se obtiene de la fórmula de Hazen-Williams o mediante la ecuación del diámetro de Bresse determinado por la siguiente expresión para un bombeo continuo:

$$D = Kox\sqrt{Q}$$

En donde:

- D: diámetro de tubería (m)
- K_o : coeficiente de bresse (valor de 1.3).
- Q: caudal (m³/s)

Para el caso de bombeo discontinuo (en los que el bombeo se realiza a menos de 24 horas al día) la fórmula se expresa de la siguiente manera:

$$D = K_o x \left(\frac{N}{24}\right)^{0.25} \sqrt{Q}$$

En donde N es el número de horas de bombeo al día y Q, en m³/s, es el caudal de bombeo.

e. Golpe de ariete

Es un fenómeno hidráulico transitorio que se produce en las tuberías a presión cuando el flujo del fluido se detiene o se modifica bruscamente. Este cambio abrupto de velocidad genera una onda de presión que viaja a gran velocidad por la tubería (similar a una onda sísmica), incrementando momentáneamente la presión interna de manera crítica, a menudo superando la presión estática o dinámica de diseño.

El diseño debe emplear velocidades que no excedan las permitidas, una velocidad de flujo menor reduce significativamente la magnitud del Golpe de Ariete.

El RNE OS.010 establece que las tuberías y accesorios deben diseñarse para resistir presiones transitorias equivalentes hasta el 120 % de la presión de operación, asegurando la integridad del sistema frente a este fenómeno.

2.2.2.2 Estructuras complementarias. Para un diseño completo de la conducción, es esencial considerar las estructuras y accesorios que aseguran su correcto funcionamiento y mantenimiento:

a. Válvulas de Purga

Se instalan en los puntos bajos del perfil longitudinal para permitir el vaciado total de la tubería para inspección o mantenimiento, y para evacuar sedimentos acumulados, esto debido a que los sedimentos provocan la reducción del área de flujo del agua (Agüero, 1997).

La operación de llenado debe de permitir la expulsión del aire por las ventosas. La determinación de la abertura de la válvula o del diámetro para desalojar el aire se calcula de la siguiente expresión:

$$d = \frac{D}{6}$$

D es el diámetro de la tubería principal de conducción.

b. *Válvulas de aire*

También llamadas ventosas, se colocan en los puntos altos del perfil longitudinal debido a que el aire acumulado en los puntos altos provoca la reducción del área de flujo del agua, produciendo un aumento de pérdida de carga y una disminución del gasto (Agüero, 1997).

El diámetro de la válvula se calcula con la siguiente expresión:

$$d = \frac{D}{8}$$

D es el diámetro de la tubería principal de conducción.

c. *Anclajes*

En los cambios de dirección (codos), reducción de diámetro (tee) y accesorios, la presión del agua genera empujes o fuerzas de desequilibrio. Es imperativo el diseño de bloques de anclaje de concreto para absorber estas fuerzas y prevenir el desprendimiento de las tuberías. Estas estructuras son de concreto simple o armado (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, 2018).

d. *Válvulas de control*

Son dispositivos que regulan el flujo y la presión del agua para asegurar un suministro seguro y eficiente. Su función principal es modificar la cantidad de agua que pasa a través de ellas, ya sea abriéndose o cerrándose parcialmente, en respuesta a señales de un sistema de control para mantener la presión, el caudal o el nivel de llenado deseado en la red y poder regular la cantidad de agua que llega a los diferentes componentes del sistema de agua potable (Morante, 2019)..

2.2.2.3 Pérdidas de carga. Se refieren a la energía disipada por la fricción del agua con las paredes de la tubería. Para el cálculo, se emplean fórmulas reconocidas de ingeniería hidráulica, siendo la más utilizada en proyectos de saneamiento la fórmula de Hazen-Williams, debido a su aplicabilidad en el rango de diámetros y materiales comunes (**Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, 2018**)

$$Q = \frac{10.67 \times L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} 0.000426xCxD^{2.63}xS^{0.54}$$

Donde:

- S= Pérdida de carga unitaria (m/km)
- C= Coeficiente de Hazen-Williams según material de tubería
- Q= Caudal (l/s)
- D = Diámetro de la tubería (pulg)

El coeficiente de rugosidad o de fricción también llamado coeficiente de Hazen-Williams (C), depende del material de la tubería a utilizar. Los valores de C se muestran a continuación en la Tabla 6:

Tabla 6
Coeficientes para tipos de tubería

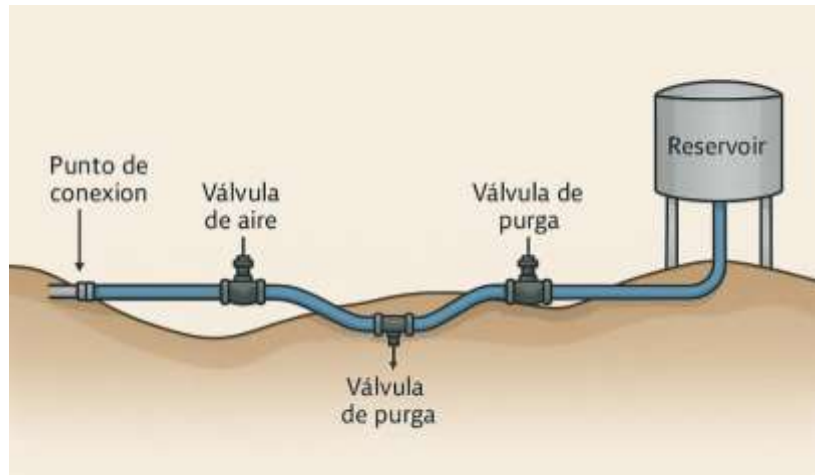
Tipo de tubería	Valor "C"
Acero sin costura	120
Acero soldado en espiral	100
Cobre sin costura	150
Concreto	110
Fibra de vidrio	150
Hierro fundido	100
Hierro fundido dúctil con revestimiento	140
Hierro galvanizado	100
Polietileno	140
Poli (cloruro de vinilo) (PVC)	150

Nota. Datos extraídos de Norma OS050 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

2.2.3 Almacenamiento y regulación

El almacenamiento de agua potable constituye una parte esencial del sistema de abastecimiento, cuya función principal es regular las diferencias entre el caudal suministrado y la demanda de consumo, absorbiendo las variaciones entre la velocidad de llegada del agua (caudal constante desde la línea de conducción o la EPS) y la velocidad de consumo (caudal variable de la demanda horaria de la urbanización).

En el caso de una habilitación urbana, esta función recae en el diseño y construcción de un Reservorio (superficial o elevado) situado generalmente entre la captación y la red de distribución que tiene por objeto almacenar el agua proveniente de la fuente o del empalme. Dependiendo del cálculo de pérdidas y diferencias de alturas con respecto a la fuente o captación, se evaluará si el agua llega por gravedad o se proyecta un sistema de bombeo para satisfacer el llenado del reservorio.

Figura 8*Línea de conducción hacia reservorio*

Nota. Obtenido Creación del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado en la Habilitación Urbana Loma Alta del Distrito de Piura Provincia de Piura - Departamento de Piura, por CAPERA, 2024.

Según la Norma OS.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), todo sistema de agua potable debe contar con uno o varios tanques o reservorios que permitan mantener la presión adecuada en la red, compensar las fluctuaciones de consumo horario y almacenar un volumen de reserva para contingencias o mantenimiento (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, 2018).

Su funcionamiento 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. Estos tanques de regulación guardan cierto volumen adicional de agua para aquellas horas del día en las cuales la demanda en la red sobrepasa el volumen suministrado por la fuente.

Cuando la fuente de abastecimiento dispone de un caudal superior al caudal máximo horario (Q_{mh}), no es necesario incorporar un reservorio en el sistema. En tal caso, se debe garantizar que el diámetro de la línea de conducción sea el adecuado para transportar dicho caudal sin restricciones y cubrir completamente la demanda de la población. Sin embargo, en determinadas situaciones resulta más eficiente desde el punto de vista económico optar por una conducción de menor diámetro complementada con un reservorio de almacenamiento que permita regular el suministro.

2.2.3.1 Tipos de reservorio. De acuerdo con el RNE OS.070, los reservorios se clasifican según su posición respecto al terreno, el material de construcción y las presiones requeridas

como se puede describir en la Tabla 7. La Figura 9 y Figura 10 muestran un esquema básico del diseño de los tipos de reservorio.

Tabla 7

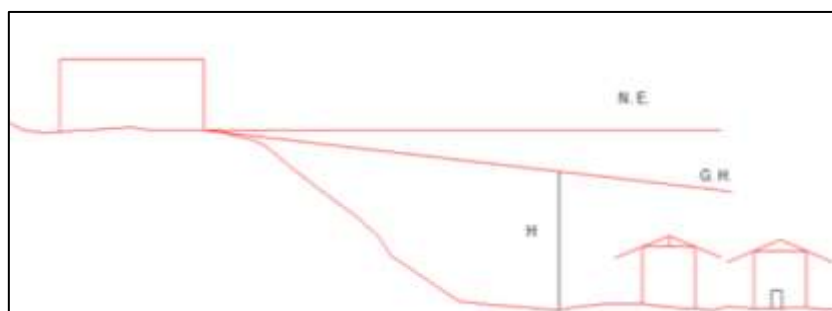
Tipos de reservorio

Tipo	Descripción	Aplicación Principal
Reservorio Superficial (Apoyado)	Estructura de concreto armado construida sobre el nivel del terreno.	Zonas planas o de baja cota.
Reservorio Elevado	Instalado sobre torres o estructuras de soporte; proporciona presión por gravedad requiriendo un sistema de bombeo intermedio.	Pendientes naturales o zonas altas y la presión necesaria (>10 m.c.a.) solo se logra elevando el agua.

Nota. Datos extraídos de Agua potable para poblaciones rurales por R. Agüero, 1997.

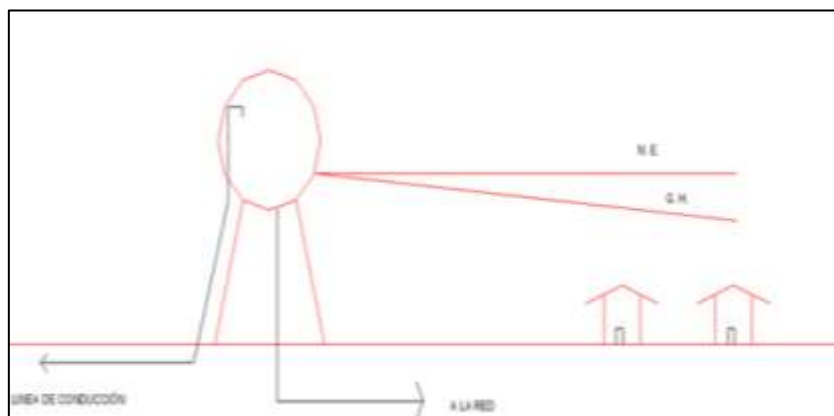
Figura 9

Reservorio superficial



Nota. Tomado de Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario por J. Jiménez, 2019.

Figura 10
Reservorio elevado



Nota. Tomado de Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario por J. Jiménez, 2019.

2.2.3.2 Criterios de diseño y dimensionamiento. El volumen del reservorio se determina considerando el caudal medio diario (Qmd), la variación de demanda y la reserva para emergencias o incendios. Según el Manual del MVCS (2021) y la Norma OS.030, el volumen total (V_t) se compone de:

$$V_{total} = V_{Regulacion} + V_{reserva} + V_{contra\ incendio}$$

Donde:

- Volumen de regulación: este volumen se determina generalmente a partir del Caudal Máximo Diario (Qmd) proyectado y el diagrama de variaciones horarias del consumo. El método de cálculo más riguroso es el Método del Diagrama de Masas (o Diagrama Acumulativo), el cual grafica el consumo y el suministro acumulado para determinar el mayor déficit y el mayor exceso, estableciendo así el volumen de regulación necesario.
- Volumen Contra Incendio: La norma establece que, para el uso residencial, el volumen de reserva para el servicio contra incendio no será menor a 50 m³ (metros cúbicos) (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, 2006).
- Volumen de reserva: se considera un volumen de emergencia ya sea por fallas o mantenimiento.

El volumen de regulación suele representar entre 20 % y 30 % del consumo diario total, dependiendo del tipo de servicio (urbano o rural) y la variación horaria de la demanda (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, 2018), según se observa en la Tabla 8:

Tabla 8*Volúmenes de regulación*

Tipo de localidad	Volumen de regulación (%)	Volumen total sugerido
Urbana	25-30 % del consumo diario	30-40 % del consumo diario
Rural	20-25 % del consumo diario	25-35 % del consumo diario
Industrial	35-40 % del consumo diario	40-50 % del consumo diario

Nota. Tomado de Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario por J. Jiménez, 2019.

2.2.3.3 Ubicación y cota de fondo. El reservorio debe ubicarse en la cota más alta posible dentro de la urbanización, preferiblemente en el punto de mayor elevación (si la alimentación es por gravedad) o en un lugar estratégico para minimizar la longitud de la Línea de Conducción (si es por bombeo).

La cota de fondo del reservorio debe garantizar que, con el nivel de agua mínimo, se cumpla con la Presión Dinámica Mínima de 10 m.c.a. (metros de columna de agua) en el punto más desfavorable (lote más alto o alejado) de la Red de Distribución durante la condición de Caudal Máximo Horario (Qmh) (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, 2006).

2.2.3.4 Funciones hidráulicas del almacenamiento. El diseño del almacenamiento se justifica en tres funciones esenciales que garantizan la operación eficiente del sistema (Gómez, 2021):

- Regulación de Caudales: Permite almacenar el volumen de agua que excede la demanda promedio en las horas de bajo consumo (generalmente la noche y la madrugada) y suministrar el déficit en las horas pico (demanda máxima horaria).
- Reserva para emergencias: Provee un volumen de reserva mínimo para cubrir interrupciones temporales en la línea de conducción, fallas en la estación de bombeo o eventos de mantenimiento programado.
- Volumen de agua contra incendio: Constituye la reserva técnica obligatoria para la extinción de incendios, dimensionada para garantizar un caudal y tiempo mínimo de lucha contra el fuego.

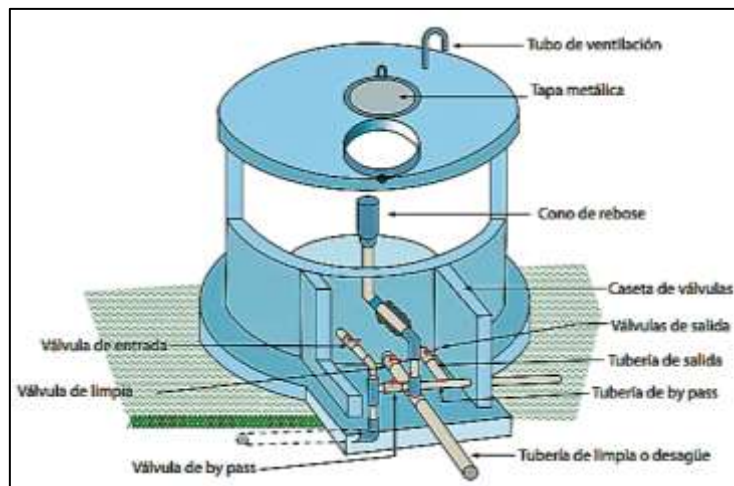
2.2.3.5 Aspectos constructivos y operativos. El RNE establece que los reservorios deben construirse con materiales impermeables y de alta durabilidad (concreto armado, acero, o fibra de vidrio), y contar con los siguientes elementos mínimos:

- Entrada y salida de agua con válvulas independientes.
- Ventilación adecuada mediante tuberías o rejillas con mallas.
- Tubería de rebose, conectada al sistema de drenaje.
- Acceso para limpieza y mantenimiento, con escaleras y tapa hermética.
- Instrumentos de control, como flotadores o sensores de nivel.

Asimismo, deben ubicarse preferentemente en zonas altas del terreno, permitiendo que el agua se distribuya por gravedad, reduciendo el consumo energético del sistema. Los componentes o elementos principales se visualizan en Figura 11.

Figura 11

Componentes de reservorio



Nota. Extraído de Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario por J. Jiménez, 2019.

2.2.4 Redes de distribución

Las redes de distribución constituyen el último componente del sistema de agua potable, siendo el conjunto de tuberías, accesorios y dispositivos diseñados para entregar el agua a cada conexión domiciliaria (usuarios finales) desde el reservorio y que se desarrolla por todas las calles de la población usuaria, cumpliendo con los requisitos de presión, caudal y calidad establecidos por la normativa (Agüero, 1997).

El diseño de la red de distribución tiene como objetivo satisfacer la demanda de la población bajo condiciones de máximo consumo horario (Q_{mh}) y considerar además

situaciones especiales como incendios o cortes temporales del suministro. Su adecuada configuración influye directamente en la eficiencia hidráulica, la calidad del servicio y la durabilidad de la infraestructura (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, 2006)

2.2.4.1 Tipología de la red. El trazo de la red de distribución puede ser de dos formas principalmente que son:

a. Red abierta (ramales)

Se utiliza principalmente en zonas rurales o para ramales muy cortos sin posibilidad de interconexión. Ofrece una sola vía de alimentación, lo que la hace vulnerable ante roturas o mantenimientos.

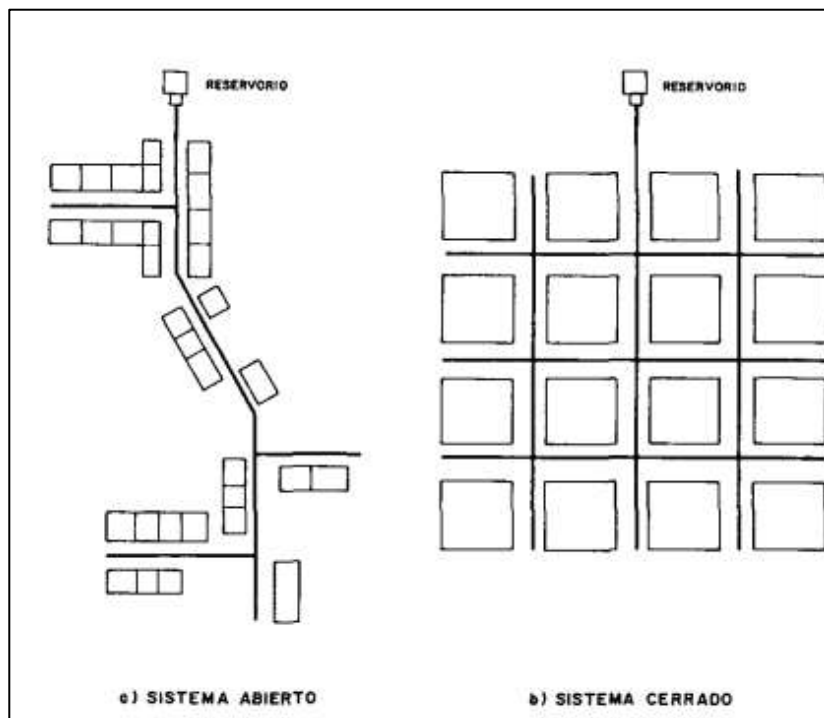
a. Red cerrada (mallada)

Es el tipo de red obligatorio para habilitaciones urbanas, ya que ofrece mayor confiabilidad y flexibilidad (Encalada & Quispe, 2024) Permite que el agua llegue a cualquier punto por dos o más caminos, manteniendo el servicio si una tubería se rompe y facilitando los trabajos de mantenimiento sin suspender el suministro a grandes áreas.

La Figura 12 nos muestra cómo se visualiza la red de distribución en un sistema abierto y cerrado.

Figura 12

Tipos de red de distribución

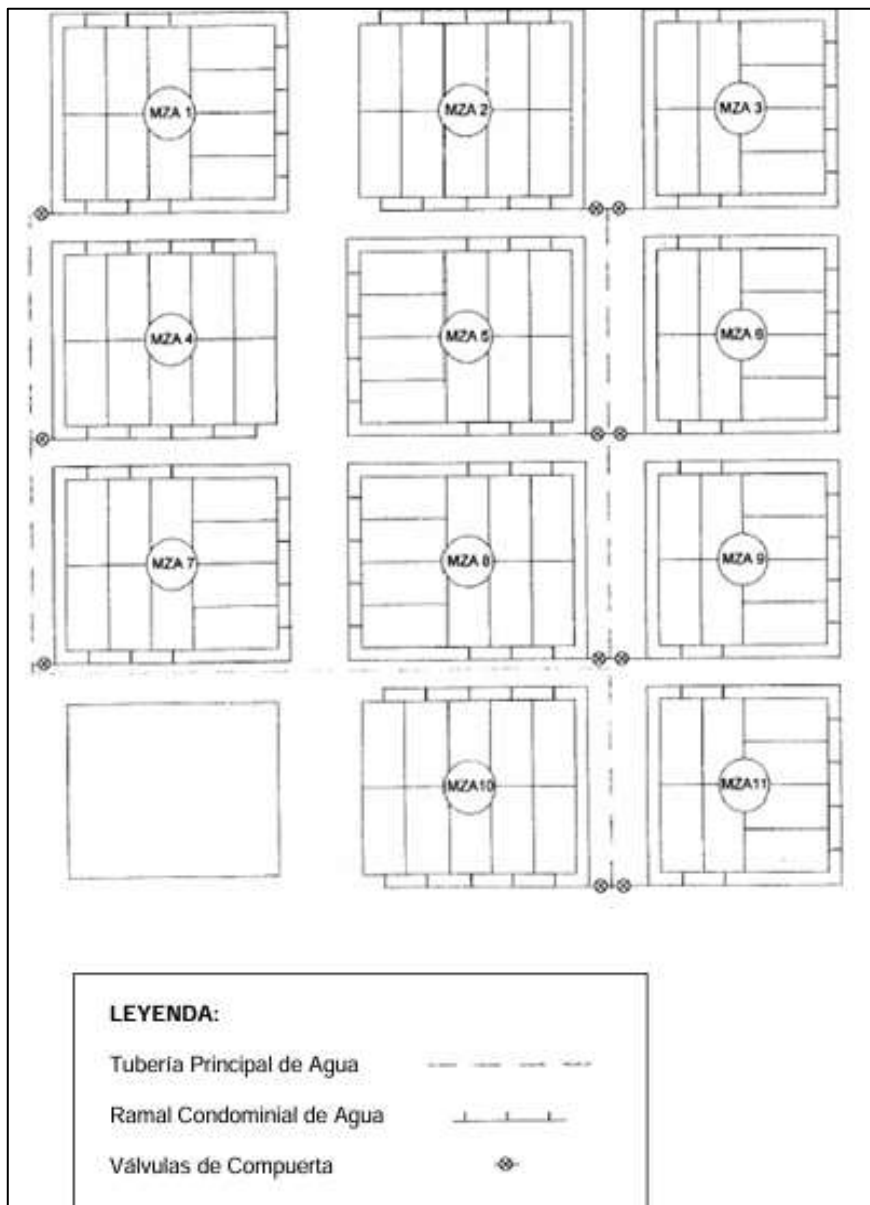


Nota. Extraído de Agua potable para poblaciones rurales por R. Agüero, 1997.

En áreas urbanas, se recomienda la red mallada, ya que garantiza un servicio más seguro y presiones equilibradas en toda la red. En este sistema se puede realizar reparaciones en los tubos, ya que el área que se quede sin agua puede reducirse a una sola cuadra, dependiendo de la ubicación de las válvulas. Se tiene también una ventaja económica ya que al ser todos los tramos alimentados por ambos extremos se tendrá una menor pérdida de carga, dando como resultado menores diámetros. Este sistema en habilitaciones urbanas se puede describir gráficamente en la Figura 13.

Figura 13

Esquema de agua en sistema condominial



Nota. Tomado de Norma OS.050 Redes de distribución de agua para consumo humano. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018.

2.2.4.2 Componentes. Una red de distribución está compuesta por tuberías, accesorios y dispositivos de control que permiten regular el flujo, mantener la presión y garantizar la operación segura del sistema.

Los principales componentes son:

- Tuberías de distribución: son conductos principales y secundarios que transportan el agua hacia los usuarios.
- Válvulas de control: son accesorios que permiten aislar sectores de la red durante acciones de mantenimiento. Se colocan al inicio de las mallas y en puntos estratégicos para sectorizar.
- Hidrantes contra incendios: son puntos de descarga para uso de bomberos o limpieza.
- Conexiones domiciliarias: son las uniones desde la red pública hacia las viviendas, equipadas con válvula y medidor. El diámetro mínimo de la conexión es de 12.50 mm (1/2"), además se debe garantizar una presión mínima de 10 m.c.a.

2.2.4.3 Criterios de diseño. El diseño se basa en la simulación de las condiciones más críticas de demanda para dimensionar los diámetros de las tuberías. Se consideran los siguientes criterios:

- La red debe dimensionarse para la condición más exigente, que es el Caudal Máximo Horario (Q_{mh}). Adicionalmente, se debe verificar el sistema bajo la Condición de Caudal Máximo Horario + Caudal Contra Incendio, ya que esta última condición suele generar el escenario de mayor déficit de presión.
- La Norma OS.050 recomienda una velocidad mínima de 0.60 m/s para evitar la sedimentación de partículas. Una velocidad muy baja provoca la acumulación de sólidos, afectando la calidad del agua y el diámetro de flujo. La velocidad máxima no debe exceder los 3.0 m/s para prevenir la erosión interna de las tuberías y mitigar el riesgo de Golpe de Ariete (variaciones súbitas de presión causadas por cierres rápidos de válvulas), que puede causar roturas catastróficas.
- La presión mínima en cualquier parte de la red no debe ser menor a 10 m.c.a. y la presión estática no exceda de 50 m.c.a.
- El diámetro mínimo a utilizarse en la red será aquel que satisfaga las condiciones hidráulicas que garanticen las presiones mínimas de servicio en la red y las conexiones domiciliarias. El diámetro mínimo nominal para tuberías de distribución, sin contar la red de incendio, es de 75 mm (3 pulgadas), para el cual se buscará cumplir con el diámetro económico, que es el resultado de un

análisis técnico-económico, minimizando la suma del costo inicial de la tubería y el costo operativo anual de bombeo.

- La profundidad de la zanja para el diseño de la red debe ser suficiente para proteger la tubería de las cargas estáticas (tráfico) y garantizar que la temperatura no afecte el material (usualmente ≥ 0.60 m de recubrimiento).
- La red de distribución debe ser manejable y segmentable, para el cual las válvulas se ubicarán en tramos estratégicos a fin de poder sectorizar la red y aislar tramos no mayores de 500m, garantizando un buen funcionamiento y permitiendo interrupciones para realizar ampliaciones y reparaciones en la red.
- Las tuberías a presión generan fuerzas hidrodinámicas que deben ser contenidas por estructuras de concreto, para el cual se consideran anclajes en los puntos de cambio de dirección o demás accesorios. Su función es absorber la fuerza de empuje previniendo el desplazamiento o la desconexión de los accesorios por la presión interna (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, 2006).
- Para el análisis hidráulico de la red del sistema los métodos más usados son el de Hardy Cross y el de seccionamiento.

2.2.4.4 Análisis hidráulico. Para sistemas de tipo red cerrada o malla, su análisis hidráulico se pueden utilizar los siguientes métodos:

a. Método de Hardy Cross

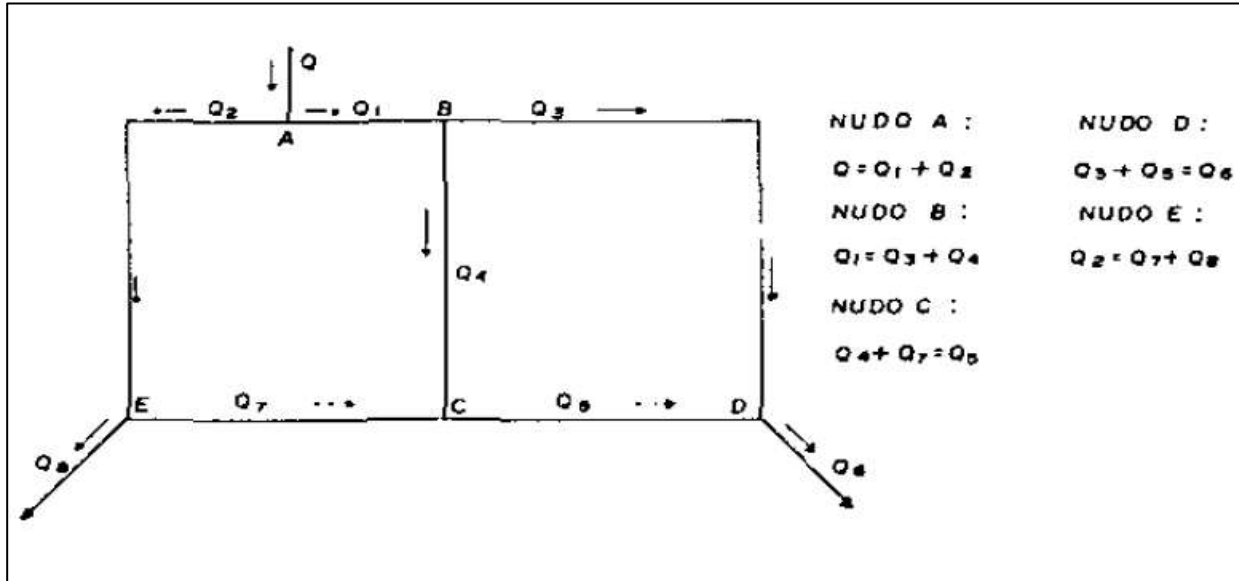
Se basa en iteraciones o aproximaciones para el cual se supone una distribución de caudales y se calcula el error en la pérdida de carga de cada circuito. El circuito cerrado o enmallado debe cumplir las siguientes condiciones:

- La suma algebraica de las pérdidas de carga alrededor del circuito debe ser igual a cero.
- La cantidad de flujo que entra en un nudo debe ser igual a la cantidad que sale del mismo.
- El caudal que ingresa a la red debe ser igual al caudal que sale de ella.
- Los caudales asignados deben ocasionar velocidades adecuadas a la especificación reglamentaria.

Estas condiciones de pérdidas y caudales se visualizan en la Figura 14.

Figura 14

Distribución de caudales en un circuito de malla



Nota. Tomado de Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario por J. Jiménez, 2019.

b. Método de seccionamiento

Este método se basa en realizar un corte a la red proyectada del sistema de distribución de agua potable en diferentes puntos determinados en el que se tendrá la dirección del flujo en un solo sentido. Se busca formar circuitos numerados por cada tramo, en el cual se dispone a realizar un corte o seccionamiento y calcular los gastos (litros por segundo) por cada tramo.

Para un seccionamiento ideal, las presiones en los puntos de seccionamiento deben ser iguales o con una tolerancia en una diferencia máxima de 10% con respecto al valor de las presiones calculadas en cada nudo. En caso se tenga una tolerancia mayor al indicado, se deberá alternar de forma específica el diámetro de algunas tuberías hasta lograr la comprobación, o también optar por modificar el seccionamiento.

2.3 Dotación y consumo

Un sistema de agua potable comprende consideraciones básicas de diseño dentro de la infraestructura sanitaria en las que la dotación y el consumo de agua potable constituyen la base para el dimensionamiento de todos los componentes de un sistema de abastecimiento garantizando una demanda futura de agua. Esta demanda no es constante, sino que varía en el tiempo (por el crecimiento poblacional) y en el consumo (por las variaciones horarias y diarias).

2.3.1 Población y periodo de diseño

El dimensionamiento de la infraestructura debe considerar la vida útil económica y funcional de las estructuras, por lo que los cálculos se realizan para una población proyectada y no para la población inicial.

- **Período de Diseño:** Es el tiempo que se estima que el componente de la infraestructura operará de manera eficiente antes de requerir una expansión. Para proyectos de redes de distribución y reservorios en habilitaciones urbanas, el período de diseño usualmente se establece en 20 años, asegurando una rentabilidad de la inversión y la sostenibilidad del servicio. Los periodos de diseño aceptados y exigidos
- **Población de Diseño:** Es la población esperada en el área de la urbanización al final del período de diseño. Para una habilitación urbana que tiene un número fijo de lotes, la población se calcula a partir de la densidad poblacional por lote, según las normas de Habilitaciones Urbanas – Norma TH.010.

$$P_{\text{diseño}} = N_{\text{lotes}} \times N_{\text{personas/lote}}$$

Los periodos de diseño aceptados y exigidos para los componentes del sistema de agua potable se ven en la Tabla 9:

Tabla 9

Periodos de diseño

Componente del sistema de agua potable	Periodo de diseño (años)
Obras de captación	20
Línea de conducción	20
Reservorio	20-30
Estaciones de bombeo	20
Redes de distribución	20
Equipos de bombeo	10

Nota. Tomado de Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario por J. Jiménez, 2019.

2.3.2 Dotación de agua potable

La dotación se define como el volumen promedio de agua por habitante por día (L/hab/día) necesario para cubrir todas las necesidades domésticas, comerciales y públicas y

las pérdidas en el sistema; es el parámetro fundamental para el cálculo del caudal (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, 2018).

Dado que Piura es una ciudad con clima cálido o seco, la dotación adoptada debe considerar las altas temperaturas que suelen incrementar el consumo per cápita (por ejemplo, mayor uso de duchas, riego de jardines, etc.), optando por los límites superiores de las dotaciones sugeridas por el RNE para zonas cálidas.

De acuerdo con el RNE, la dotación total se determina mediante:

$$Dt = Dc + Dins + Dcom + Dind + Dp$$

Donde:

- *Dc*: consumo doméstico
- *Dins*: consume institucional
- *Dcom*: consumo comercial
- *Dind*: consumo industrial
- *Dp*: pérdidas en el sistema

La normativa establece rangos de dotación según el tipo de población y nivel de servicio, los cuales deben ajustarse a la realidad local y al periodo de diseño (20 años), el cual diferencia el consumo según la densidad de la vivienda. Los valores se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10

Consumo de edificaciones

Tipo de Edificación Residencial	Dotación sugerida(L/hab/día)	Justificación
Viviendas Unifamiliares	150-250	Se aplica a lotes individuales con una sola vivienda,
Viviendas Multifamiliares	100-150	Se aplica si el plan de habilitación permite la construcción de edificios de departamentos.

Nota. Tomado de Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario por J. Jiménez, 2019.

2.3.3 Caudales de diseño

La demanda de agua no ocurre a una tasa constante. El diseño hidráulico del reservorio y las redes de conducción y distribución requiere el cálculo de caudales necesarios para cada

componente del sistema que representen las condiciones operacionales promedio y extremas.

- **Caudal promedio diario (Q_{prom}):** Es el caudal resultante de multiplicar la dotación por la población de diseño. Es la base del cálculo de la demanda.

$$Q_{prom} = \frac{P_{diseño} \times q}{86400} \text{ (L/s)}$$

- **Caudal máximo diario (Q_{md}):** Se utiliza para el dimensionamiento de la Línea de Conducción y el cálculo del Volumen de Regulación del reservorio. Representa el día con mayor consumo de agua en el año. Se obtiene aplicando un coeficiente de variación diaria ($K1$) al caudal promedio.

$$Q_{md} = Q_{prom} \times K1$$

- **Caudal máximo horario (Q_{mh}):** Se utiliza para el Diseño y Verificación Hidráulica de la Red de Distribución. Representa el instante de consumo pico en el día. Se obtiene aplicando un coeficiente de variación horaria ($K2$).

$$Q_{mh} = Q_{prom} \times K2$$

Los coeficientes de variación $K1$ Y $K2$ se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 11
Coeficientes de variación

Tipo de localidad	$K1$	$K2$	Condiciones típicas
Urbana	1.2-1.5	1.5-2.0	Servicio continuo
Semiurbana	1.3-1.6	1.8-2.2	Consumo variable
Rural	1.4-1.8	2.0-2.5	Servicio intermitente

Nota. Tomado de Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario por J. Jiménez, 2019.

La elección de estos coeficientes es fundamental, ya que un valor subestimado resultaría en presiones dinámicas insuficientes (<10 m.c.a.) en las horas pico, y un valor sobreestimado elevaría innecesariamente los costos de tuberías y almacenamiento.

2.3.4 Proyección de la demanda futura

La proyección de la demanda futura es el proceso técnico mediante el cual se estima la cantidad de agua requerida por la habilitación urbana al final del período de diseño (20 a 30 años), asegurando que la infraestructura dimensionada (reservorio, tuberías) sea suficiente durante toda su vida útil.

El crecimiento poblacional se calcula mediante fórmulas de proyección aritmética, geométrica o logística, dependiendo de los datos históricos y la tendencia de desarrollo urbano.

$$Pf = P0(1 + r)^t$$

- Pf : población futura
- $P0$: población actual
- r : tasa de crecimiento anual
- t : periodo de diseño (años)

Para Habilitaciones Urbanas, dado que el número de lotes es fijo, el crecimiento poblacional está limitado por la densidad máxima permitida. Por ello, el período de diseño no se basa en el crecimiento demográfico (como en una ciudad abierta), sino en la vida útil económica y funcional de los componentes y además de la tasa de crecimiento poblacional (MVCS, 2006):

- Tuberías de Distribución: Generalmente se diseñan para 20 años.
- Reservorio: Se diseñan para un período de hasta 50 años, aunque para el cálculo de la demanda se utiliza la proyección poblacional a 20 o 30 años.

2.4 Software de diseño y/o simulación

La elección de un programa de cómputo, para el diseño de redes de distribución depende del tamaño y la complejidad de la red a diseñar y del impacto que pueda tener en el costo total del proyecto. Dada la complejidad de los cálculos iterativos manuales (Método de Hardy-Cross), la ingeniería moderna recurre al uso de software especializado o modelos numéricos que garantizan la precisión, la eficiencia y la simulación de escenarios críticos. La simulación hidráulica es una herramienta que permite:

- Dimensionar Diámetros: Aplicar la fórmula de Hazen-Williams para calcular las pérdidas de carga en cada tramo y seleccionar el diámetro óptimo que cumpla con las presiones mínimas requeridas.
- Verificar Presiones y caudales: Simular las condiciones críticas de demanda para verificar que la presión dinámica no sea inferior a 10 m.c.a. y la presión estática no exceda los 50 m.c.a. en ningún punto de la red.

- **Evaluar Alternativas:** Probar diferentes tipologías de red, ubicaciones de válvulas o reservorios, o el efecto de fallas (roturas de tuberías) de manera virtual antes de la construcción.
- **Análisis de Período Extendido:** Es crucial para simular el comportamiento de los niveles del reservorio y las presiones de la red a lo largo de un ciclo de 24 horas, reflejando las variaciones de consumo que se definieron con los coeficientes K1 y K2.

2.5 Impacto ambiental

La ejecución de cualquier obra de infraestructura de saneamiento, aunque fundamental para el bienestar humano, conlleva una interacción con el medio ambiente que debe ser gestionada y evaluada. Este análisis se enmarca en la teoría de la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA), definida como un instrumento de gestión que busca identificar, predecir, interpretar y prevenir los efectos que una determinada acción, como la construcción de un sistema de agua potable, puede causar en el ecosistema y la sociedad (Ley N° 27446).

En el contexto peruano, el proyecto se rige por la Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA). La primera consideración teórica es la categorización del proyecto:

- **Categoría I (Declaración de Impacto Ambiental - DIA):** Proyectos de bajo impacto ambiental.
- **Categoría II (Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado - EIA-sd):** Proyectos de impacto moderado.
- **Categoría III (Estudio de Impacto Ambiental Detallado - EIA-d):** Proyectos de alto impacto.

Para una habilitación urbana y la extensión de redes de distribución, el proyecto generalmente se clasifica como de Categoría I (DIA), ya que la fuente de agua ya está tratada y la intervención principal es en la vía pública para la instalación de tuberías. No obstante, el marco teórico debe justificar que, independientemente de la categoría, la gestión ambiental es obligatoria.

2.5.1 Impactos potenciales

El impacto de un proyecto de agua potable se analiza las fases de construcción y operación. Los impactos dentro de las fases del sistema son, mayoritariamente, positivos y constituyen la justificación social del proyecto.

- **Impacto positivo principal** relacionado directamente a la salud pública. El acceso a agua potable segura y constante reduce drásticamente las

enfermedades de origen hídrico (diarreas, parasitosis, cólera), mejorando directamente la salud pública y la calidad de vida de los habitantes.

- Un saneamiento básico fomenta la higiene personal y doméstica, aumentando el nivel de salubridad de la urbanización.
- Un impacto negativo constituiría fugas no controladas en la red pueden incrementar la saturación del suelo y contaminar la capa freática superficial, aunque esto se mitiga con el mantenimiento y la elección de tuberías de alta calidad.

2.5.2 Principios de sostenibilidad

El diseño del sistema de agua potable debe adoptar los principios de sostenibilidad para minimizar su huella ecológica.

- Se busca eficiencia hídrica producto de la elección de diámetros económicos y materiales de bajo coeficiente de rugosidad (ej. PVC), el cual busca minimizar las pérdidas de carga y las fugas, optimizando la presión y reduciendo el consumo energético por bombeo en caso se requiera.
- Se busca una gestión de pérdidas en el diseño de la red en malla cerrada y la sectorización mediante válvulas, facilitando la detección y control rápido de fugas, minimizando el agua no facturada.
- Se promueve un uso de energía responsable, en caso de requerirse una estación de bombeo, se debe promover la selección de equipos con alta eficiencia energética (motores ie3 o ie4) para reducir el consumo de electricidad y la emisión indirecta de gases de efecto invernadero.

El marco teórico del impacto ambiental justifica que el proyecto no solo cumple con los requisitos hidráulicos, sino que se integra de manera responsable al entorno, maximizando los beneficios sociales (salud) y minimizando los daños ambientales.

Capítulo 3

Diseño del sistema de agua potable

El presente capítulo abarca el desarrollo del diseño y cálculo del sistema de abastecimiento de agua potable de la urbanización Loma Alta condominio club, asegurando la dotación, calidad y presión adecuadas para la población de diseño, fundamentado en los criterios técnicos establecidos por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), que regulan las etapas de conexión, conducción, almacenamiento y distribución de agua para consumo humano.

Se consideraron los estudios básicos del proyecto, los cuales comprenden el levantamiento topográfico y la información de la fuente o punto de conexión, obtenida de la empresa prestadora de servicios, a fin de garantizar la disponibilidad, calidad y continuidad del suministro de agua que alimentará al sistema, necesario para definir las cotas del terreno y las pendientes hidráulicas. El diseño hidráulico se desarrolla siguiendo los criterios de diseño como la dotación, la población de diseño y los coeficientes de variación de consumo (K1 y K2). Se empleará la ecuación de Hazen-Williams para los cálculos hidráulicos, los cuales determinarán los diámetros óptimos de la tubería, las pérdidas de carga, velocidades, y la verificación de las presiones en los puntos críticos de la red, corroborando el adecuado funcionamiento del sistema mediante la simulación hidráulica a través del software Epanet.

Para la conducción y distribución del agua se ha optado por el uso de tuberías de PVC, debido a su alta resistencia a la corrosión, facilidad de instalación y bajo costo de mantenimiento, características fundamentales para sistemas de agua potable en zonas urbanas.

3.1 Información básica

Se realizó una inspección técnica del sistema de abastecimiento y distribución de agua potable en el condominio “Loma Alta Condominio Club” con el objetivo de recoger información precisa sobre la infraestructura proyectada. Se identificaron tuberías, conexiones domiciliarias, válvulas, hidrantes y la estación de almacenamiento. También se recogieron datos del consumo de la población proyectada sobre el proyecto.

En el marco del presente trabajo, se realizó la modelación hidráulica de la red de agua potable de la urbanización “Loma Alta Condominio Club”, empleando el software especializado Epanet. Este proceso requirió de la incorporación de diversos datos al modelo, tales como el trazado de la red, la topografía del terreno, los consumos de los lotes y el patrón general de consumo, los cuales fueron determinados a partir de una previa recolección de información. Asimismo, se incluyeron los consumos correspondientes a las diferentes áreas comunes del proyecto. De la misma forma, se definieron las características hidráulicas y físicas de los diferentes componentes del sistema, incluyendo tuberías, tanques, reservorios e hidrantes. Luego, se desarrollaron distintos escenarios de simulación con el objetivo de

evaluar el desempeño de la red tanto en condiciones normales de operación como en situaciones críticas, tales como eventos de incendio.

3.1.1 Estudio de topografía

El objetivo principal del estudio topográfico es obtener planos reales y actualizados, que presenten la orografía del terreno y todos los componentes que se encuentren en la zona del proyecto, ello permite conocer la elevación (cota) de los puntos más relevantes e importantes que sirven para el diseño de la red de agua potable. Con los datos topográficos recopilados se realizó el diseño hidráulico, teniendo en cuenta aspectos técnicos, sociales, económicos y ambientales. Se pudo visualizar: longitudes y cotas del eje principal, el área de influencia por donde se instala la tubería y los accesorios necesarios para el funcionamiento de la red.; además, ayuda a la sectorización de la red de distribución.

El punto de abastecimiento a la red se realizó mediante un empalme ya ubicado a 1.38km aproximadamente del lugar. La cota de la vivienda de mayor elevación se encuentra ubicada dentro de la manzana O, el cual cuenta con un valor aproximado de 38.79 metros y además pertenece a la calle "Loma Verde". En la Tabla 12 detallo las cotas de la vivienda de mayor elevación por manzanas y la longitud de tubería matriz que se ha trazado en el plano por calles.

Tabla 12
Cuadro de elevaciones por manzanas

Cuadro de elevaciones		
Manzana	N° de lotes	Elevación aproximada (msnm)
A	4	34.00
B	11	31.50
C	3	31.00
O	10	38.79
Q	15	35.50
R	2	33.00
S	2	32.50
Ñ	11	35.50
N	12	35.50
H	11	34.00
M	14	34.00
G	10	33.00
F	9	32.50
L	9	35.00
J	18	34.00
K	12	33.00
E	14	31.50

Cuadro de elevaciones		
Manzana	N° de lotes	Elevación aproximada (msnm)
D	11	30.50
I	14	32.50
CH	12	31.00

3.1.2 Estudio de la fuente

El diseño del sistema de distribución se establece a partir de un punto de empalme o conexión con una línea matriz existente, el cual fue previamente definido y autorizado por la Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento (EPS Grau).

El sistema proveniente de la planta de Curumuy nos indica- que la calidad del agua entregada en el empalme cumple con los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos establecidos en la normativa vigente. De esta manera, el diseño del sistema de distribución interno de la urbanización se limita a aspectos hidráulicos y no requiere unidades adicionales de tratamiento, considerando únicamente las instalaciones de almacenamiento.

Con el fin de caracterizar adecuadamente las condiciones hidráulicas de la fuente, se realizó una medición in situ de la presión dinámica en el punto de empalme, utilizando un manómetro de glicerina calibrado y montado sobre un adaptador de prueba tal como se puede apreciar en la Figura 15.

Figura 15

Procedimiento de medición in situ de presión



La Figura 16 nos muestra los resultados de la medición, indicando una presión disponible de aproximadamente 20 psi o 14 m.c.a. en el punto de empalme o conexión. Asimismo, el punto monitoreado se encuentra a una elevación aproximada de 40.50 m s.n.m., condición que permite establecer la carga piezométrica inicial del sistema de abastecimiento para el diseño de la línea de conducción.

Figura 16

Procedimiento de medición in situ de presión



3.2 Parámetros de diseño

Los parámetros de diseño constituyen la base técnica para el dimensionamiento del sistema de abastecimiento de agua potable, permitiendo establecer las condiciones bajo las cuales funcionará la red proyectada acorde con los lineamientos del Reglamento Nacional de Edificaciones.

3.2.1 Población de diseño

El diseño del sistema de agua potable debe adoptar una población para la cual se diseñará las demandas necesarias de agua. La urbanización Loma Alta consta de 201 lotes, además de áreas destinadas a uso comercial, educativo y áreas verdes como lo indica la normativa para las habilitaciones urbanas.

Según el estudio tarifario de SUNASS 2022-2027 de la EPS GRAU S.A. indica una densidad poblacional de 4.31 habitantes/vivienda; por otro lado, la norma E.060 nos indica una densidad de por lo menos 6 habitantes/vivienda al tratarse de nuevas habilitaciones urbanas. Se considerará una densidad de 6 habitantes/vivienda y se obtuvieron los siguientes resultados mostrados en la Tabla 13.

Tabla 13*Población actual del área de estudio*

Descripción	N° lotes	Densidad Poblacional (hab/viv)	Población de diseño (hab)
LOMA ALTA I ETAPA	102	6	612
LOMA ALTA II ETAPA	99	6	594
TOTAL	201		1206

3.2.2 Periodo de diseño

El periodo de diseño para los componentes del sistema de agua potable recomendados se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14*Periodos de diseño del sistema de agua potable*

Componente del sistema de agua potable	Periodo de diseño (años)
Obras de captación	20
Línea de conducción	20
Reservorio	20
Redes de distribución	20

Nota. Datos extraídos del RNE.

3.2.3 Dotaciones

Representa el volumen de agua que se asigna a cada habitante por día para satisfacer sus necesidades básicas de consumo y servicios. En ausencia de un estudio de consumo específico, la Tabla 15 establece valores guía para la dotación en sistemas con conexiones domiciliarias:

Tabla 15*Dotaciones según región*

Región	Dotación (l/hab/d)
Zonas de clima frío	180
Zonas de clima templado y cálido	220

En el presente estudio se considerará una dotación de 220 l/hab/d debido a que la zona del proyecto se encuentra dentro de una región con características de clima cálido como lo es la ciudad de Piura.

3.2.4 Demanda de consumo

Se realizará el análisis y cálculo para obtener los caudales de diseño, ya que a partir de estos valores se calculará el dimensionamiento de los componentes del sistema de agua potable, el cual dichos valores representan las condiciones de consumo a las que el sistema estará sometido.

El cálculo de los caudales de diseño parte del caudal promedio diario anual (Q_m) que corresponde al volumen de agua consumido por la población de diseño multiplicado por la dotación definida en condiciones normales de demanda, dividido entre el tiempo total del día, esta se puede representar en litros por segundo (l/s).

Asimismo, se definirá el consumo máximo horario (Q_{mh}) y el consumo máximo diario (Q_{md}) a partir de las fórmulas:

$$Q_{prom} = \frac{P_{diseño} \times q}{86400} \text{ (L/s)}$$

$$Q_{md} = Q_{prom} \times K1$$

$$Q_{mh} = Q_{prom} \times K2$$

Se considerará los valores de 1.30 y 1.80 para k_1 y k_2 respectivamente según lo indicado en el acápite 2.3. En la Tabla 16 se presenta los caudales de diseño, mostrando las demandas futuras a satisfacer en la urbanización.

Tabla 16*Caudales de diseño*

Descripción	N° lotes	Población de diseño (hab)	Dotación (l/hab/d)	Caudal promedio (l/s)	Caudal máximo diario (l/s)	Caudal máximo horario (l/s)
LOMA ALTA I ETAPA	102	612	220	1.558	2.026	2.805
LOMA ALTA II ETAPA	99	594	220	1.513	1.966	2.723
EDUCACION		217.1	50	0.126	0.163	0.226
TOTAL	201	1020	-	3.196	4.155	5.754

Se obtuvo un caudal máximo horario de 5.754 litros/segundo.

3.3 Diseño de línea de conducción

Para la instalación de la línea de conducción se proyecta el uso de tuberías de PVC, con $C=150$ (coeficiente de Hazen- Williams correspondiente a tuberías PVC). Los diámetros, longitudes y la clase de la tubería serán definidos mediante cálculos hidráulicos considerando los límites de velocidad y presión establecidos anteriormente; y para la ubicación de los accesorios tales como válvulas.

La cámara de empalme se encuentra a una elevación de 40.50 m.s.n.m y se ha proyectado un reservorio elevado a 55 m.s.n.m, y la longitud entre estos dos componentes es de 1380m aproximadamente; restando aritméticamente los valores de altitud se tiene que la carga disponible es de 14.50m en nivel estático.

3.3.1 Análisis de reservorio elevado

Para determinar si la presión de la red es suficiente para llenar el Tanque Elevado directamente, comparamos la energía máxima disponible en el punto de empalme con la energía mínima requerida en el punto de llegada.

Asumimos un valor de presión mínima requerida en la entrada del tanque para garantizar un llenado adecuado de 2 m.c.a. Calculamos la línea piezométrica (HGL):

- Punto de empalme:
 - Cota de terreno= 40.50 msnm.
 - Presión en el empalme= 14 m.c.a.
- Tanque elevado:

Cota de tanque= 55.00 msnm.

Presión mínima requerida= 2 m.c.a.

$$HGL_{requerida} = Z_{tanque} + P_{req} = 55.00m + 2.00m$$

$$HGL_{requerida} = 57m. s. n. m.$$

$$HGL_{disponible} = Z_{empalme} + P_{empalme} = 40.50m + 14m$$

$$HGL_{requerida} = 54.50 m. s. n. m.$$

Comparamos la energía requerida con la energía disponible:

$$54.50 m. s. n. m. \leq 57 m. s. n. m.$$

Trabajando el sistema sin pérdidas por fricción, el agua no alcanzaría la altura de llenado del tanque elevado. Por lo tanto, no se puede llenar el tanque elevado por presión directa, por lo que se trabajará con una cisterna + bombeo al tanque elevado.

3.3.2 Diseño de la tubería de conducción

Se diseñará el tramo desde el empalme hasta la cisterna, que se proyectará en la cota 37.50 msnm a la misma distancia en la que se encuentra el tanque elevado del punto de empalme. Se considera igualmente una presión mínima requerida de llegada de 2 m.c.a y un tiempo de llenado de 4 horas de la cisterna considerado un tiempo óptimo.

- Datos de la cisterna:
Cota de la cisterna= 37.50 msnm.
Longitud del tramo= 1380 m
Presión mínima requerida= 2 m.c.a.
- Punto de empalme:
Cota de terreno= 40.50 msnm.
Presión en el empalme= 14 m.c.a.

La pérdida de carga unitaria (S) o a lo largo del tramo, que representa la pendiente hidráulica máxima que debe tener la tubería, se calcula a través de la siguiente expresión:

$$S = \frac{\Delta H}{L} = \frac{54.50 - 39.50}{1380} = 0.010870m/m \approx 10.90m/km$$

El diámetro de la tubería de la línea de conducción se calcula a través de la fórmula de Hazen-Williams con un valor C=150 (para PVC):

$$Q = 0.000426xCx\phi^{2.63}xS^{0.54}$$

Según los datos de la Tabla 16 tenemos un caudal máximo diario de 4.155 l/s, por lo que significa que diariamente se demanda un consumo de 360m³. Para un tiempo de llenado

de 4 horas, obtenemos un caudal de 25 l/s. Reemplazamos los valores y obtenemos un valor de:

$$25 = 0.000426 \times 150 \times \emptyset^{2.63} \times 10.90^{0.54}$$

$$\emptyset = 5.93 \text{ pulgadas}$$

El diámetro nominal comercial más cercano es de 6 pulgadas. Obtenemos una verificación de la velocidad de flujo:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.025 \text{ m}^3/\text{s}}{0.0186 \text{ m}^2} = 1.34 \text{ m/s}$$

$$0.6 \leq 1.34 \leq 3$$

La velocidad para la tubería seleccionada se encuentra dentro del rango establecido por el RNE.

Para la seguridad y el correcto funcionamiento hidráulico de la línea de conducción de 1380 metros de longitud, es imprescindible la proyección de accesorios que permitan el control del aire y el drenaje del sistema, considerándose válvulas de aire (ventosas) y válvulas de purga. Su dimensionamiento se realizó siguiendo los criterios teóricos explicados en capítulos previos.

Dado que la línea de conducción proyectada utiliza una tubería PVC de 6" (equivalente a 152.4 mm), se tienen los siguientes diámetros recomendados:

$$\emptyset_{\text{ventosa}} = \frac{6}{8} = 3/4''$$

$$\emptyset_{\text{purga}} = \frac{6}{6} = 1''$$

Considerando la disponibilidad comercial, se estandariza el uso de ventosas y válvula de purga de 1".

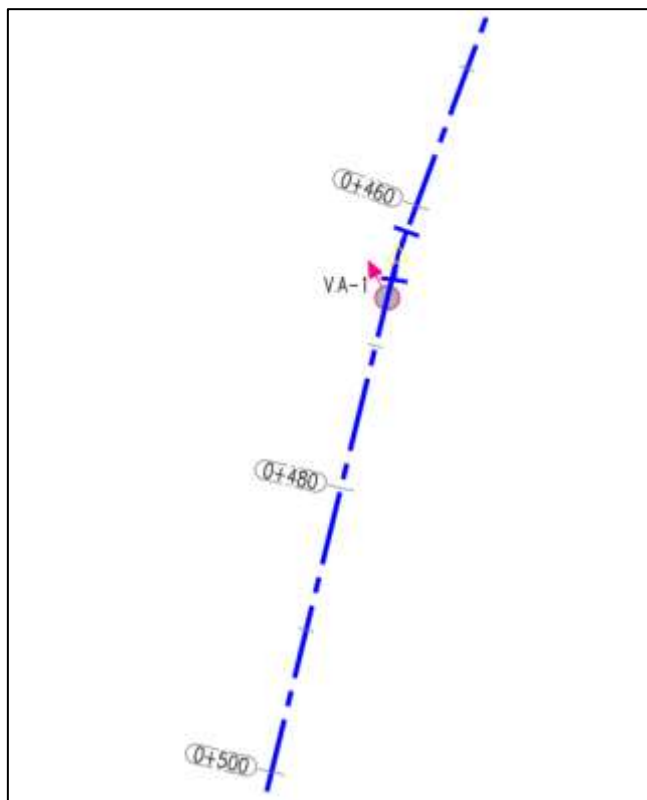
En función de su topografía, se han determinado los puntos adecuados para la instalación de estos accesorios:

- Dos (02) válvulas de aire o ventosas, ubicadas en los puntos altos del perfil longitudinal, donde es más probable la acumulación de bolsas de aire. Estas ubicaciones se dan aproximadamente en la progresiva 0+464.00 y 0+720 del perfil de la línea.
- Una (01) válvula de purga, ubicada en el punto más bajo de la línea permitiendo el drenaje de la tubería. Su proyección se encuentra ubicada en la progresiva 1+280 de la línea.

En las Figuras 18 y 19, se muestra la ubicación proyectada de las ventosas a lo largo del perfil longitudinal de la conducción. Asimismo, en la Figura 20, se presenta la ubicación de la válvula de purga en el punto bajo del tramo.

Figura 17

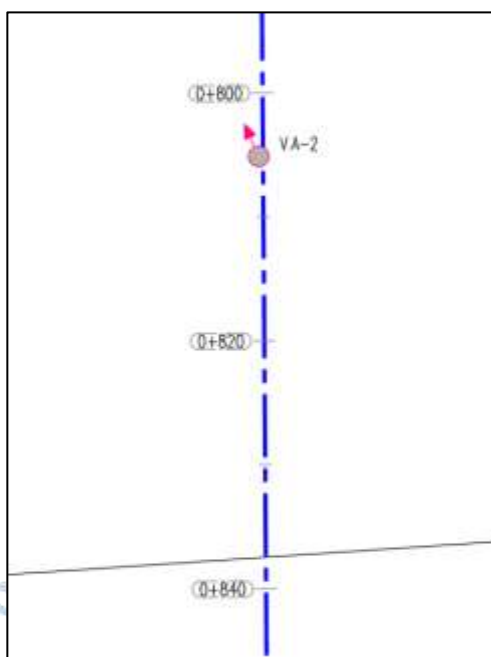
Ventosa 1 en vista de planta de perfil longitudinal



Nota. Extraído de perfil topográfico de línea de conducción.

Figura 18

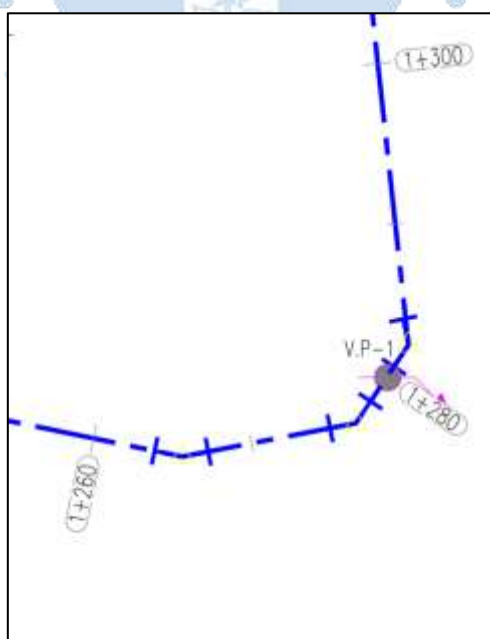
Ventosa 2 en vista de planta de perfil longitudinal



Nota. Extraído de perfil topográfico de línea de conducción.

Figura 19

Válvula de purga en vista de planta de perfil longitudinal



Nota. Extraído de perfil topográfico de línea de conducción.

3.4 Diseño del reservorio elevado

La Tabla 16 nos muestra una demanda diaria anual de 3.196 litros/segundo y una demanda máxima diaria de 4.155 l/s para la urbanización. Se usan las ecuaciones del acápite 2.2.3 para obtener el volumen de almacenamiento:

- El volumen para un caudal máximo diario:

$$V_{diario} = Q_{prom} \times 86400s/día$$

$$V_{diario} = 4.155 \frac{l}{s} \times 86400 \frac{s}{día} = 358992 \text{ litros/día}$$

$$V_{diario} = 360 \text{ m}^3/día$$

- Determinación del volumen de regulación (Vreg):

$$V_{regulación} = 25\% V_{diario} \left(\frac{m^3}{día} \right)$$

$$V_{regulación} = 25\% \times 360$$

$$V_{regulación} = 90 \text{ m}^3$$

- Se considera un volumen de incendio de:

$$V_{incendio} = 50 \text{ m}^3$$

- Se considera un volumen de reserva del 25% del volumen total del reservorio, para el cual, considerando las respectivas equivalencias, se obtiene:

$$V_{reserva} = 50 \text{ m}^3$$

$$V_{total} = 90 + 50 + 50 = 190 \text{ m}^3$$

$$V_{diseño} = 200 \text{ m}^3$$

Se considerará volumen de 200 m³ para el diseño. De acuerdo a la topografía de la zona se proyectará un reservorio elevado para poder aprovechar la presión de agua constante y poder llevar agua a los puntos más desfavorables en la red de distribución. El tanque operará desde un nivel mínimo hasta la altura total de llenado.

3.4.1 Dimensionamiento

Para la capacidad de diseño de 200 m³, se proyectará una estructura circular. Asumiendo una altura útil del agua de 5m, tenemos los siguientes datos:

- Volumen de diseño: 200 m³
- Altura útil de agua asumida: 5m

Tomando el volumen de la estructura como un cilindro, se obtiene el diámetro de la ecuación:

$$V = \frac{\pi x D^2}{4} x H$$

- V: volumen de diseño (m³)
- D: diámetro interno del tanque (m)
- H: altura útil de agua (m)

Reemplazando los datos se obtiene:

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi \cdot H}} = \sqrt{\frac{4(200)}{\pi \cdot (5)}} = 7.1m$$

Se obtiene un diámetro estandarizado de 7.00m. Se adopta un reservorio elevado cilíndrico de concreto armado con diámetro interior de 7.00 m y altura útil de 5.00 m, obteniéndose un volumen aproximado de 200 m³, suficiente para cubrir el volumen de regulación, incendio y reserva establecido en el diseño.

3.4.2 Nivel mínimo de operación

Representará la altura del agua dentro del reservorio que separa el volumen de uso diario (volumen de regulación) de los volúmenes de reserva que deben mantenerse en todo momento.

El volumen mínimo de operación está representado por el volumen de incendio y el de emergencia o reserva:

$$V_{inc} + V_{reserva} = 50m^3 + 50m^3 = 90m^3$$

Con los datos obtenidos en el dimensionamiento, la altura que ocupan los 100m³ se obtiene con la siguiente expresión:

$$h_{niv. min.} = \frac{V_{calculado}}{Area\ de\ la\ base}$$

$$h_{niv. min.} = \frac{100m^3}{\frac{\pi x 6.40^2}{4}} = 3.10m$$

El nivel mínimo de operación del tanque elevado se establece en 3.10m desde la base de la estructura de almacenamiento. Por debajo de esa altura, se considera que solo queda agua para incendio más emergencia, y las bombas no deberían seguir entregando agua a la red de forma normal.

3.4.3 Datos básicos de diseño

Se colocará además al diseño del reservorio un rebose, siendo una tubería de desagüe colocada sobre el nivel máximo de agua para evitar que el caudal sobrepase la capacidad de diseño ante cualquier situación. El nivel de la altura útil de agua se coloca a 20cm por debajo

de la losa de techo del reservorio, siendo este el nivel del borde inferior de la tubería de rebose. Los datos del diseño y dimensionamiento del tanque elevado se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17
Datos de diseño

Parámetro	Unidad	Valor
Volumen de diseño	m ³	200
Diámetro interior (D)	m	7.00
Altura útil de agua (h)	m	5.00
Altura libre (ha)	m	0.20
Altura total interna (ht = h + ha)	m	5.20
Diámetro de rebose	pulg	4
Diámetro de salida	mm	110
Diámetro de ingreso	pulg	4
Distancia vertical entre rebose y techo de reservorio	m	0.10

3.5 Diseño de cisterna y sistema de bombeo

Se adopta una capacidad de cisterna igual al 1/3 del volumen de capacidad de demanda diaria, equivalente a 120 m³. El dimensionamiento se realizó considerando una cisterna de planta rectangular, utilizando la expresión general:

$$V = L \cdot B \cdot H$$

- V: volumen de cisterna (m³)
- L: largo interior (m)
- B: ancho interior (m)
- H: altura útil de agua (m)

Con el fin de lograr una estructura estandarizada, se adopta una altura de agua de 4.00 m, obteniéndose para el volumen requerido un área de:

$$L \cdot B = \frac{120}{4.00} = 30m^2$$

De acuerdo con el área calculada, se seleccionan dimensiones interiores de 6.00 m de largo, 5.00 m de ancho y 4.00 m de altura de agua, logrando un volumen útil de 120m³. Adicionalmente, se considera un nivel mínimo de operación de 0.50 m por encima del fondo de la cisterna.

3.5.1 Sistema de bombeo

La capacidad de la cisterna de 120m³, proyectando un llenado en 2 horas se obtiene el siguiente caudal:

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{120m^3}{2h \times 3600s} = 0.01667 \frac{m^3}{s} = 16.67 L/s$$

Se obtiene un caudal de 0.01667 m³/s o 16.67 l/s. Usamos la fórmula del diámetro económico de Bresse para un bombeo discontinuo, y calcular las tuberías de impulsión de la bomba hacia el tanque elevado que relaciona el caudal con el diámetro:

$$D = 1.3x\left(\frac{N}{24}\right)^{0.25}\sqrt{Q} = 1.3x\left(\frac{6}{24}\right)^{0.25}\sqrt{0.01667} = 0.118m \text{ o } 118mm.$$

Se selecciona trabajar con un diámetro de 4 pulgadas para la tubería de impulsión. La potencia de la bomba a trabajar está dada por la siguiente expresión:

$$P = \frac{p \cdot g \cdot Q \cdot H}{n}$$

- P: potencia (W)
- p : peso específico del agua igual a 1000kg/m³
- g : 9.81 m/s² (m)
- Q: caudal m³/s
- H : Altura total
- n : rendimiento/eficiencia de la bomba (0.6-0.7).

La altura total (H) corresponde a la sumatoria de la altura estática, que es la diferencia de cotas de operación, más las pérdidas de carga a lo largo de la tubería y accesorios.

- Altura estática: la altura estática es la diferencia entre los niveles de agua más desfavorables:

$$Z_{\text{nivel tanque}} - Z_{\text{nivel cisterna}} = 57.80 - 35 = 22.80m$$

- Pérdidas de carga: Para la impulsión de aproximadamente 25m considerando las distancias que deben entrar al reservorio, y un incremento de la distancia en un 20% para incluir las pérdidas por accesorios, y el diámetro obtenido de 4 pulgadas, usando la ecuación de Hazen-Williams se obtiene una pérdida de 1.05m. Se considera 1m adicional por las presiones de salida.

Tomando la sumatoria de altura estática más las pérdidas, obtenemos:

$$H_{\text{total}} = 22.80 + 1 + 1 = 24.80m \approx 25m$$

Reemplazamos los valores obtenidos en la ecuación de potencia, seleccionando una eficiencia de 0.7:

$$P = \frac{1000 \times 9.81 \times 0.01667 \times 25}{0.7} = 5.84 \text{KW}$$

Convertimos los KW a HP dividiendo el valor entre 0.746

$$P = \frac{5.84}{0.746} = 7.83 \text{HP} \approx 8\text{HP}$$

La bomba en operación para llevar el agua de la cisterna hacia el tanque elevado sería de 8HP con un caudal nominal aproximado de 17l/s y una altura manométrica de diseño de 25m.

3.6 Diseño de redes de distribución

El diseño de las redes de distribución del sistema de agua potable debe tener una capacidad que soporte el caudal máximo horario (Q_{mh}) el cual será la demanda máxima que fluirá por las tuberías de la red en la urbanización.

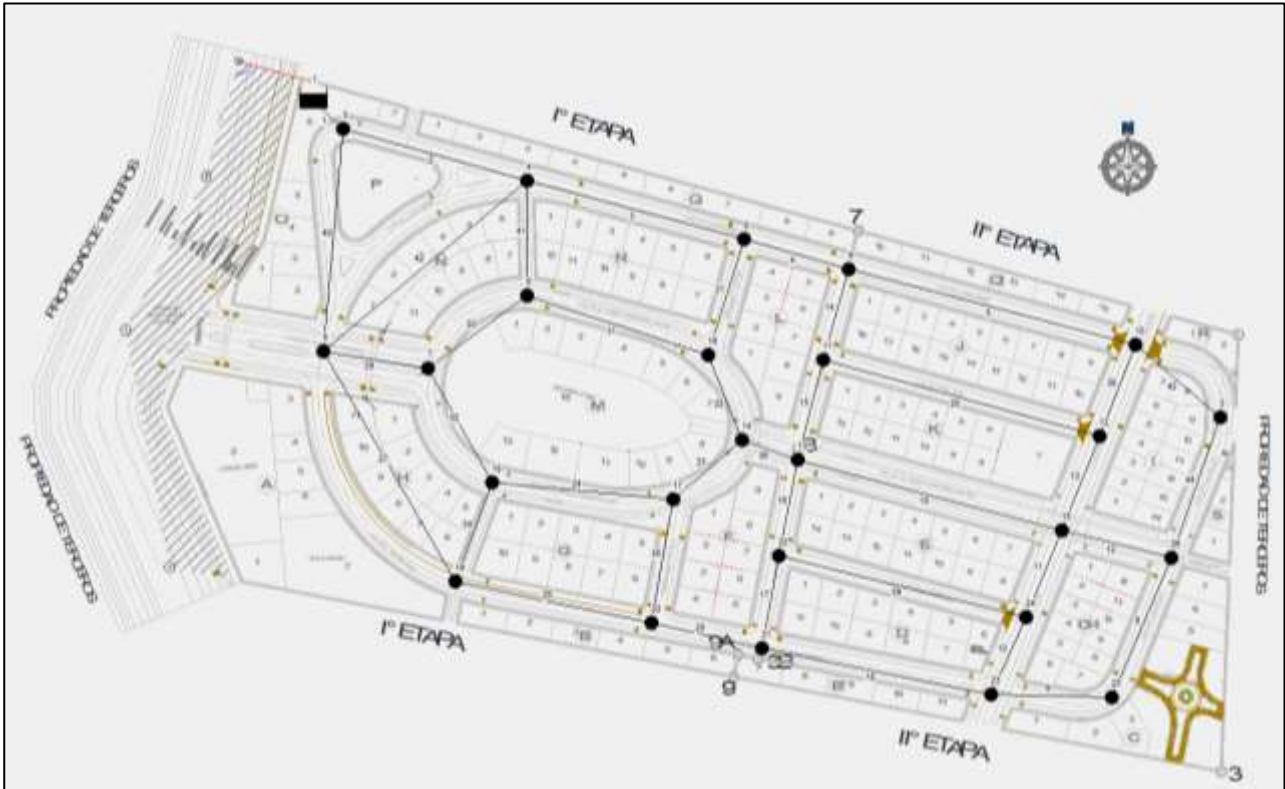
Según la Tabla 16 el caudal de diseño obtenido es de 5.754 l/s el cual se repartirá a lo largo de la red. Para el diseño hidráulico se hará la simulación a través del programa Epanet, para el cual estableceremos primeramente una cierta cantidad de nodos distribuidos a lo largo de la proyección de la red en el plano del terreno lotizado, que representan la unión de los diferentes tramos de las tuberías a la cual están conectados los lotes de la urbanización, en el cual cada nodo estará representado por una dotación, obtenida del caudal por metro lineal, y una cota de elevación, datos que fueron obtenidos en las cotas de las calles presentadas en la Tabla 12 Los nodos deberán ser unidos a través de líneas en el programa que representan las tuberías y sus respectivas longitudes, datos que deben ser ingresados tomando en cuenta la topografía del terreno.

Para poder realizar la simulación hidráulica se debe colocar un reservorio que será quien alimente la red de distribución, cuyos datos a ingresar será únicamente la cota de elevación, para el cual ingresaremos una cota referencial de 10m sobre el punto más alto del sistema y poder realizar la simulación y las iteraciones necesarias para obtener la cota final deseada del reservorio.

La distribución de nodos, tuberías y la ubicación del reservorio se detalla en la Figura 20.

Figura 20

Distribución de caudales en un circuito de malla



Procedemos a colocar los datos en el software, que son obligatorios por el programa para poder realizar la simulación hidráulica, representados por los siguientes datos:

- Para las tuberías proyectadas sobre el plano que unen los nodos, se tienen las siguientes longitudes según los planos de lotización y distribución:

Tabla 18

Longitudes de tramos de tubería proyectada

Tramo	Longitud (m)
Tramo 2	76
Tramo 3	88
Tramo 4	42
Tramo 5	116
Tramo 8	59
Tramo 9	50
Tramo 10	30
Tramo 11	39
Tramo 12	46.45
Tramo 14	37.34

Tramo	Longitud (m)
Tramo 15	38
Tramo 16	40
Tramo 17	35.67
Tramo 18	93
Tramo 19	108
Tramo 20	111
Tramo 21	50
Tramo 22	33.90
Tramo 23	35.74
Tramo 24	70.1
Tramo 25	42
Tramo 26	78.71
Tramo 27	101.75
Tramo 29	42
Tramo 30	48.80
Tramo 31	73.88
Tramo 32	53.41
Tramo 34	41
Tramo 35	49.60
Tramo 36	21.05
Tramo 13	40
Tramo 38	38.20
Tramo 39	98
Tramo 40	84.88
Tramo 41	45.75
Tramo 42	103
Tramo 43	40
Tramo 44	59
Total (m)	2260.23

- Para los nodos proyectados sobre el plano, se debe ingresar el caudal que ingresa a cada nodo, el cual será resultado de la división del caudal de diseño sobre la longitud total de la red para obtener el caudal por metro:

$$\text{Caudal por metro lineal} = \frac{Qmh}{\text{Longitud}} \left(\frac{L}{s} \times \text{metro} \right)$$

$$\text{Caudal por metro lineal} = \frac{5.754}{2260.23} \left(\frac{L}{s} \times \text{metro} \right)$$

$$\text{Caudal por metro lineal} = 2.546 \times 10^{-3} (\text{l/s/m})$$

Ingresamos la demanda según la longitud respectiva de cada tubería proyectada que llega hacia cada nodo siguiendo el sentido del flujo que hemos establecido. El sentido del caudal que se ha establecido en las tuberías proyectadas se visualiza en la Figura 21 y el caudal de cada tramo se muestra en la Tabla 18.

Figura 21

Sentido del flujo establecido en la red

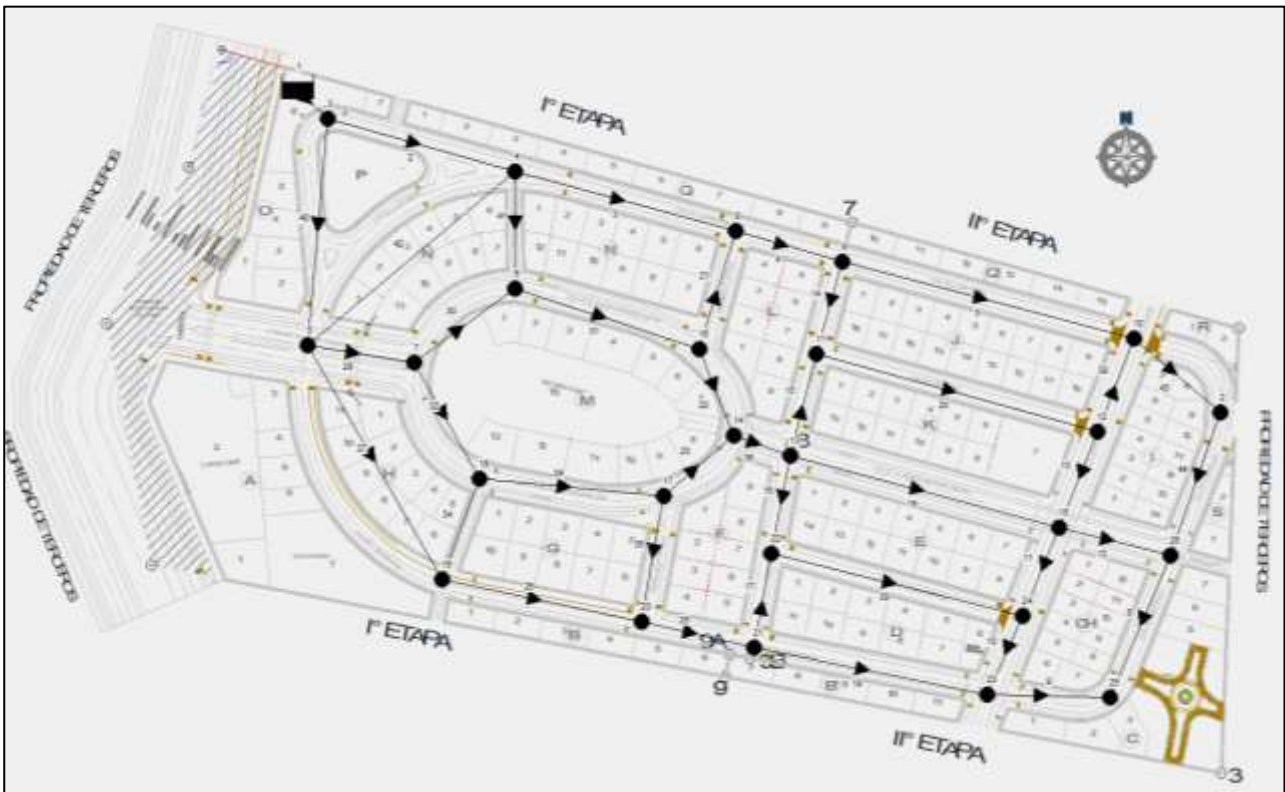


Tabla 19

Caudal por tramo de la red de distribución

Tramo	Longitud (m)	Caudal unitario (l/s/m)	Caudal por tramo (l/s)
Tramo 2	76.00	0.002546	0.193
Tramo 3	88.00	0.002546	0.224
Tramo 4	42.00	0.002546	0.107
Tramo 5	116.00	0.002546	0.295
Tramo 8	59.00	0.002546	0.102

Tramo	Longitud (m)	Caudal unitario (l/s/m)	Caudal por tramo (l/s)
Tramo 9	50.00	0.002546	0.150
Tramo 10	30.00	0.002546	0.150
Tramo 11	39.00	0.002546	0.127
Tramo 12	46.45	0.002546	0.237
Tramo 14	37.34	0.002546	0.107
Tramo 15	38.00	0.002546	0.200
Tramo 16	40.00	0.002546	0.259
Tramo 17	35.67	0.002546	0.216
Tramo 18	93.00	0.002546	0.262
Tramo 19	108.00	0.002546	0.116
Tramo 20	111.00	0.002546	0.124
Tramo 21	50.00	0.002546	0.107
Tramo 22	33.90	0.002546	0.136
Tramo 23	35.74	0.002546	0.178
Tramo 24	70.10	0.002546	0.091
Tramo 25	42.00	0.002546	0.086
Tramo 26	78.71	0.002546	0.188
Tramo 27	101.75	0.002546	0.127
Tramo 29	42.00	0.002546	0.054
Tramo 30	48.80	0.002546	0.104
Tramo 31	73.88	0.002546	0.126
Tramo 32	53.41	0.002546	0.095
Tramo 34	41.00	0.002546	0.283
Tramo 35	49.60	0.002546	0.097
Tramo 36	21.05	0.002546	0.275
Tramo 13	40.00	0.002546	0.118
Tramo 38	38.20	0.002546	0.102
Tramo 39	98.00	0.002546	0.249
Tramo 40	84.88	0.002546	0.091
Tramo 41	45.75	0.002546	0.097
Tramo 42	103.00	0.002546	0.102
Tramo 43	40.00	0.002546	0.099
Tramo 44	59.00	0.002546	0.076
Total (m)	2260.23		5.754

La Tabla 20 muestra los valores de demanda de consumo de agua ingresados a cada nodo según las longitudes de la tubería que ingresan en cada uno y sus respectivas cotas.

Se consideró además una demanda de incendios de 6.5 l/s para el punto más desfavorable o más alejado de la red, teniendo un tiempo de vaciado de 2 horas aproximadamente para el volumen considerado de 50m³ para incendios, considerando que la red debe transportar el caudal máximo horario y un caudal contra incendios.

Tabla 20

Cotas y demanda de nodos

N° NODO	Elevación (m)	Demanda (l/s)
NODO 3	36.06	0
NODO 4	34.40	0.193
NODO 5	34.00	0.475
NODO 6	33.90	0.241
NODO 7	33.00	0.243
NODO 8	34.31	0.224
NODO 9	34.07	0.107
NODO 10	32.03	0.393
NODO 11	33.74	0.095
NODO 12	31.49	0.283
NODO 13	32.40	0.150
NODO 14	32.67	0.086
NODO 15	31.08	0.377
NODO 16	33.36	0.315
NODO 17	31.68	0.091
NODO 18	32.15	0.178
NODO 19	31.63	0.305
NODO 20	30.72	0.233
NODO 21	30.04	0.091
NODO 22	30.93	0.102
NODO 23	29.02	0.364
NODO 24	29.35	0.326
NODO 25	30.53	6.650
NODO 26	30.94	0.268
NODO 2	31.30	0.102
Reservorio	55.00	-

Con los datos ingresados en cada nodo y la altura del reservorio se realizó la simulación hidráulica de la red para obtener el cálculo de presiones, pérdidas de carga, velocidades y caudales finales en la red. Los variables de diseño a considerar en los datos del proyecto en el software son:

- Formula de pérdidas de carga: Se usará Hazen-Williams
- Coeficiente de Hazen-Williams: 150 (para tuberías de PVC).
- Diámetro de tubería simulado: 110mm

La Tabla 21 nos muestra los resultados obtenidos de la simulación hidráulica del diseño de la red de distribución de agua potable con el diámetro más óptimo iterado.

Tabla 21

Memoria de cálculo de red de distribución

Nodo inicial	Nodo final	Tramo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Material	Coeficiente H-W	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Pérdida de carga (m/km)
3	4	Tramo 2	76.00	110.00	PVC	150.00	5.60	0.59	3.14
4	8	Tramo 3	88.00	110.00	PVC	150.00	2.95	0.31	0.96
8	9	Tramo 4	42.00	110.00	PVC	150.00	2.85	0.30	0.90
9	10	Tramo 5	116.00	110.00	PVC	150.00	1.60	0.17	0.31
26	25	Tramo 8	59.00	110.00	PVC	150.00	3.08	0.32	1.03
23	25	Tramo 9	50.00	110.00	PVC	150.00	-3.55	0.37	1.35
24	23	Tramo 10	30.00	110.00	PVC	150.00	-1.83	0.19	0.40
15	24	Tramo 11	39.00	110.00	PVC	150.00	-0.49	0.05	0.04
15	26	Tramo 12	46.45	110.00	PVC	150.00	1.89	0.20	0.42
9	11	Tramo 14	37.34	110.00	PVC	150.00	1.16	0.12	0.17
13	11	Tramo 15	38.00	110.00	PVC	150.00	-0.39	0.04	0.02
13	22	Tramo 16	40.00	110.00	PVC	150.00	1.14	0.12	0.16
21	22	Tramo 17	35.67	110.00	PVC	150.00	-0.55	0.06	0.04
21	23	Tramo 18	93.00	110.00	PVC	150.00	2.01	0.21	0.47
13	15	Tramo 19	108.00	110.00	PVC	150.00	1.66	0.17	0.33
11	12	Tramo 20	111.00	110.00	PVC	150.00	1.47	0.15	0.26
16	8	Tramo 21	50.00	110.00	PVC	150.00	-0.08	0.01	0.00
16	14	Tramo 22	33.90	110.00	PVC	150.00	2.17	0.23	0.54
17	14	Tramo 23	35.74	110.00	PVC	150.00	-1.21	0.13	0.18
18	17	Tramo 24	70.10	110.00	PVC	150.00	-2.06	0.22	0.49
20	21	Tramo 25	42.00	110.00	PVC	150.00	-2.63	0.28	0.78
19	20	Tramo 26	78.71	110.00	PVC	150.00	-2.05	0.22	0.49

Nodo inicial	Nodo final	Tramo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Material	Coefficiente H-W	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Pérdida de carga (m/km)
5	19	Tramo 27	101.75	110.00	PVC	150.00	-2.30	0.24	0.60
5	7	Tramo 29	42.00	110.00	PVC	150.00	2.60	0.27	0.76
7	6	Tramo 30	48.80	110.00	PVC	150.00	0.20	0.02	0.01
6	16	Tramo 31	73.88	110.00	PVC	150.00	2.50	0.26	0.71
7	18	Tramo 32	53.41	110.00	PVC	150.00	-2.20	0.23	0.56
18	19	Tramo 34	41.00	110.00	PVC	150.00	0.00	0.00	0.00
17	20	Tramo 35	49.60	110.00	PVC	150.00	0.77	0.08	0.08
14	13	Tramo 36	21.05	110.00	PVC	150.00	3.31	0.35	1.18
12	15	Tramo 13	40.00	110.00	PVC	150.00	1.04	0.11	0.14
12	10	Tramo 38	38.20	110.00	PVC	150.00	0.20	0.02	0.01
22	24	Tramo 39	98.00	110.00	PVC	150.00	1.60	0.17	0.31
3	5	Tramo 40	84.88	110.00	PVC	150.00	5.27	0.55	2.81
4	6	Tramo 41	45.75	110.00	PVC	150.00	2.50	0.26	0.70
4	5	Tramo 42	103.00	110.00	PVC	150.00	0.00	0.00	0.00
10	2	Tramo 43	40.00	110.00	PVC	150.00	1.48	0.16	0.27
2	26	Tramo 44	59.00	110.00	PVC	150.00	1.40	0.15	0.24

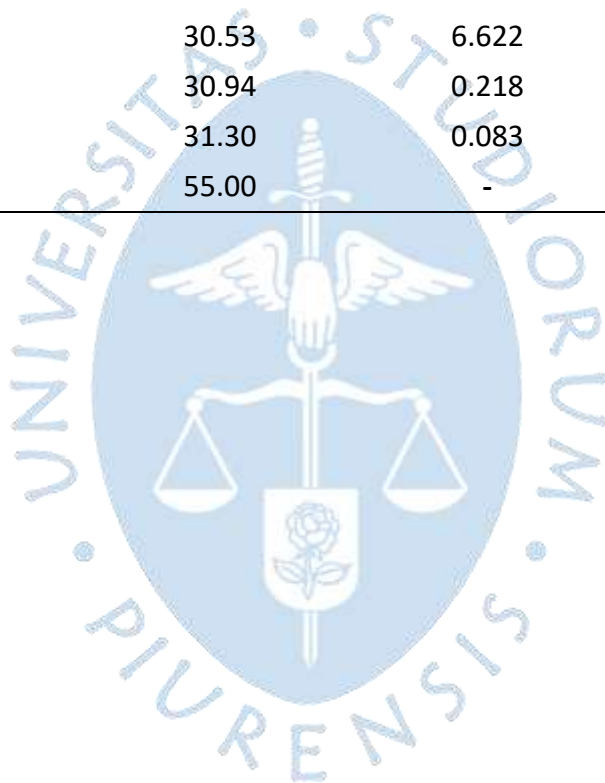
La Tabla 22 nos muestra las presiones finales de cada nodo en metros de columna de agua (m.c.a) con la que llegará el agua a nuestra red según la demanda correspondiente y según la altura final obtenida para el reservorio.

Tabla 22

Presión y demanda de agua en los nodos

Nº NODO	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
NODO 3	36.06	0	18.78
NODO 4	34.40	0.157	20.20
NODO 5	34.00	0.370	20.60
NODO 6	33.90	0.196	20.67
NODO 7	33.00	0.198	21.57
NODO 8	34.31	0.182	20.21
NODO 9	34.07	0.087	20.41
NODO 10	32.03	0.319	22.41
NODO 11	33.74	0.077	20.73
NODO 12	31.49	0.230	22.95
NODO 13	32.40	0.123	22.07
NODO 14	32.67	0.070	21.83

N° NODO	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
NODO 15	31.08	0.307	23.36
NODO 16	33.36	0.257	21.16
NODO 17	31.68	0.074	22.82
NODO 18	32.15	0.145	22.39
NODO 19	31.63	0.248	22.91
NODO 20	30.72	0.190	23.78
NODO 21	30.04	0.074	24.43
NODO 22	30.93	0.083	23.54
NODO 23	29.02	0.297	25.40
NODO 24	29.35	0.265	25.09
NODO 25	30.53	6.622	23.83
NODO 26	30.94	0.218	23.48
NODO 2	31.30	0.083	23.13
Reservorio	55.00	-	-



Capítulo 4

Evaluación de resultados

El presente capítulo expone y analiza los resultados obtenidos a partir del proceso de modelación hidráulica y de diseño del sistema de abastecimiento de agua potable propuesto para la urbanización en estudio. Para ello, se detalla primero la construcción del modelo en el software EPANET, herramienta reconocida internacionalmente para el análisis de redes de distribución, mediante la cual se representa la topología de la red, las características físicas de las tuberías, los nodos de consumo, los niveles topográficos y los caudales de diseño definidos en capítulos previos. De la misma forma, se definieron las características hidráulicas y físicas de los diferentes componentes del sistema, incluyendo tuberías, tanques, reservorios. Luego, se desarrollaron distintos escenarios de simulación con el objetivo de evaluar el desempeño de la red.

Posteriormente, se desarrolla la validación y análisis de los resultados simulados, evaluando parámetros fundamentales como las presiones disponibles en los nodos, las velocidades de circulación en las tuberías, las pérdidas de carga distribuidas y localizadas, así como el comportamiento general del sistema bajo condiciones de demanda máxima y condiciones operativas específicas. Esta etapa permite verificar el cumplimiento de los criterios técnicos establecidos por la normativa vigente —como la Norma OS.050 del Reglamento Nacional de Edificaciones— y asegurar que el sistema diseñado proporcione un servicio eficiente, seguro y continuo.

4.1 Modelamiento de la red en EPANET

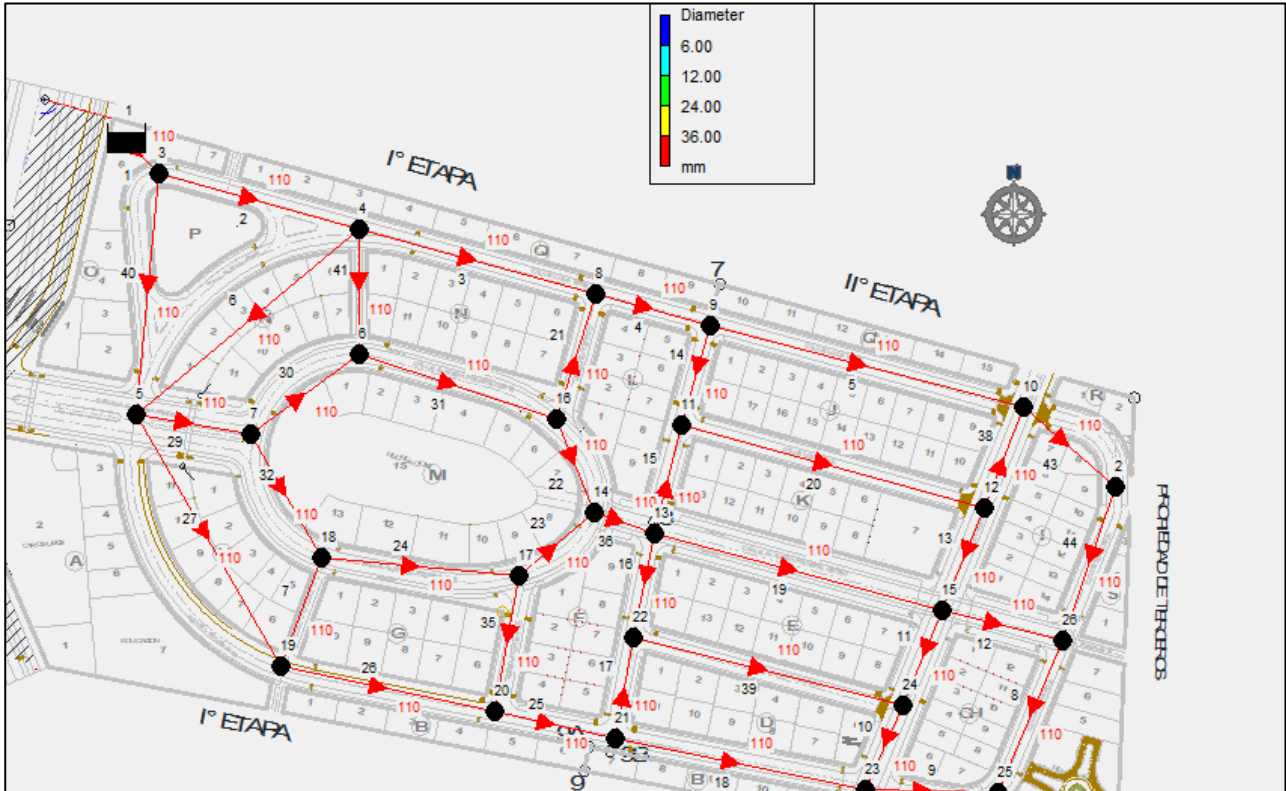
Con el propósito de verificar el comportamiento hidráulico del sistema proyectado y validar los cálculos desarrollados en el capítulo de diseño, se realizó la modelación completa de la red de distribución y de la línea de conducción utilizando el software EPANET, herramienta ampliamente reconocida para el análisis de redes de abastecimiento de agua potable.

En primera instancia, se procedió a la elaboración del modelo de la red de distribución, incorporando todos los tramos de tubería, nodos de consumo, accesorios y el reservorio elevado como se indica en el acápite de Diseño de redes de distribución. La geometría del sistema se digitalizó siguiendo la planimetría propuesta y se asignaron las demandas correspondientes a cada nodo según el caudal máximo horario.

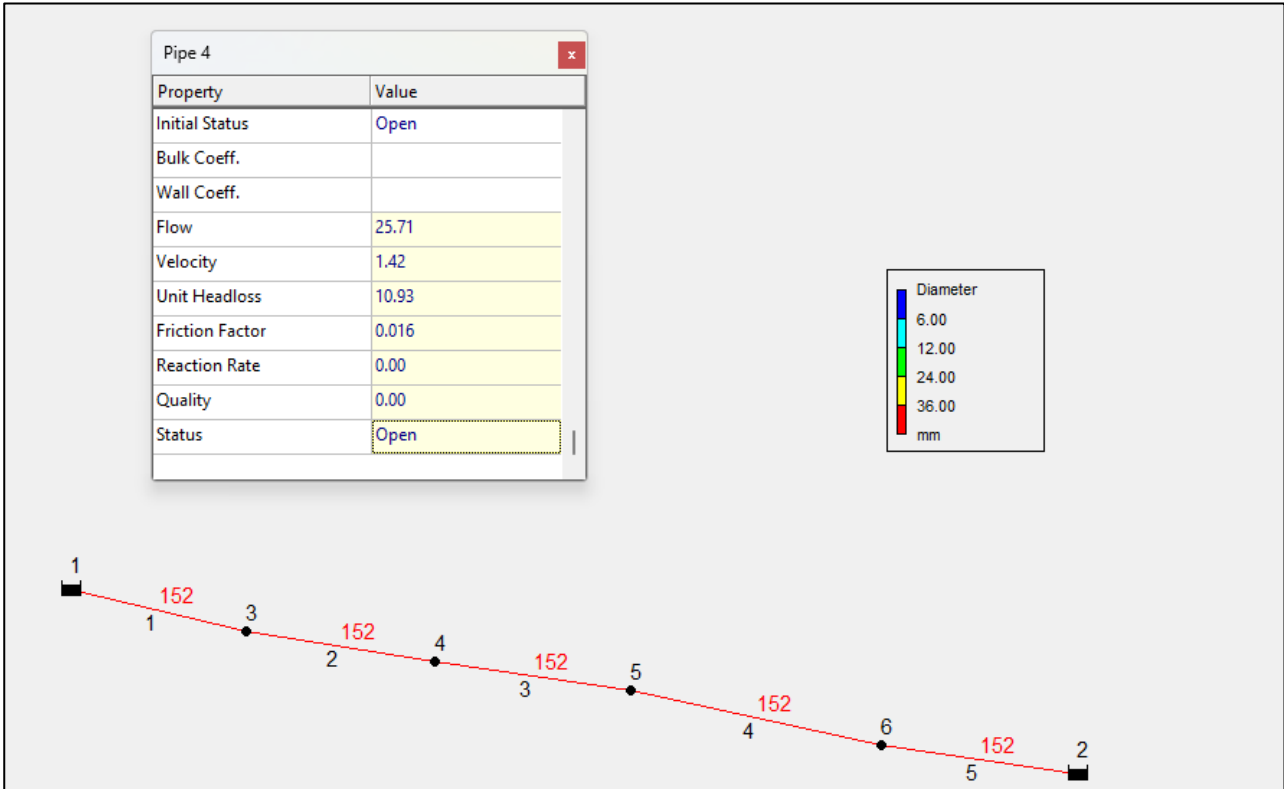
En la Figura 22 se presenta la modelación gráfica de la red donde se muestran los diámetros asignados en mm a cada tramo de tubería según el diseño hidráulico. Esta representación permitió verificar visualmente la coherencia del trazado, las conexiones entre nodos y la correcta asignación de los elementos que intervienen en la simulación del sistema.

Figura 22

Diámetros simulados en el sistema de distribución de agua potable



El programa permitió obtener valores de presión, velocidad y caudal en cada uno de los tramos de la red. Los resultados mostraron que las presiones en los nodos se mantienen dentro del rango de 18 a 30 m.c.a tal como se puede apreciar en la Figura 23, que además presenta un diagrama de colores que indica los rangos de valores obtenidos por el software.

Figura 24*Datos de diseño de línea de conducción*

4.2 Análisis y validación de resultados

Se realizó una interpretación y verificación de los resultados obtenidos tras la simulación hidráulica de la red en el software EPANET tal como se describe en la sección 4.1 demostrando la conformidad del diseño propuesto con los requisitos funcionales, operativos y, principalmente, con los límites establecidos en la Normativa Técnica Peruana, específicamente el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), asegurando la viabilidad y la eficiencia a largo plazo del sistema de saneamiento.

4.2.1 Análisis de resultados globales de la red

Los resultados de la simulación hidráulica final representan el comportamiento del sistema bajo la condición más crítica de diseño (caudal máximo horario). Se tiene las siguientes variables obtenidas:

- Caudales: Se confirma que el caudal simulado en cada tramo es el requerido para satisfacer la demanda de diseño, verificando que los valores de entrada (reservorio elevado) coinciden con la sumatoria de las demandas asignadas en los nodos, analizando la distribución de las presiones en los nodos de consumo a lo largo de la red. Estos valores son esenciales para validar que el servicio entregado sea adecuado para los usuarios finales.

- **Velocidades en Tuberías:** Se examinaron las velocidades de circulación del flujo en los tramos o tuberías, verificando el cumplimiento de los rangos que evitan la erosión y la sedimentación.
- **Pérdidas de Carga:** Se evalúan las pérdidas de energía por fricción, determinando la eficiencia hidráulica de la red y la selección de diámetros.

4.2.2 Análisis de velocidades

Los valores simulados en EPANET para las deben compararse con los límites establecidos por la Norma Técnica OS.050: Redes de Distribución de Agua para Consumo Humano del RNE, para el cual la norma establece una velocidad máxima de 3m/s, aunque permite hasta 5m/s en casos justificados. Esto previene la erosión interna y el golpe de ariete.

Para la línea de conducción se consideró un caudal de diseño de 25 L/s, correspondiente al volumen diario de 360 m³ transportado en un período de 4 horas. El diámetro adoptado de 6 pulgadas fue validado tanto analíticamente como mediante simulación en EPANET. La velocidad obtenida en el programa fue de 1.42 m/s, valor que se encuentra dentro del rango recomendado por la normativa para tuberías de aducción (0.6 a 2.5 m/s). Para la red de distribución según la Tabla 22, las velocidades obtenidas en las tuberías principales y los ramales de distribución no se registran velocidades elevadas que puedan comprometer la integridad de las tuberías o generar golpes de ariete, teniendo así valores menores a 3m/s para el diámetro simulado de 110mm.

Se confirma que los diámetros seleccionados mediante el método de prueba y error en EPANET son hidráulicamente óptimos para el sistema de agua potable.

4.2.3 Pérdidas de carga y comportamiento del flujo

Las pérdidas de carga fueron calculadas mediante la ecuación de Hazen-Williams, asignando un coeficiente de rugosidad $C = 150$, recomendado para tuberías PVC en condiciones nuevas.

Los resultados manuales y simulados muestran que:

- Las pérdidas de carga unitarias en la red de distribución y del sistema de bombeo se mantienen dentro de los valores aceptables (<10 m/km).
- Los tramos más largos presentan pérdidas proporcionales a su longitud, sin afectar significativamente el aporte hacia los nodos finales.
- No se identifican tramos críticos que provoquen caídas abruptas de presión ni zonas con recirculación o estancamiento detectables.
- La simulación en la línea de conducción confirmó que la pérdida unitaria de 10.93 m/km coincide con la calculada manualmente mediante la ecuación de Hazen-Williams, validando plenamente el procedimiento de diseño.

- En el sistema de bombeo, la potencia calculada teóricamente satisface plenamente los requerimientos de impulsión hacia el reservorio elevado, siendo este resultado es coherente con las pérdidas de carga calculadas, con las eficiencias típicas y con las potencias de las bombas comerciales disponibles en el mercado.

4.2.4 Evaluación del reservorio

El reservorio elevado de 200 m³ fue diseñado considerando volumen de regulación, incendio y reserva, en concordancia con la normativa del RNE que exige garantizar autonomía del sistema ante variaciones de demanda y eventos imprevistos. La geometría seleccionada ($D \approx 7.00$ m, $H = 5.20$ m) cumple con los requerimientos volumétricos definidos en el capítulo de diseño. Además, la cisterna proyectada permite una regulación adecuada del suministro para la demanda diaria.

El reservorio proyectado mantiene un nivel operativo que garantiza:

- Disponibilidad continua del caudal de diseño.
- Presión suficiente durante las condiciones de máxima demanda.

4.2.5 Validación de presiones

Los valores simulados de la red en EPANET deben compararse con los límites establecidos por la Norma Técnica OS.050: Redes de Distribución de Agua para Consumo Humano del RNE como se puede observar en la Tabla 23:

Tabla 23

Validación de presiones según RNE.

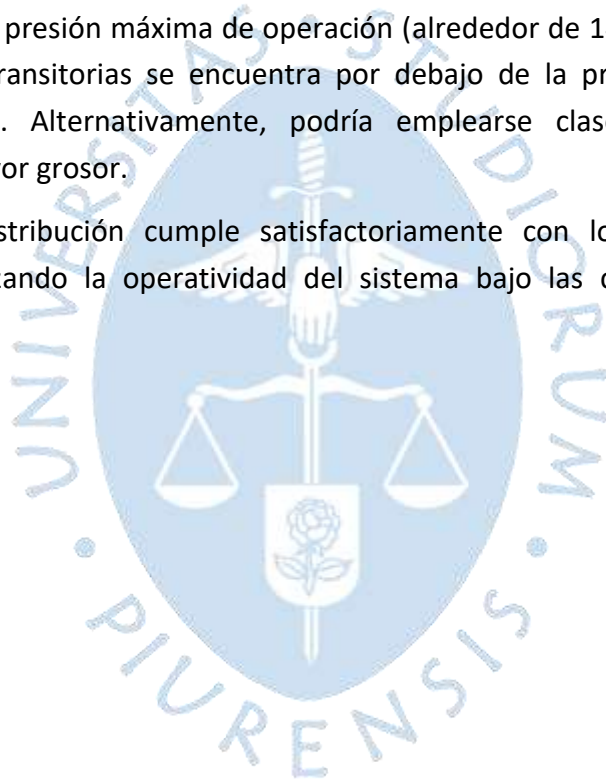
Condición	Valor Normativo (RNE OS.050)	Justificación
Presión Estática Máxima	No mayor de 50 m.c.a.	Evita el riesgo de roturas en tuberías y accesorios, garantizando la seguridad del sistema.
Presión Dinámica Mínima (Caudal Máx. Horario)	No menor de 15 m.c.a.	Garantiza que el agua llegue con la fuerza suficiente a todos los puntos de la red, incluyendo los domicilios más desfavorables.

En el capítulo de diseño se presentó la Tabla 22 y la Figura 20 con la distribución de presiones y de ubicación de nodos respectivamente, modelada con tubería PVC de 110 mm, confirmando que:

- La presión dinámica mínima obtenida es de 18.78 m.c.a., ubicada en el nodo 3 cumpliendo con la exigencia mínima seleccionada de 15 m.c.a.
- La presión estática máxima registrada es de 25.40 m.c.a., ubicada en el nodo 23, siendo inferior al límite 50 m.c.a.

De la simulación hidráulica se obtiene que los nodos de la red presentan presiones entre 18 y 30 m.c.a. (1.8 a 3.0 bar). Considerando las clases de tuberías disponibles en PVC (Clase 5, Clase 7.5 y Clase 10) y aplicando un margen de seguridad para posibles sobrepresiones transitorias, se selecciona tubería PVC Clase 7.5 para la red de distribución. Esta clase ofrece una presión nominal de 7.5 bar (75 m.c.a.), superior a la presión máxima obtenida en la modelación, garantizando un adecuado desempeño y durabilidad del sistema. De igual forma para la línea de conducción, se adopta tubería PVC Clase 5 para la línea de conducción, ya que la presión máxima de operación (alrededor de 14 m.c.a) más un margen por sobrepresiones transitorias se encuentra por debajo de la presión nominal para las tuberías de clase 5. Alternativamente, podría emplearse clase 7.5 por criterio de estandarización y mayor grosor.

La red de distribución cumple satisfactoriamente con los criterios de presión establecidos, garantizando la operatividad del sistema bajo las condiciones de máxima demanda.



Conclusiones

El diseño de la red de distribución de agua potable para la urbanización Loma Alta cumple estrictamente con la Norma Técnica OS.050 (Redes de Distribución de Agua para Consumo Humano) del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Específicamente, la simulación hidráulica bajo la condición de un caudal máximo horario de 5.75/s demostró que la presión mínima registrada en el nodo más desfavorable fue de 18.78 m.c.a., superando el límite mínimo normativo. Esto garantiza la continuidad y calidad del servicio para todos los usuarios finales, mejorando la calidad de vida de los propietarios.

El cálculo de la demanda de diseño se basó en una dotación de 5.75 litros/segundo, proyectada para un periodo de 20 años y fundamentada en las características geográficas de la localidad y la lotización del proyecto, garantizando que el sistema tendrá la capacidad necesaria para abastecer a la población futura de Loma Alta.

El dimensionamiento de los diámetros de las tuberías seleccionado de 110mm PVC, Clase 7.5, para las redes de distribución, es hidráulicamente eficiente, manteniendo velocidades por debajo del límite máximo de 3m/s exigido por la normativa. Esto minimiza las pérdidas de carga por fricción, reduce el riesgo de erosión interna y previene la ocurrencia de fenómenos transitorios como el golpe de ariete.

El análisis y la simulación hidráulica de la línea de conducción permitieron determinar un diámetro de 6 pulgadas para tubería PVC Clase 5, permitiendo el llenado de la cisterna en un periodo de 4 horas para el caudal de diseño obtenido de 25 l/s, cumpliendo los criterios de diseño establecidos.

El sistema de almacenamiento diseñado garantiza un abastecimiento continuo y seguro para la urbanización mediante la integración de una cisterna, un sistema de bombeo eficiente y un reservorio elevado. La cisterna permite regular adecuadamente el ingreso del caudal desde la línea de conducción, mientras que la bomba seleccionada asegura la impulsión necesaria para mantener el nivel de servicio en el reservorio elevado. Este último proporciona el volumen de regulación, incendio y reserva establecidos, asegurando autonomía y estabilidad en el suministro.

La simulación y modelación hidráulica a través de programas o software de diseño para sistemas de agua potable como EPANET son esenciales para analizar diferentes elementos de la red y poder crear diferentes escenarios a fin de optimizar el diseño final, por lo que son de vital importancia en proyectos de esta envergadura. Esto validó el diseño hidráulico y confirmó que el sistema operará de manera estable y eficiente.

Recomendaciones

Ante ampliaciones de la urbanización o incorporación de nuevas áreas de consumo, se recomienda actualizar el modelo hidráulico en EPANET para verificar que las presiones y velocidades continúen dentro de los rangos normativos. Esto garantizará que el sistema mantenga un funcionamiento óptimo bajo nuevas condiciones operativas.

Es recomendable que, una vez ejecutado el sistema, la administración responsable establezca un programa periódico de limpieza del reservorio, inspección de tuberías, purga de aire y verificación de válvulas. Estas acciones previenen pérdidas, obstrucciones y deterioro de los componentes, prolongando la vida útil de la infraestructura diseñada.

Se recomienda garantizar la correcta instalación de los accesorios de protección en la línea de conducción para salvaguardar su integridad y eficiencia operativa. Se deberá instalar las dos (2) válvulas de aire proyectadas en los puntos altos, para prevenir la formación de bolsas de aire que restringen el flujo; y se deberá instalar una (1) válvula de purga en el punto bajo más crítico del perfil longitudinal previstas en el diseño de la línea de conducción; además de la instalación de válvulas de control en la red de distribución para poder sectorizar las tuberías ante cualquier fallo o mantenimiento.

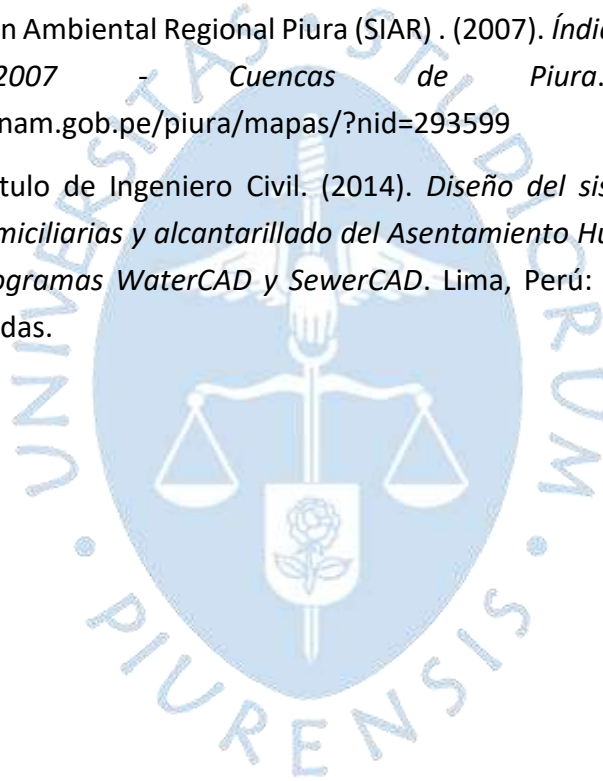
En la etapa de ejecución de la obra, todas las tuberías (PVC, accesorios, válvulas y elementos de unión) deberán ser estrictamente de calidad certificada y cumplan con las Normas Técnicas Peruanas (NTP) y los requerimientos del sector. La utilización de materiales certificados garantiza que el coeficiente de rugosidad interno asumido en la simulación hidráulica (PVC) se mantenga en la realidad, y que los componentes estructurales soporten las presiones nominales de trabajo (PN).

Se recomienda instalar dos bombas centrífugas de 8HP de iguales características en el sistema de bombeo, a fin de asegurar la continuidad del abastecimiento hacia el tanque elevado ante fallas eléctricas, desgaste del equipo, mantenimientos preventivos o correctivos, manteniendo una en operación y otra en reserva.

Referencias

- Agüero, R. (1997). *Agua potable para poblaciones rurales: Sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento*. Lima: Asociación de Servicios Educativos Rurales.
- CAPERA. (2024). *Creación del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado en la Habilitación Urbana Loma Alta del Distrito de Piura Provincia de Piura - Departamento de Piura*. Expediente Técnico de Obra, CAPERA Grupo Inmobiliario, Piura.
- Chereque, W. (2018). *Ingeniería Sanitaria* (3.ª ed. ed.). Lima, Perú: Editorial PUCP.
- Comisión Nacional del Agua México. (2017). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Diseño de redes de distribución de agua potable*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México D.F.
- Diario El Tiempo. (26 de Septiembre de 2021). Piura: ¿Cuál es el código postal de las ocho provincias? Obtenido de <https://eltiempo.pe/economia/piura-codigo-postal-provincias-mp/>
- Encalada, D., & Quispe, A. (2024). *Diseño del sistema de agua potable y alcantarillado para las localidades de Ozurco, Huayaquil y Morroponcito*. Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, Piura.
- Jiménez, J. (2019). *Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario*. Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Civil, Xalapa.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE): Norma OS.050 Redes de Distribución de Agua para Consumo Humano*. Lima.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú. (2018). *Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) Norma OS.100 Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria*. Lima.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú. (2018). *Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE): Norma OS.010 Instalaciones Sanitarias para Edificaciones*. Lima.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú. (2018). *Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE): Norma OS.020 Abastecimiento de Agua Potable*. Lima.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú. (2018). *Reglamento Nacional de Edificaciones Norma OS.050 Redes de distribución de agua para consumo humano*. Lima.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú. (2018). *Reglamento Nacional de Edificaciones: Norma OS.070 Redes de aguas residuales*. Lima.

- Ministerio del Ambiente del Perú . (2018). *Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA)*. Lima, Perú.
- Morante, C. (2019). *Rediseño del sistema de abastecimiento de agua potable en la localidad de Sónдор, Huancabamba*. Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, Piura.
- Organización Mundial de la Salud. (2017). *Guías para la calidad del agua potable* (4.ª ed. ed.). Ginebra, Suiza.
- Rossman, L. (2000). *EPANET 2 Users Manual*. United States Environmental Protection Agency (EPA).
- SENAMHI . (2025). *SENAMHI Piura*. Obtenido de Datos Hidrometeorológicos en Piura: <https://www.gob.pe/senamhi>
- Sistema de Información Ambiental Regional Piura (SIAR) . (2007). *Índice de Desarrollo Humano Distrital 2007 - Cuencas de Piura*. Obtenido de <https://siar.minam.gob.pe/piura/mapas/?nid=293599>
- Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. (2014). *Diseño del sistema de agua potable, conexiones domiciliarias y alcantarillado del Asentamiento Humano "Los Pollitos"-Ica, usando los programas WaterCAD y SewerCAD*. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.



Apéndices



Apéndice A. Planos del sistema de agua potable

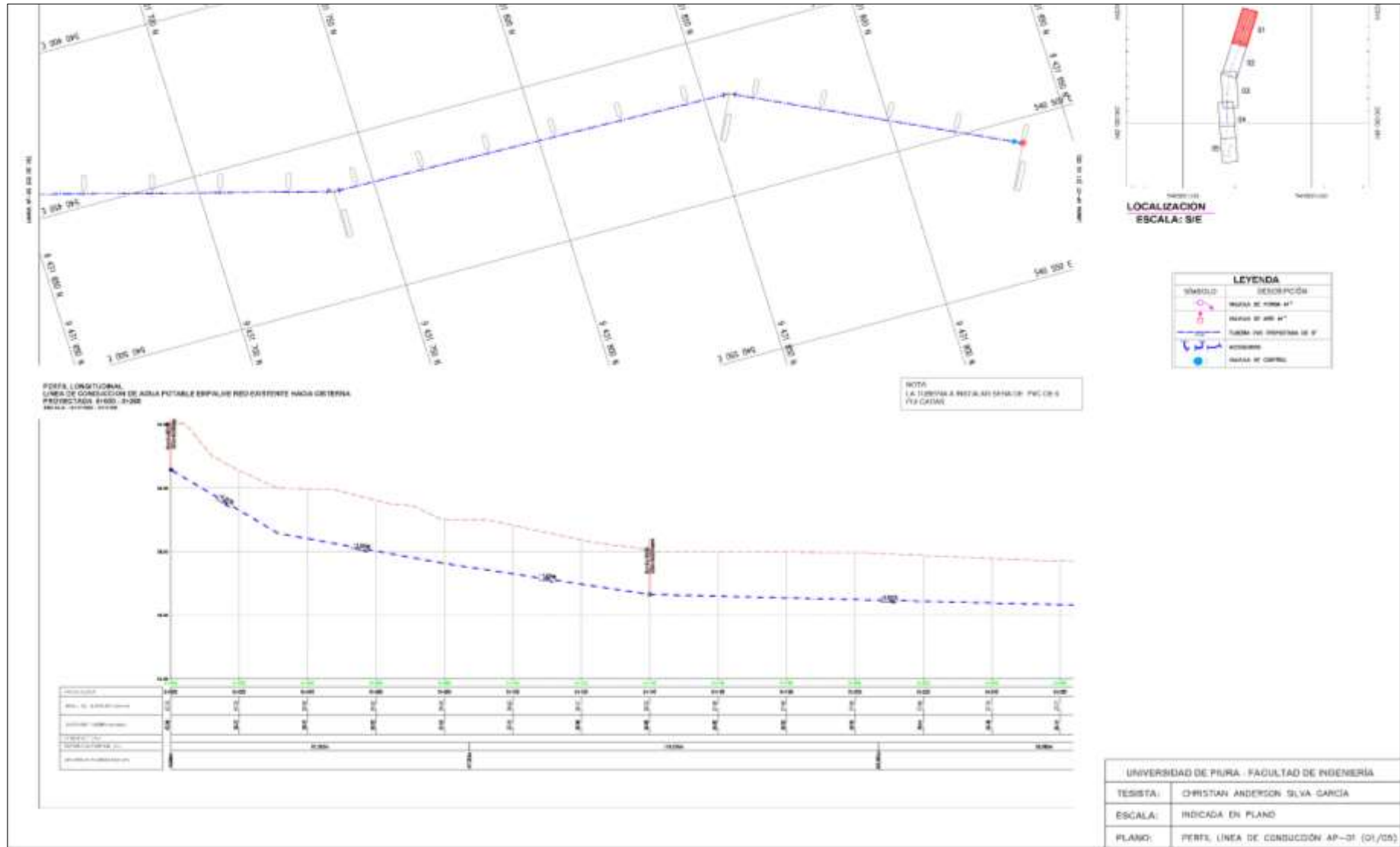
Plano de redes de distribución de agua potable



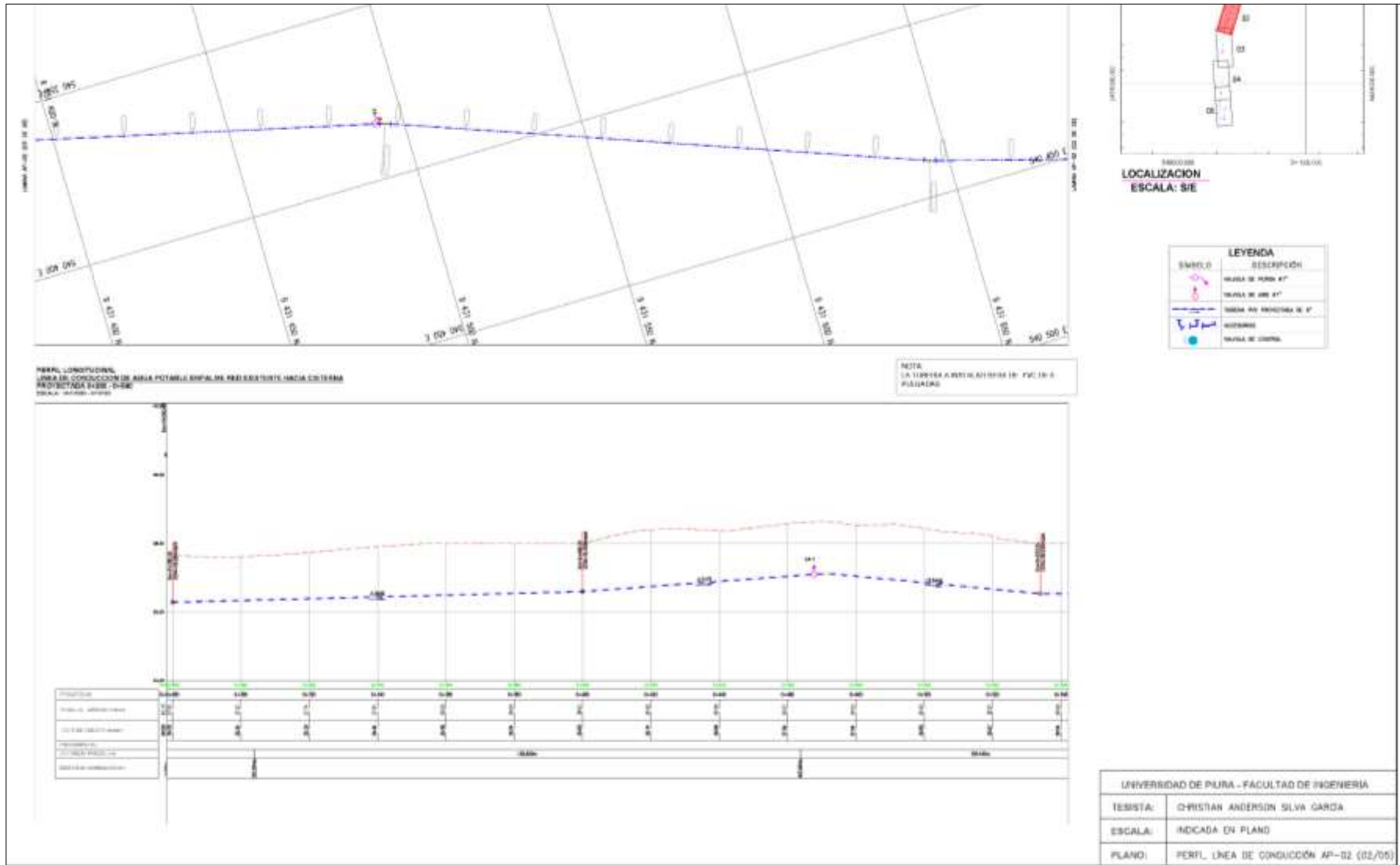
Plano de conexiones domiciliarias de la red de agua potable



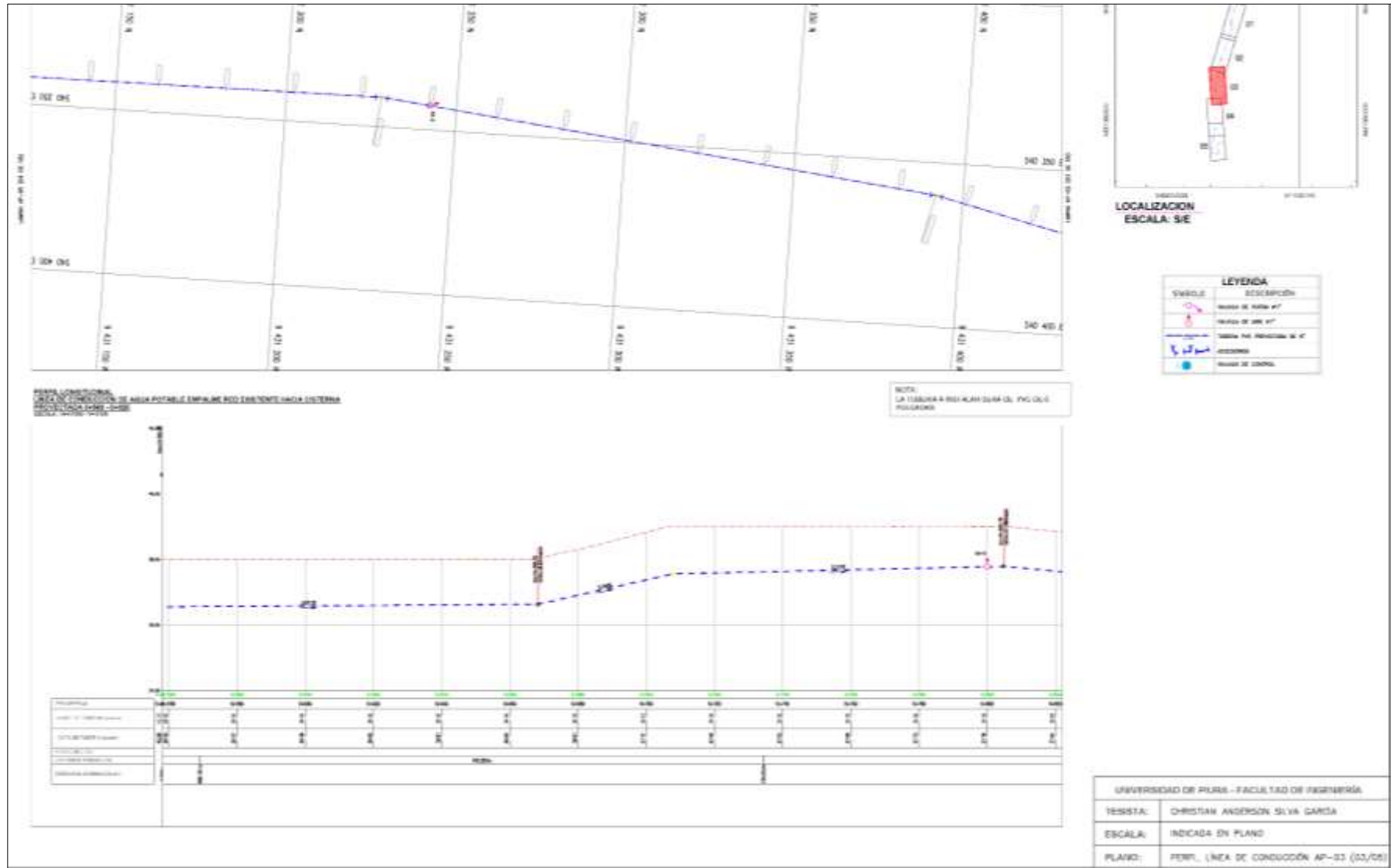
Plano de planta y perfil de Línea de conducción entre las progresivas 0+000-0+260



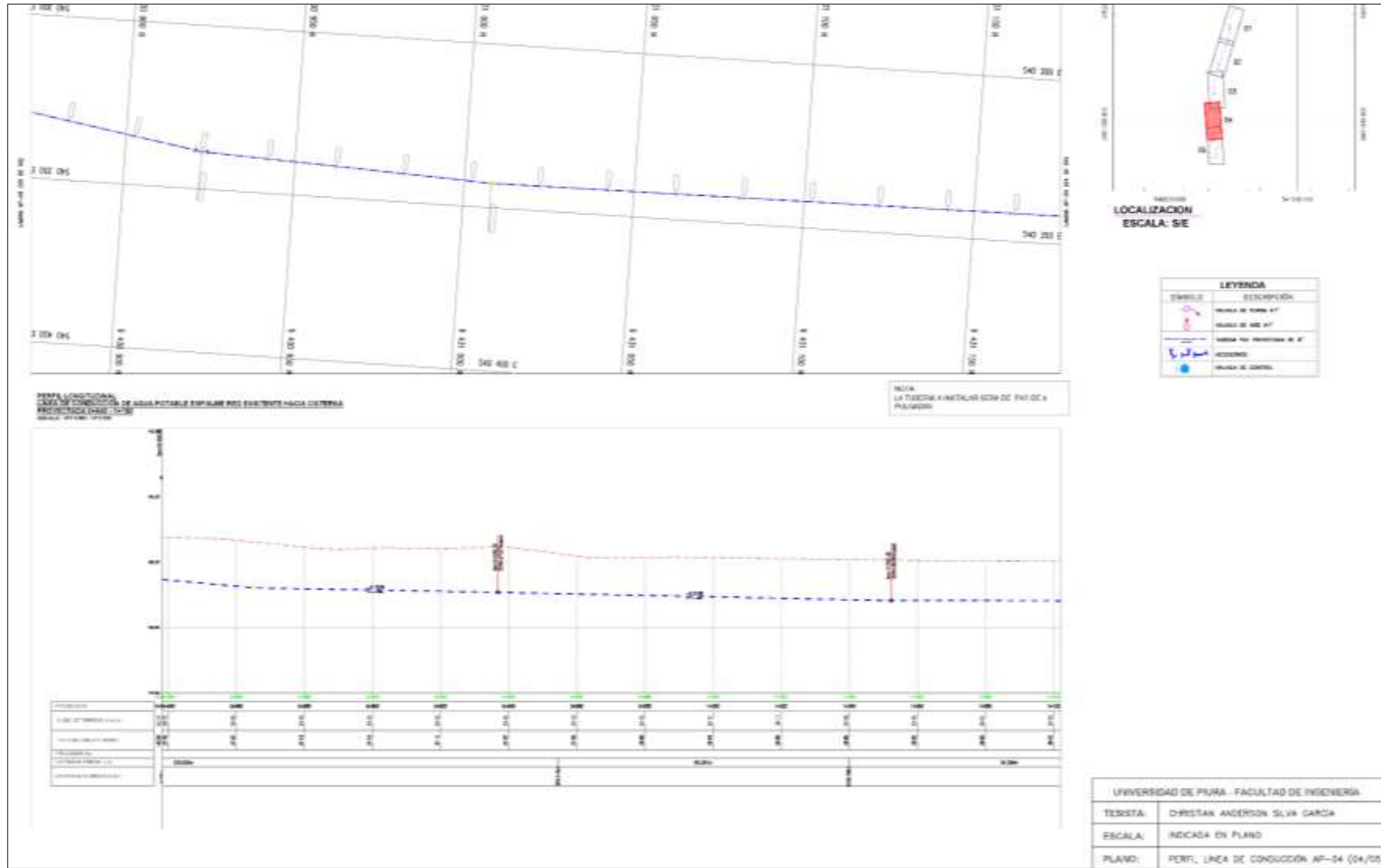
Plano de planta y perfil de Línea de conducción entre las progresivas 0+260-0+540



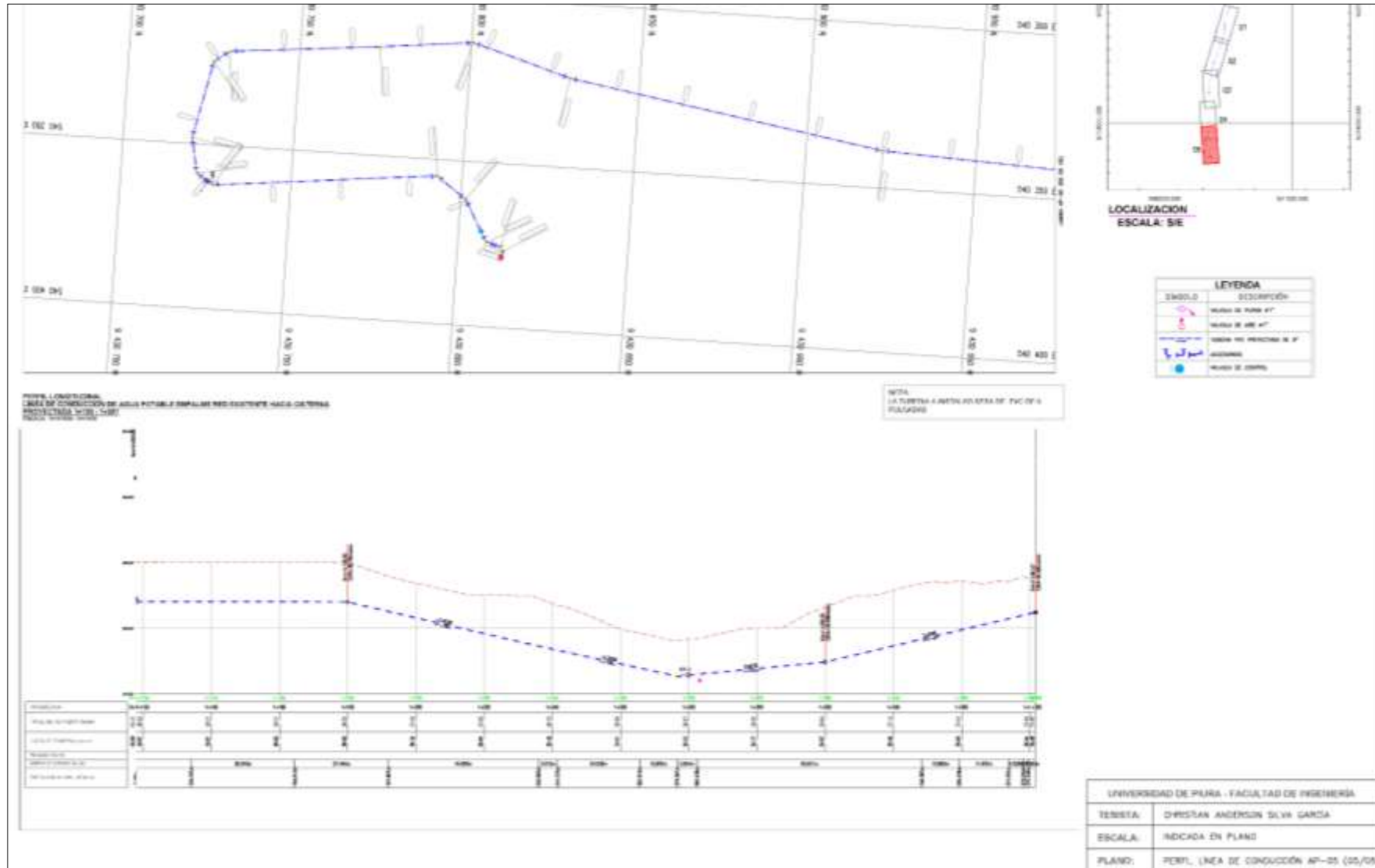
Plano de planta y perfil de Línea de conducción entre las progresivas 0+540-0+820



Plano de planta y perfil de Línea de conducción entre las progresivas 0+820-1+100



Plano de planta y perfil de Línea de conducción entre las progresivas 1+120-1+381



Anexos

Anexo A. Estudio topográfico





CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840

INFORME DE POSICIONAMIENTO GEODESICO RED DE PUNTOS DE CONTROL

**PROYECTO: "PUNTOS GEODESICOS PARA HABILITACIÓN
URBANA LOMA ALTA – CONDOMINIO CLUB - LOS EJIDOS –
PIURA"**

Gerardo Arturo Timaná Estrada
CIP: 108589
INGENIERO CIVIL

JULIO - 2021



CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840

RED DE PUNTOS DE CONTROL

1. GENERALIDADES
2. PROCEDIMIENTOS
 - a. CONTROL HORIZONTAL.
 - b. CONTROL VERTICAL.
3. PERSONAL
4. EQUIPOS
5. SOFTWARE
6. ANEXOS
 - a. HOJAS DE COORDENADAS DEL PUNTO BASE.
 - b. REPORTE POST-PROCESO DE LAS LINEAS BASE.
 - c. DATOS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS
 - d. CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD DE EQUIPOS
 - e. PANEL FOTOGRÁFICO

Gerardo Arturo Timaná Estrada
CIP- 108589
INGENIERO CIVIL



CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840

RED DE PUNTOS DE CONTROL

1. GENERALIDADES

El presente trabajo tiene por objetivo establecer los puntos de control Horizontal y Vertical, con equipos geodésicos diferenciales de doble frecuencia y doble constelación para el estudio de "SERVICIO DE PUNTOS GEODESICOS PARA HABILITACIÓN URBANA LOMA ALTA CONDOMINIO CLUB – LOS EJIDOS – PIURA".

1.1 UBICACIÓN

i. El proyecto se encuentra ubicado en:

1. Departamento: PIURA.
2. Provincia: PIURA
3. DISTRITO: PIURA

ii. Periodo de duración de los trabajos.

1.1.1 Los trabajos de campo reconocimiento señalización y medición se realizaron en el siguiente periodo

INICIO: 19/07/2021
FIN: 19/07/2021

2. PROCEDIMIENTOS



CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840

2.1.-CONTROL HORIZONTAL.

Para el control horizontal se utilizó el método Diferencial Estático, el cual consiste en Colocar un receptor en un punto con coordenadas conocidas (Base), y otro receptor en un punto cuyas coordenadas geodésicas se determinarán (Rover).

Para establecer los puntos de control, se tomó como punto de partida el vértice geodésico de orden cero PI01 ubicado en la ciudad de PIURA, en las instalaciones del Gobierno Regional de Piura

En ambos casos se utilizarán trípodes y el tiempo de toma de datos fue mayor a 2 h30 min; tiempo suficiente para alcanzar precisiones de 0.010m como máximo, considerando una línea base que es menor a 100km.

Los valores de coordenadas y elevaciones del vértice geodésico PI01 en el sistema WGS84 se muestran en el siguiente cuadro.

COORDENADAS UTM				
NRO	NOMBRE	NORTE	ESTE	ZONA
1	PI06	9485160.5724	583958.9033	17

COORDENADAS GEODESICAS			
NOMBRE	LATITUD	LONGITUD	ALTURA ELIPSOIDAL
PI06	04°39'26.65251"	80°14'34.87729"	263.4320

Gerardo Ariuro Timaná Estrada
CIP- 108589
INGENIERO CIVIL

A partir de los puntos base se ubicaron 01 puntos:

03 puntos con características de Orden C. (Bases)



CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840

PUNTO	REFERENCIA	UBICACIÓN	CODIGO
GPS01	AL COSTADO DE UNA CAJA DE AGUA DE EPS GRAU	ZONA NOROESTE DEL PREDIO	PIU02146
BM2	DENTRO DEL PREDIO	ZONA NORTE DEL PREDIO	PIU02147

En este proceso se utilizó 01 receptor geodésico GPS L1/L2-GNSS adicionalmente a la antena geodésica Zypher con la que cuenta el IGN en el ERP PI06 Piura.

Los receptores GPS (Base y Rover) recibieron las señales emitidas por los satélites simultáneamente.

Los parámetros de medición fueron los siguientes:

Sistema	Estático Relativo GPS
Equipos	01 GPS Rover
Frecuencias	GPS L1, L2 - GNSS
Tiempo	De 2.5hr. (aproximadamente)
Nro. de satélites.	5 satélites como mínimo.
intervalo de grabación	cada 5 segundos
Mascara de elevación	10 grados
Atajo PDOP	PDOP menor a 6, para considerar la información

Gerardo Arturo Timaná Estrada
CIP: 108589
INGENIERO CIVIL

Una vez tomada la información de campo con el software de campo Trimble ACCES con la controladora de campo Trimble Slate y almacenada en los receptores geodésicos, se procedió a realizar la descarga de la data en el Software de oficina "Trimble Business Center" 13345.56M3 (TBC v3.51 de Trimble Navigator).

La data es post-procesada y nos genera las líneas base a través de las estaciones Base y las estaciones Rover con el método estático.

Las consideraciones tenidas en cuenta para el Post-proceso son las siguientes:

- Verificar la información de estación de la solución con respecto a las notas tomadas en campo.



CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840

- Los nombres de estaciones
- Las alturas de antenas, tipos y métodos de medición, que son las más comunes fuentes de errores en la toma de la información.
- Los tiempos de inicio y fin, con la finalidad de evitar post-procesar datos antes o después de la toma de la estación, o de extraer la información correcta de los datos crudos.
- Comprobar el resumen de seguimiento de fase del satélite de cada estación, para notar cualquier vacío en las señales L1 y L2.
- Comprobar el resumen de seguimiento de fase de satélites combinado.
- Comprobar los dibujos de residuales de cada satélite, estos muestran los errores medios cuadráticos o RMS de cada satélite, utilizado para determinar la solución de la línea base y a la vez rechazar las épocas en la que se generen mayor valor RMS.
- Los valores obtenidos de las coordenadas de los puntos de control se muestran en el Anexo A.

COORDENADAS UTM

ID	Este (Metro)	Norte (Metro)	Elevación (Metro)
PIU02146	540329.799	9430856.779	38.958
PIU02147	540350.918	9430753.534	36.705
PI06	583958.9033	9485160.5724	263.4320

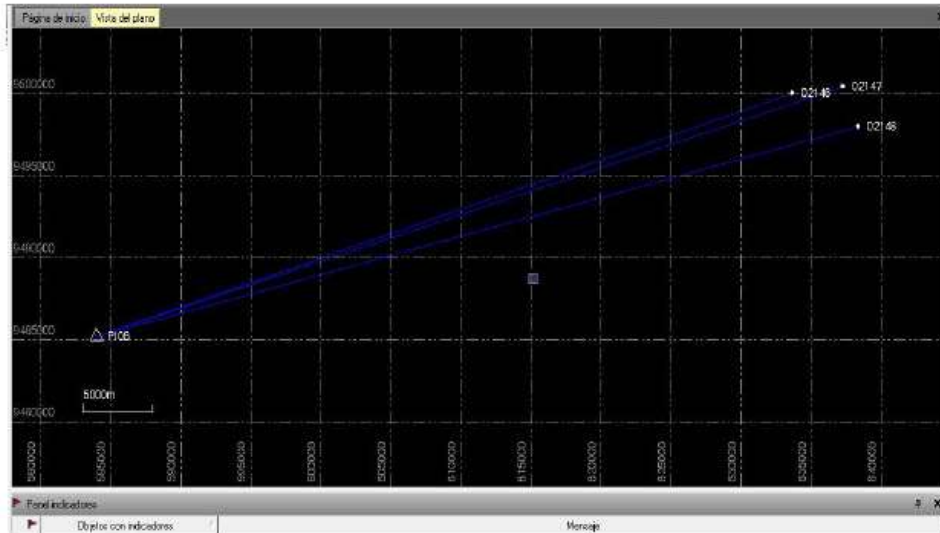
Gerardo Arturo Timaná Estrada
CIP: 106589
INGENIERO CIVIL

FACTORES DE ESCALA PARA LAS DISTANCIAS

ESQUEMA O FIGURA DE LA LÍNEA BASE Y/O AJUSTE DE RED GENERADO POR EL SOFTWARE DE PROCESAMIENTO.



CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840



2.2.- CONTROL VERTICAL.

Para el control Vertical (Elevación): para la determinación de las cotas con respecto al nivel del mar a partir de observaciones GPS, se ha utilizado la corrección por el método de ondulación geoidal, utilizando para ello el modelo geoidal EGM 2008, cuya base de datos se encuentra integrada en el software de Post-proceso empleado.

2.3.- PERSONAL

a. Personal de campo

- Encargado: Topógrafo Gianfranco Pinzón Gonzales
- Operador: Topógrafo Gianfranco Pinzón Gonzales

Gerardo Arturo Timaná Estrada
CIP: 108589
INGENIERO CIVIL

b. Personal de oficina

- Topografo GIANFRANCO PINZON GONZALES

2.4.-EQUIPOS.



CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840

a. RECEPTORES DIFERENCIAL GEODESICO.

i	Marca	:	Trimble Navigator
ii	Modelo	:	R8 Series
iii	Frecuencias	:	L1/L2
iv	Constelaciones	:	NAVSTAR.
v	Colectora	:	Trimble Slate
vi	Software campo	:	Trimble Access

b. VARIOS

- Laptop Intel i7
- Cámara Digital.
- Camioneta Pick-up

▪ Características de laptop Intel i7

- Procesador: Intel Core i7-2670M 2.2GHz (3.1GHz c/TB)
- Memoria RAM: 4GB DDR3.
- Disco Duro: 750GB 5400RPM.
- Video: NVIDIA N12P-GV1 1GB DDR3.
- Pantalla: LED 15.6" HD.
- Otros: Blu-Ray, HDMI, Bluetooth, Teclado Numérico, Windows 7 Home Premium.



▪ Características de cámara digital



CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840

- Pixeles efectivos (megapíxeles) 24.2 millones.
- 23.2 mm. x 15.4 mm.
- Formato del sensor de imagen. DX.
- SD. SDHC. SDXC.
- ISO 100- 6400. Hi-1 (ISO 12,800)
- Película. Full HD 1,920x1,080 / 30 cps. Full HD 1,920x1,080 / 25 cps. ...
- 3.0 pulg.
- Tipo de pantalla. TFT LCD con amplio ángulo de visión.



Gerardo Arturo Timaná Estrada
CIP: 108589
INGENIERO CIVIL

2.5.-SOFTWARE DE OFICINA

El software de oficina utilizado es el Trimble Business Center (TBC v3.51)



CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840



Gerardo Arturo Timaná Estrada
CIP: 106589
INGENIERO CIVIL

**LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE LA HABILITACIÓN URBANA LOMA ALTA – CONDOMINIO
CLUB – LOS EJIDOS – PIURA – HECTAREA 7.2 ha**

INFORME GEODESICO

CAPERA INMOBILIARIA CLUB CL.987415261



CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840

- C. DATOS TECNICOS DEL EQUIPO GPS.
- D. CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD DE EQUIPOS.
- E. PANEL FOTOGRAFICO.

Gerardo Arturo Timaná Estrada
CIP. 108589
INGENIERO CIVIL

A. HOJAS DE COORDENADAS DEL PUNTO BASE PI06 LAS LOMA.



CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
 RUC: 20606086840

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
 SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA
 DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO

FORMULARIO DE INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS DE RASTREO PERMANENTE

0. DATOS
 Gerardo Arturo Timaná Estrada
 Prepa: CIP: 108589
 Realización: INGENIERO CIVIL
 Versión: 3.1.0

Departamento de Procesamiento Geodésico
 30 de noviembre de 2020

1. INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS:



Nombre:	Las Lomas
Código Nacional:	PI06
Código Internacional:	42262M001
Inscripción:	Placa de bronce
Orden de la estación:	"0"
Fecha de monumentación:	13 de septiembre de 2017

INFORMACIÓN SOBRE LA LOCALIZACIÓN:

Departamento:	Piura
Provincia:	Piura
Distrito:	Las Lomas
Ubicación de la estación:	Municipalidad Distrital De Las Lomas



CROQUIS DE UBICACIÓN

FECHA: 20-07-2021 13:45 / COMPROBANTE DE PAGO ELECTRÓNICO: F801-013372 P106 1 | 4

Gerardo Arturo Timaná Estrada
 CIP: 108589
 INGENIERO CIVIL



CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO		
3. COORDENADAS DE LA ESTACIÓN:		
Sistema de referencia: GRS80 / WGS84		Marco de referencia: ITRF2000
3.1. GEODÉSICAS:		
Latitud (S)	Longitud (O)	
04° 39' 26.61231"	80° 14' 34.87729"	
Altura Elipoidal (m)	Factor de escala combinado	
263.4320	0.999087245543	
3.2. CARTESIANAS		
X (m)	Y (m)	Z (m)
1077399.1252	-6265521.1930	-514454.8080
3.3. UTM		
Este (m)	Norte (m)	
583958.9033	9485160.5724	
Zona: 17 Sur		
INFORMACIÓN SOBRE EL EQUIPO GNSS		
4.1. RECEPTOR:		
Modelo:	NET R5 TRIMBLE, Doble frecuencia	
N° de serie:	4806K53394	
Versión del firmware:	4.03	
Fecha de instalación:	15 de septiembre de 2017	
Ubicación del receptor:	El receptor se encuentra dentro de una caja metálica de color blanco hueca empotrada en la pared, ubicada en el interior de la oficina de Catastro de la mencionada institución.	
4.2. ANTENA:		
Modelo:	Zephyr Geodetic Model 2 (L1,L2) Trimble	
N° de serie:	30738913	
Cubierta protectora:	con domo	
Medición de la antena:	ARP (Base de soporte de la antena)	
Altura de la antena:	0.0950 m	
Fecha de instalación:	15 de septiembre de 2017	
Ubicación de la antena:	La antena está instalada en un monumento de concreto de 2.50 m de alto y 40 cm x 40 cm de ancho de color crema, ubicada en la prolongación de una columna del primer piso de la mencionada institución.	
 Gerardo Arturo Timaná Estrada CIP: 106589 INGENIERO CIVIL		
FECHA: 20/07/2021 11:45 COMPROBANTE DE PAGO ELECTRÓNICO: F001-013372 P106 214		



CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840



INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO



5. ESQUEMA DE LA ESTACIÓN

5.1. ESQUEMA DE ALTURA DE LA ANTENA




La estación debe estar en posición (N) en la parte superior del bloque metálico incrustado en el monumento.

a = 8.54 cm	Distancia de compensación del centro de fase. (Phase Center Offset)
b = 9.50 cm	Distancia entre la base de soporte de la antena y el límite superior del bloque metálico incrustado en el monumento.

5.2. DIMENSIONES DE LA ANTENA



DIMENSIONES		DESCRIPCIÓN	
A	7904 11	8.54 CM	SECCION DEL CENTRO DE FASE
B	3232 11	0.85 CM	SECCION DEL CENTRO DE FASE
C	4571 11	16.99 CM	SECCION DEL CENTRO DE FASE



Trimble
ZEPHYR GEOSETIC 2
ANTENAS GPS (TRIMBLE)

INDICAR EL NIVEL DE REFERENCIA DE LA ANTENA
EL CENTRO DE FASE NOMINAL ES EL NIVEL DE REFERENCIA
PARA LAS CORRECCIONES DE FASE DE LA ANTENA (TRIMBLE)



Gerardo Arturo Timaná Estrada
CIP: 108589
INGENIERO CIVIL



CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840

 REPUBLICA DEL PERU	INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO	 GEOGRÁFICO NACIONAL
6. INFORMACIÓN SOBRE EL PROCESAMIENTO		
Área de mantenimiento:	DPG	
Área de control:	DPG	
Área de procesamiento:	DPG	
Observables:	L1, L2, C1, P2	
Intervalo de registro:	5 seg	
Máscara de elevación:	5°	
Archivo diario:	24 HRS	
Formato de archivo nativo:	*T01	
Datos para el procesamiento:	06 al 19 de septiembre de 2020	
Tipo de órbita:	Efemérides precisas finales	
Archivo procesado:	Rinex 2.11	
Software de procesamiento:	Gamit / Globk V 10.71	
Procesador y analista GNSS:	Lic. Franklin Maylle Gamarra	
Revisado por:	CAP. EP. Rogger Montpoya Monroy	
7. CONTACTOS		
Oficina:	Departamento de Procesamiento Geodésico	
Dirección:	Av. Andrés Aramburú 1184, Surquillo, Lima 34, Perú	
Teléfono:	4759960 / 4753030 Anexo 120	
Correo:	cpg@ign.gob.pe / sirgas_peru@ign.gob.pe	
Web site:	http://209.45.65.186/rastreo_permanente	
		 Gerardo Arturo Timaná Estrada CIP: 108589 INGENIERO CIVIL

B. REPORTE POST – PROCESO DE LAS LINEAS BASE GPS 01

INFORME GEODESICO

CAPERA INMOBILIARIA CLUB

CL.987415261



CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840

PI06 - 02146 (09:41:27 a.m.-01:32:52 p.m.) (S3)

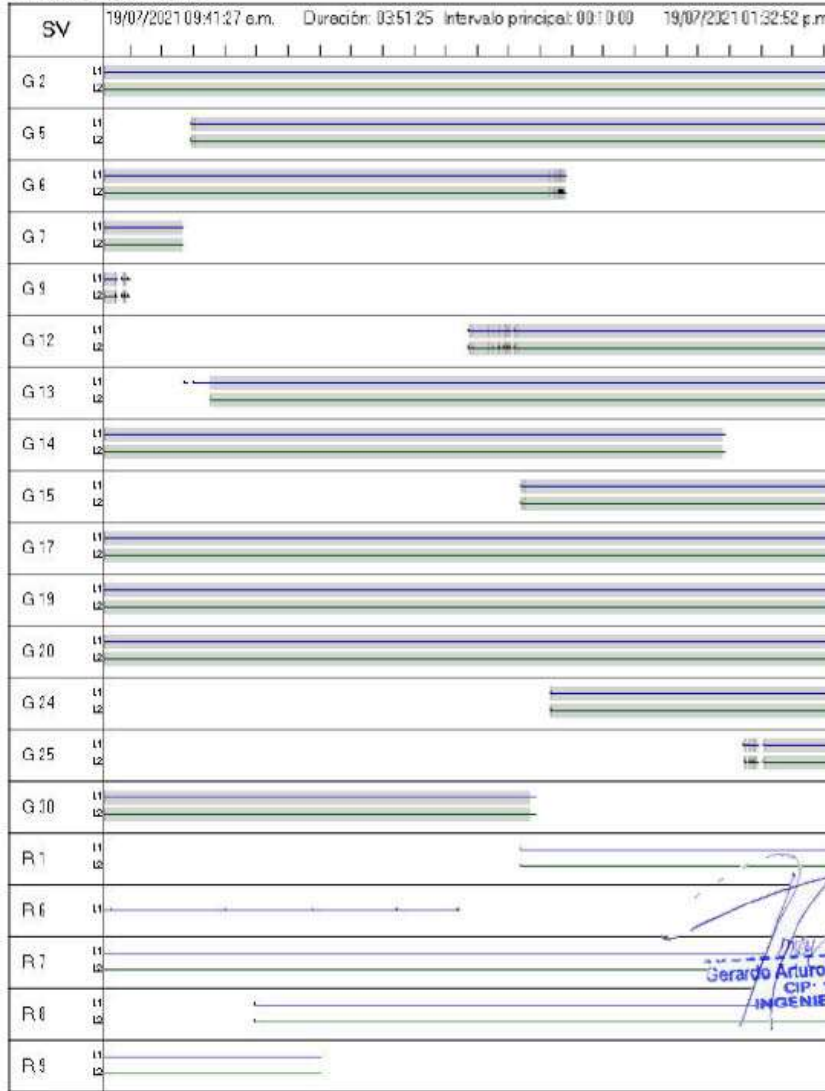
Observación de línea base:	PI06 -- 02146 (B3)
Procesados:	21/07/2021 06:57:18 p.m.
Tipo de solución:	Fija
Frecuencia utilizada:	Frecuencia doble (L1, L2)
Precisión horizontal:	0.003 m
Precisión vertical:	0.006 m
RMS:	0.009 m
PDOP máximo:	2.586
Efemérides utilizadas:	Transmisión
Modelo de antena:	NGS Absolute
Hora de inicio de procesamiento:	19/07/2021 09:41:27 a.m. (Local: UTC-5hr)
Hora de detención de procesamiento:	19/07/2021 01:32:52 p.m. (Local: UTC-5hr)
Duración del procesamiento:	03:51:25
Intervalo de procesamiento:	5 segundos

Gerardo Arturo Timaná Estrada
CIP: 106589
INGENIERO CIVIL



CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840

Resumen de seguimiento



Gerardo Arturo Timaná Estrada
Gerardo Arturo Timaná Estrada
CIP: 108589
INGENIERO CIVIL



CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840

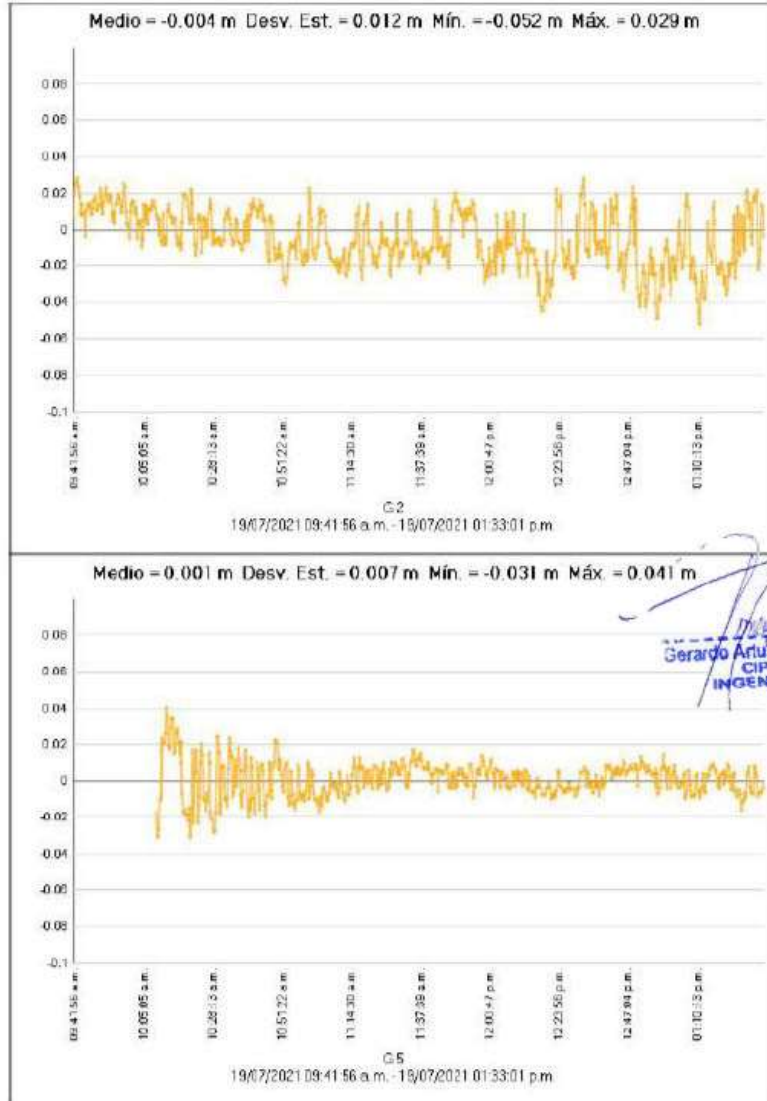
SV	19/07/2021 09:41:27 a.m.	Duración: 03:51:25	Intervalo principal: 00:10:00	19/07/2021 01:32:52 p.m.
R.10	11	[Timeline bar]		
R.12	11	[Timeline bar]		
R.21	11	[Timeline bar]		
R.22	11	[Timeline bar]		

Gerardo Arturo Timaná Estrada
CIP: 106589
INGENIERO CIVIL



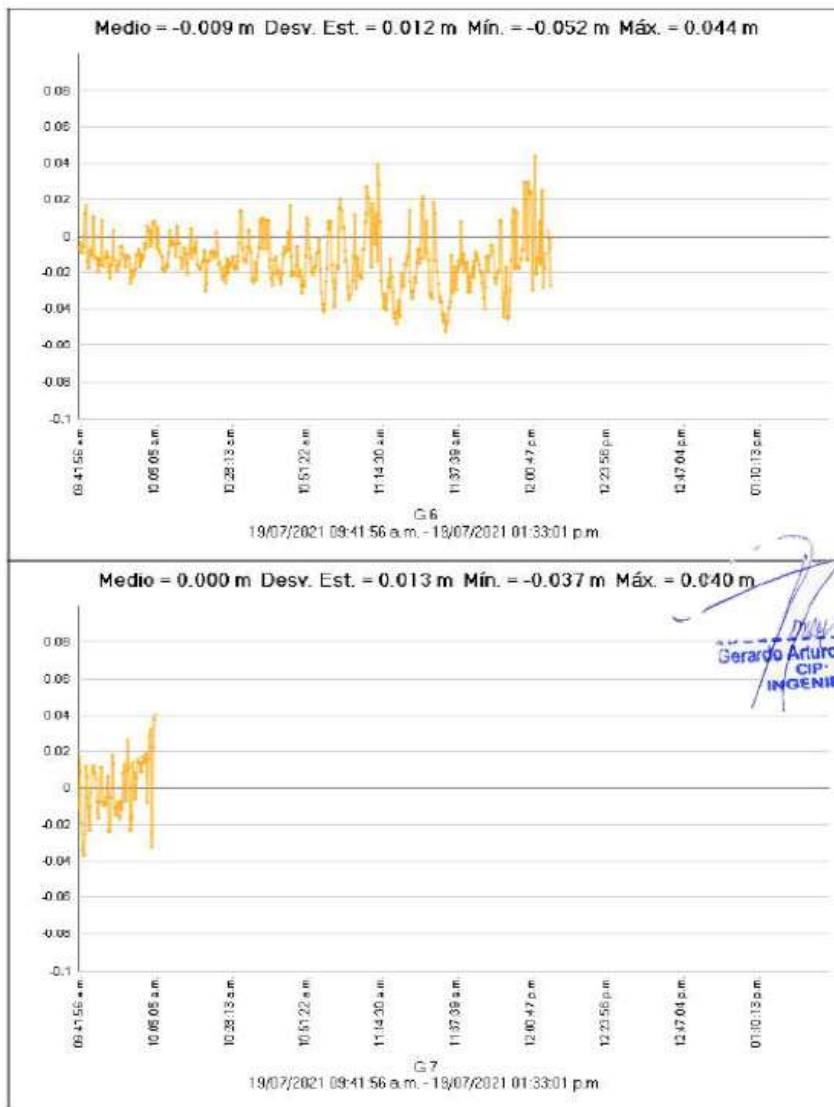
CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840

Residuales



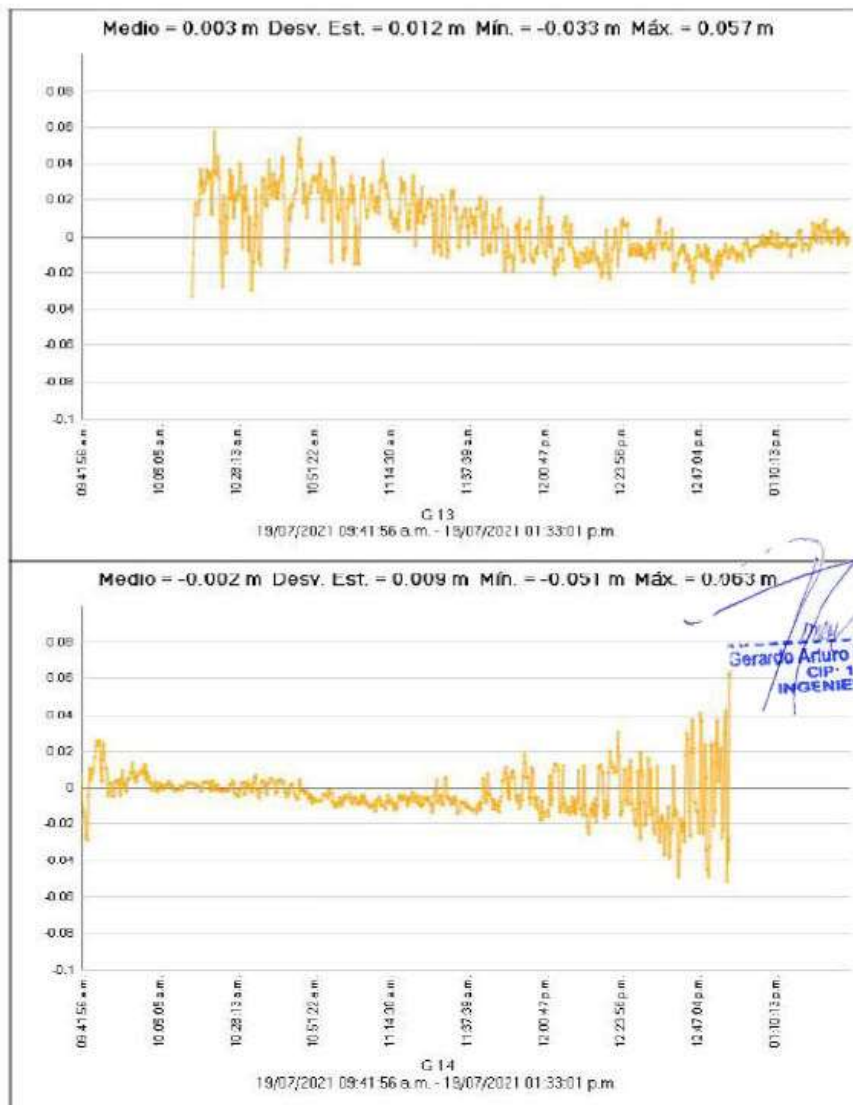


CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840



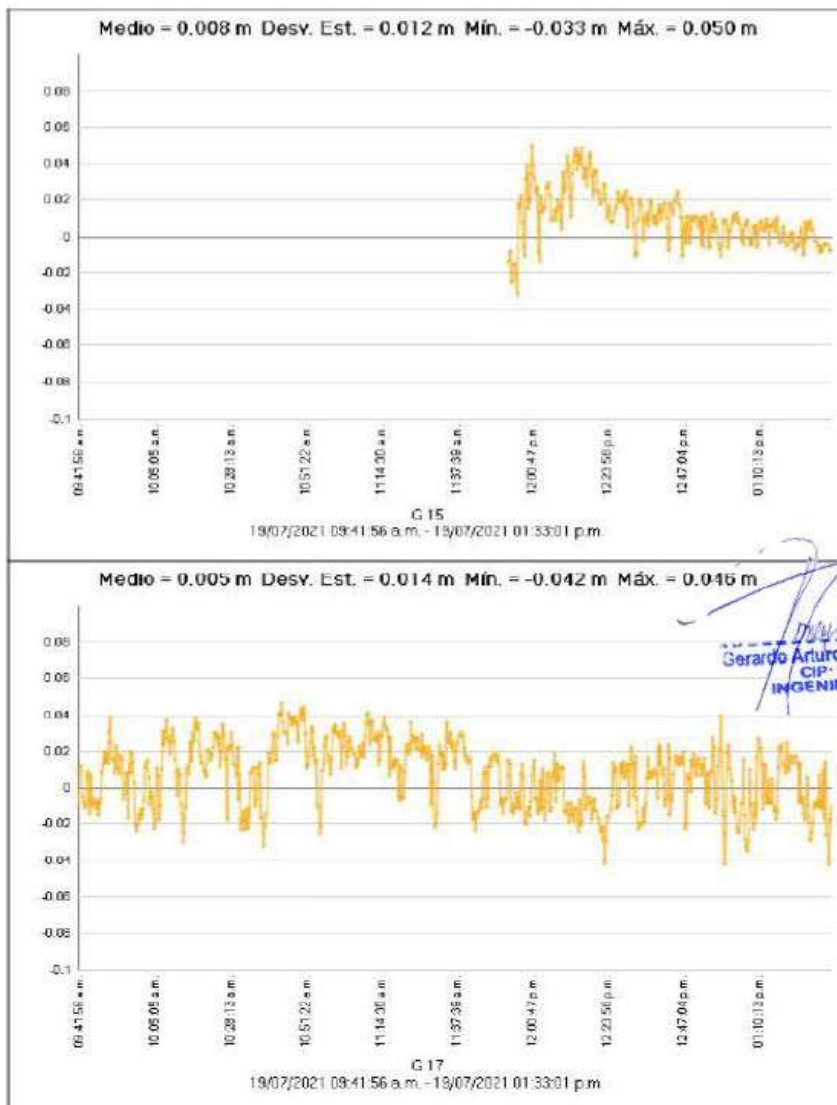


CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840



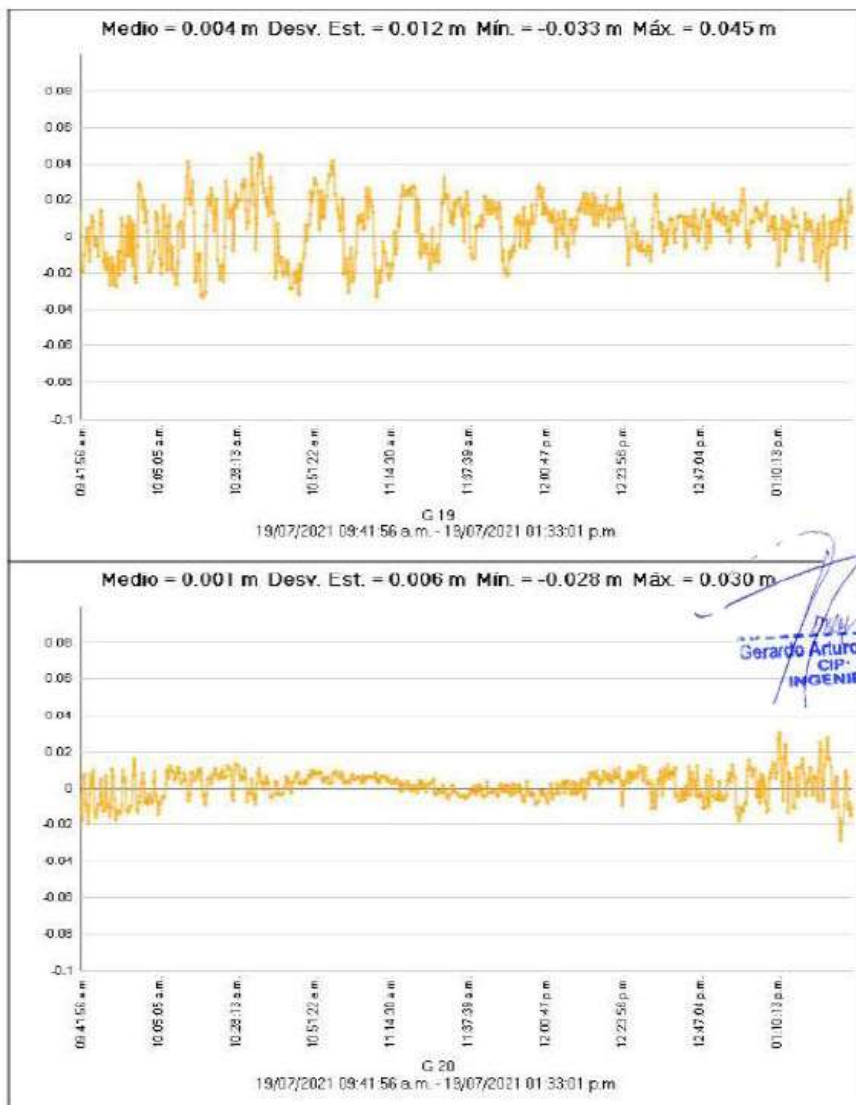


CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840



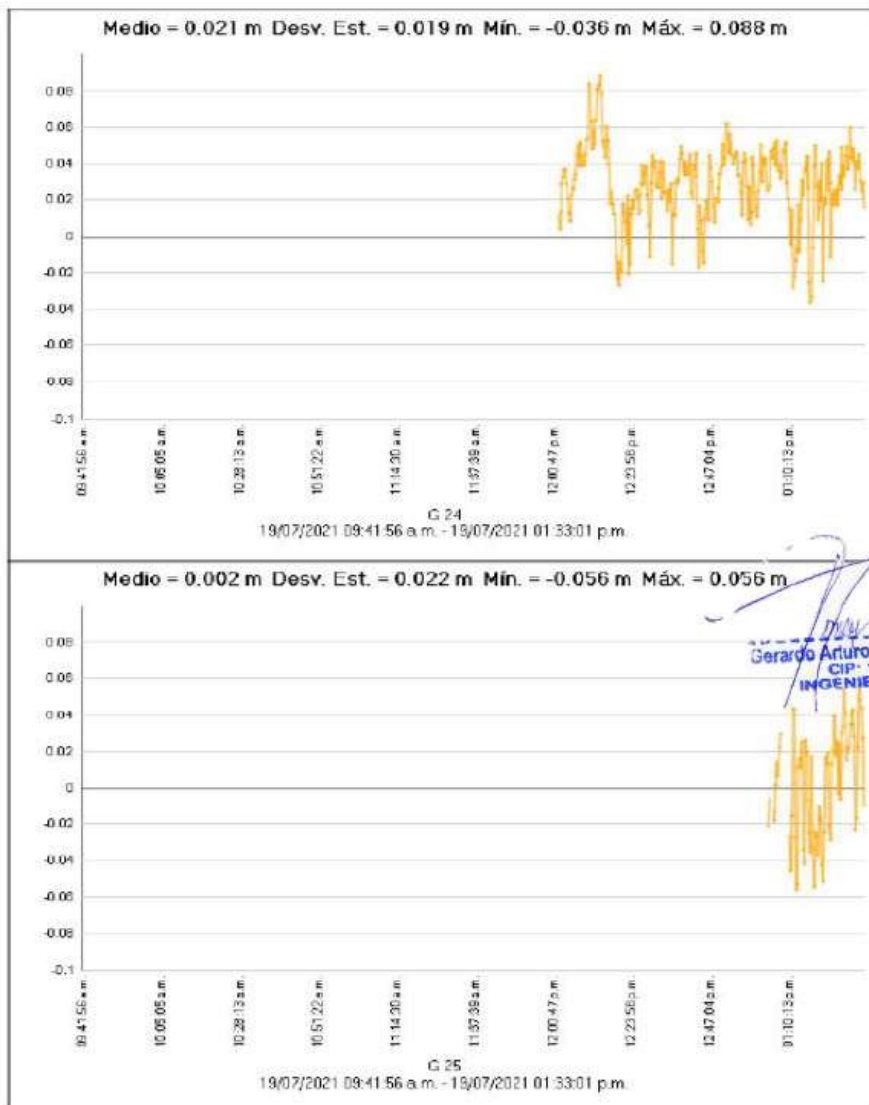


CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840



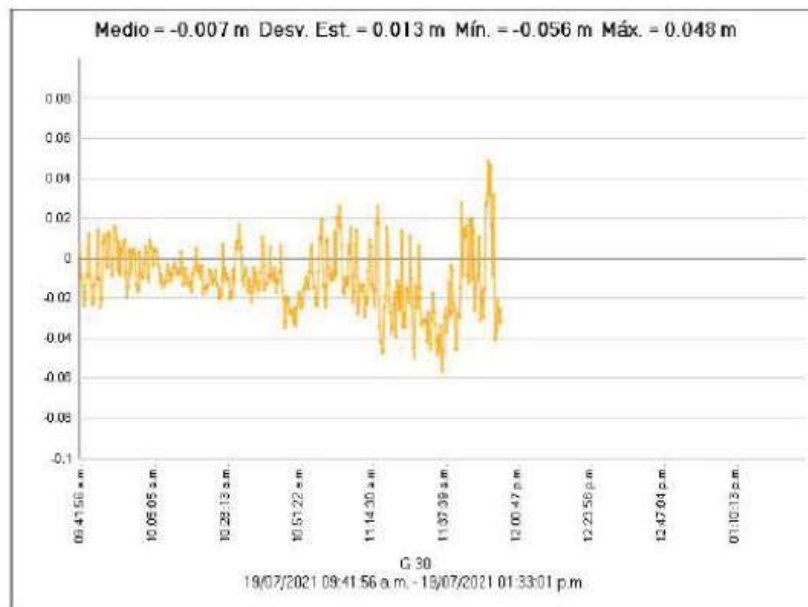


CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840





CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840



Gerardo Arturo Timaná Estrada
CIP- 108589
INGENIERO CIVIL





CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840

Estilo de procesamiento:

Máscara de elevación:	10.0 grad
Autoiniciar procesamiento:	Sí
Iniciar numeración automática de ID:	AUT0001
Vectores continuos:	No
Generar residuales:	Sí
Modelo de antena:	Automático
Tipo de efeméride:	Automático
Frecuencia:	Múltiples frecuencias
Intervalo de procesamiento:	Usar todos los datos
Forzar flotante:	No

Criterios de aceptación

Componente del vector	Indicador 	Fallida 
Precisión horizontal >	0.050 m + 1.000 ppm	0.100 m + 1.000 ppm
Precisión vertical >	0.100 m + 1.000 ppm	0.200 m + 1.000 ppm



Gerardo Arturo Timaná Estrada
CIP- 106589
INGENIERO CIVIL

REPORTEPOST-PROCESO DE LAS LINEAS BASE - BM02

INFORME GEODESICO

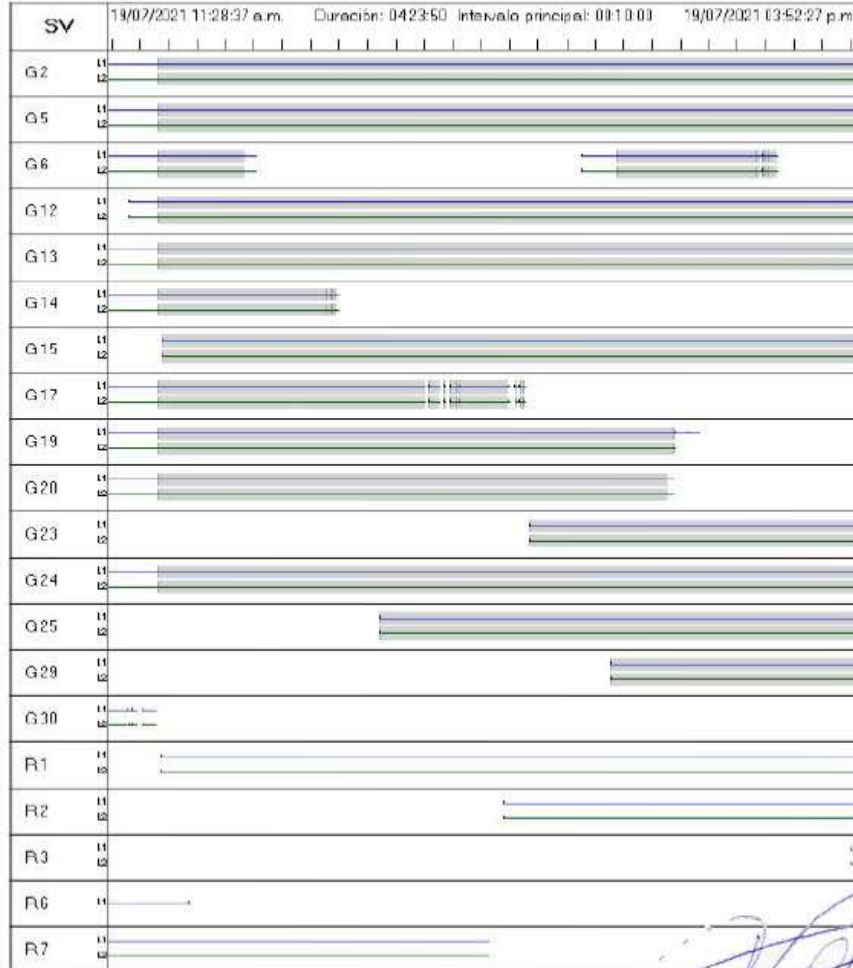
CAPERA INMOBILIARIA CLUB

CL.987415261



CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840

Resumen de seguimiento



Gerardo Arturo Timaná Estrada
Gerardo Arturo Timaná Estrada
CIP: 105589
INGENIERO CIVIL



CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
 RUC: 20606086840

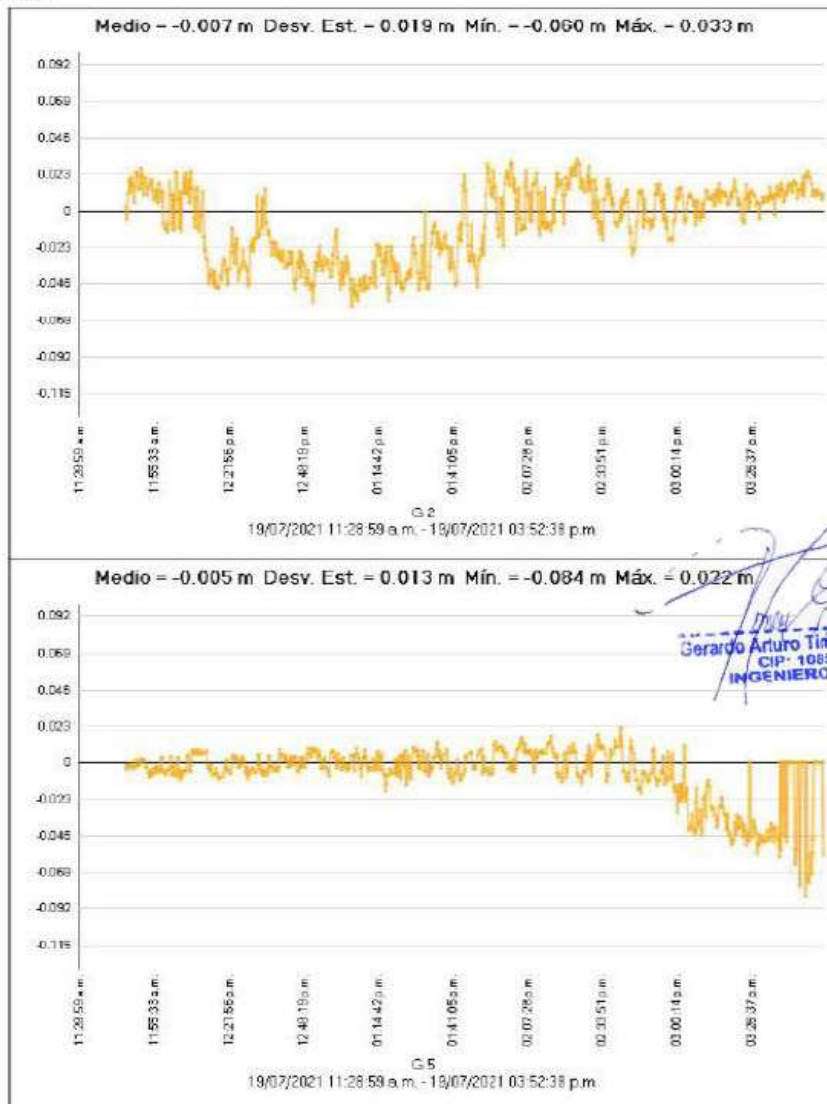
SV	19/07/2021 11:28:37 a.m.	Duración: 04:23:50	Intervalo principal: 00:10:00	19/07/2021 03:52:27 p.m.
R 8	15 12	[Timeline bar for R 8]		
R 10	15	[Timeline bar for R 10]		
R 12	15 12	[Timeline bar for R 12]		
R 21	15 12	[Timeline bar for R 21]		
R 22	15 12	[Timeline bar for R 22]		
R 23	15	[Timeline bar for R 23]		
R 24	15 12	[Timeline bar for R 24]		

[Handwritten Signature]
 Gerardo Arturo Timaná Estrada
 CIP: 106589
 INGENIERO CIVIL



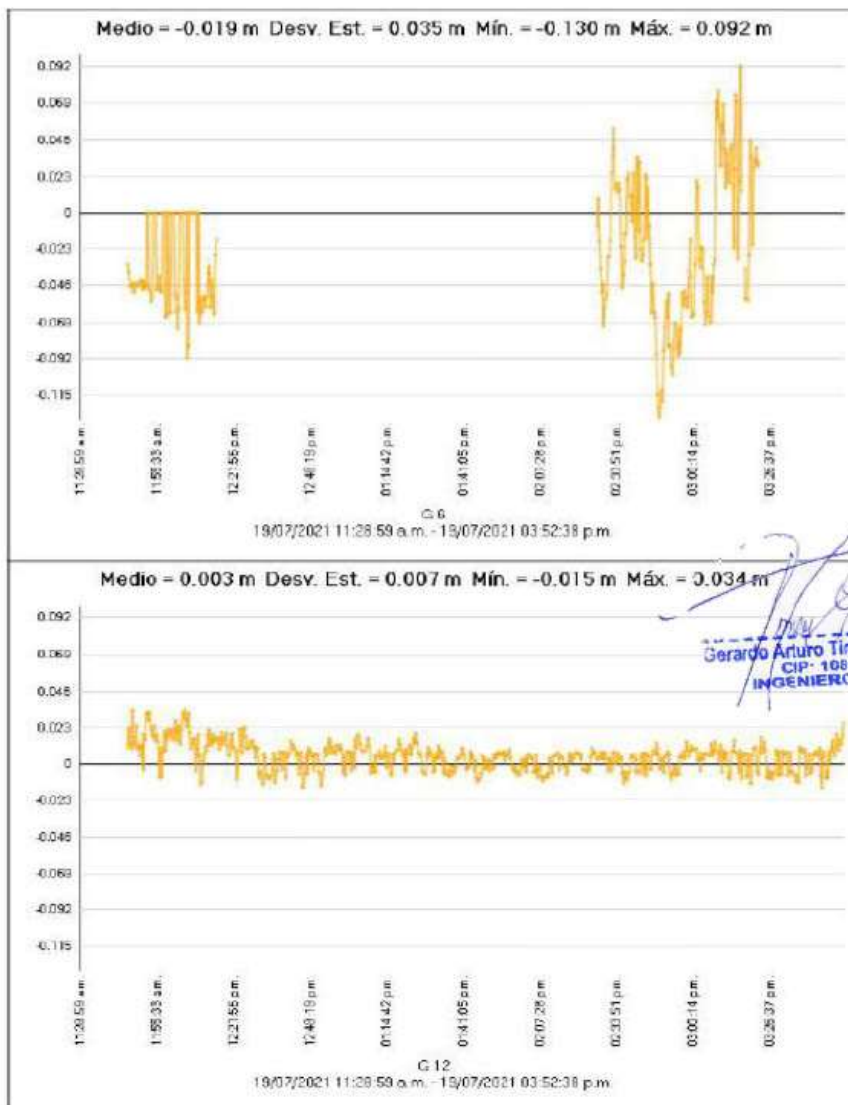
CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840

Residuales



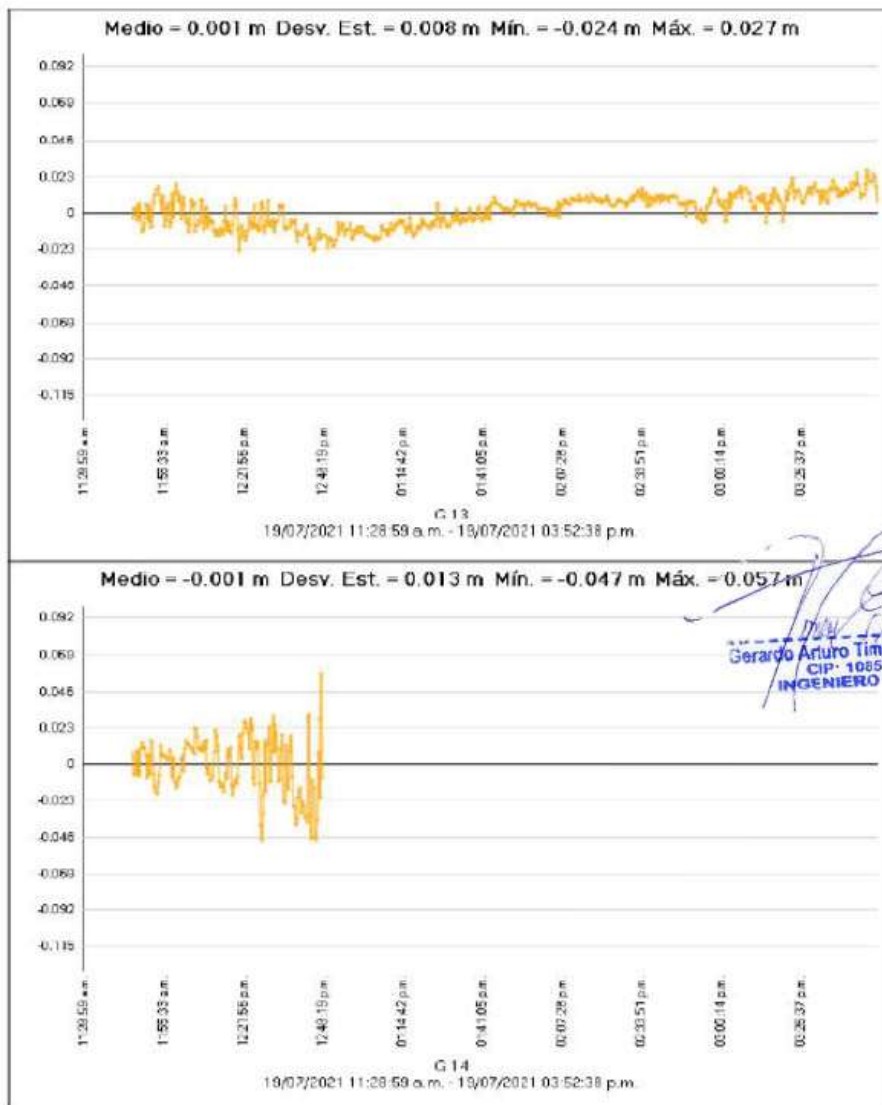


CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840



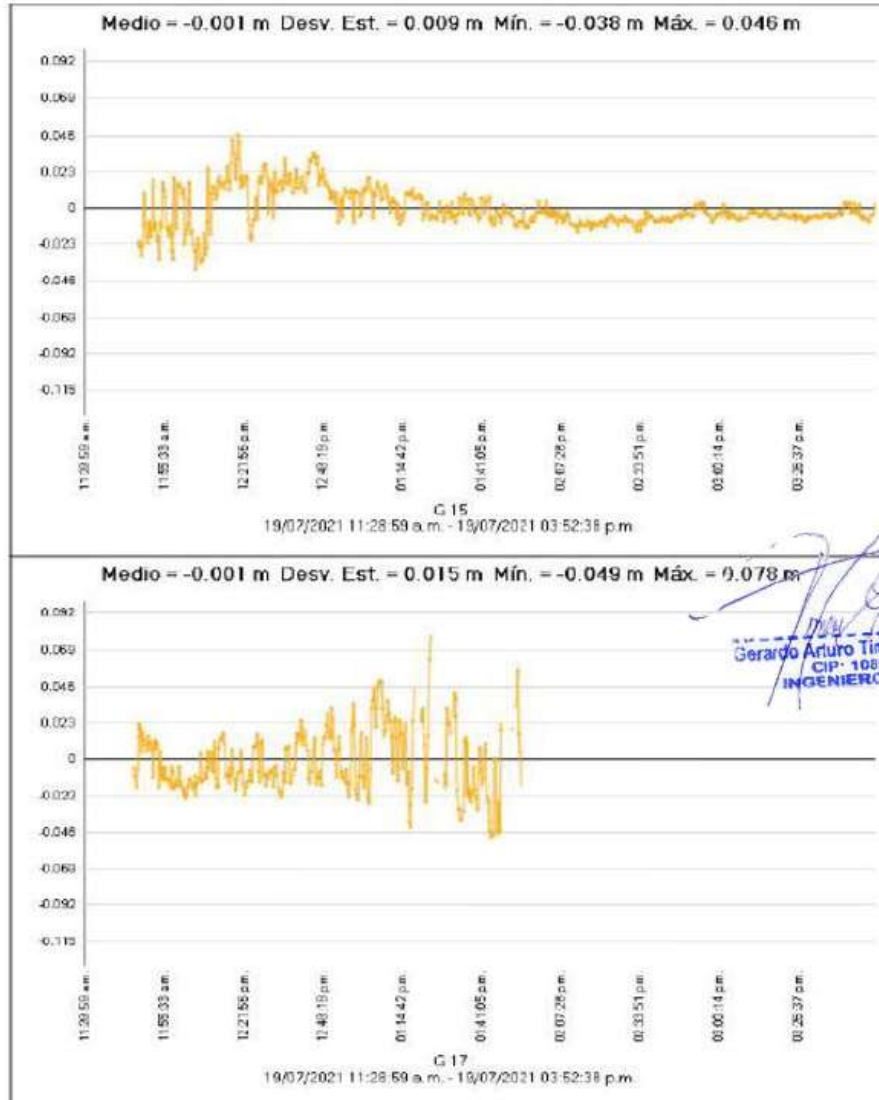


CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840



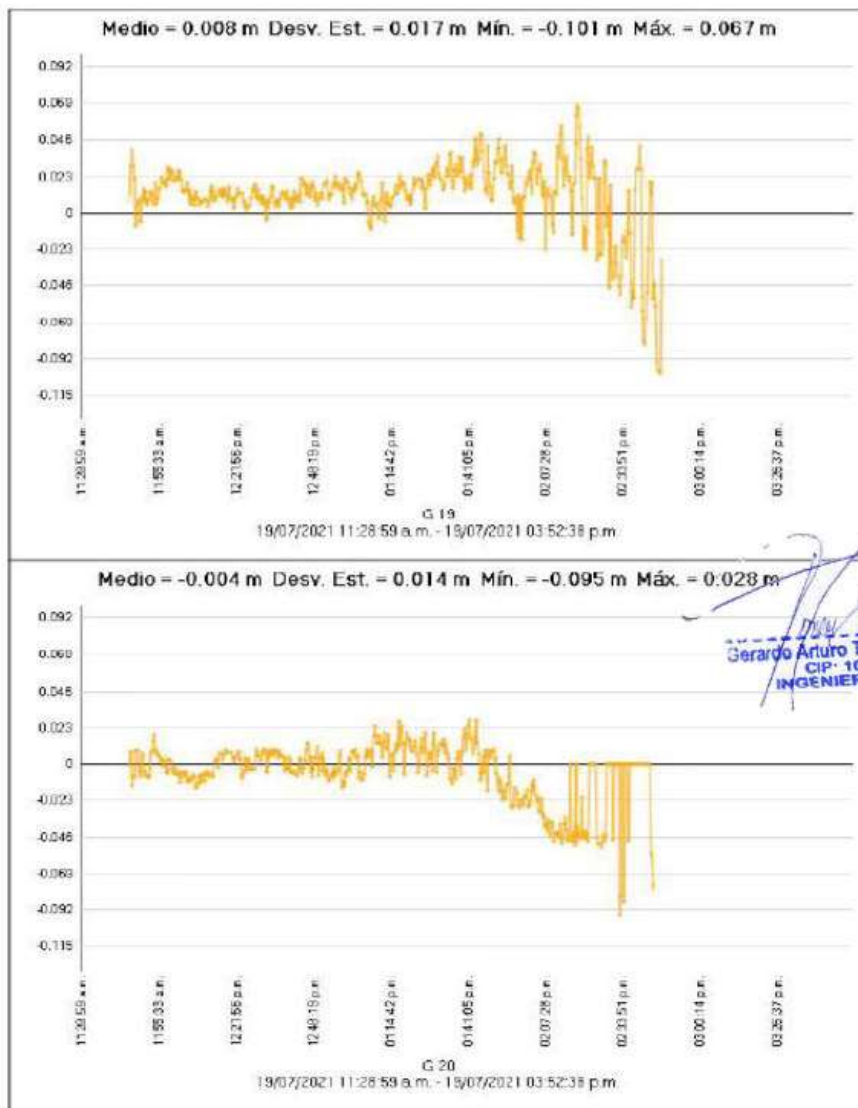


CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840



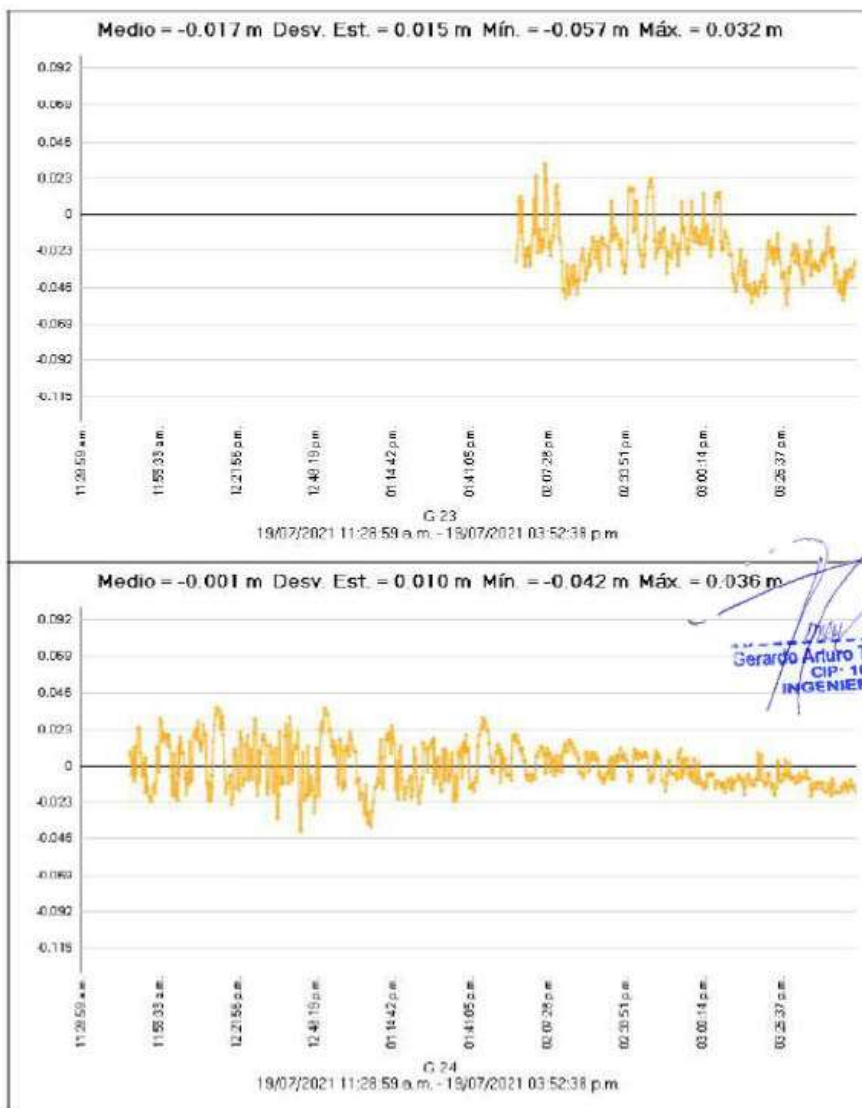


CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840



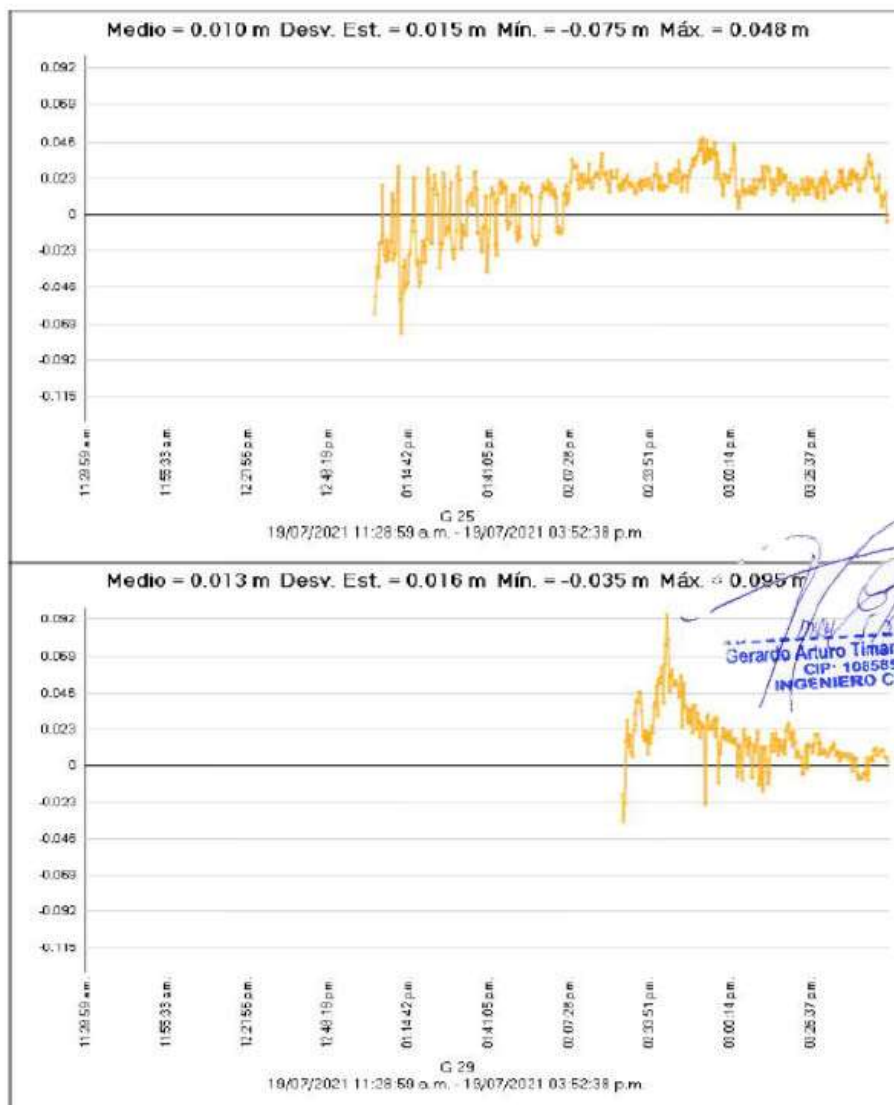


CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840





CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840







CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840

Estilo de procesamiento:

Máscara de elevación:	10.0 grad
Autoiniciar procesamiento:	Si
Iniciar numeración automática de ID:	AUTO0001
Vectores continuos:	No
Generar residuales:	Si
Modelo de antena:	Automático
Tipo de efeméride:	Automático
Frecuencia:	Múltiples frecuencias
Intervalo de procesamiento:	Usar todos los datos
Forzar flotante:	No

Criterios de aceptación

Componente del vector	Indicador 	Fallida 
Precisión horizontal >	0.050 m + 1.000 ppm	0.100 m + 1.000 ppm
Precisión vertical >	0.100 m + 1.000 ppm	0.200 m + 1.000 ppm



Gerardo Arturo Timaná Estrada
CIP- 106589
INGENIERO CIVIL



CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840

C. DATOS TECNICOS DEL EQUIPO

Principales Características

Un receptor configurable que puede ampliarse y medirse que cambian sus necesidades.

Disponibles en las siguientes configuraciones: receptor estacionario, solo base, solo móvil, o base y móvil.

Receptor de satélite avanzado con tecnología Trimble 960.

Incluye chips Trimble Maxwell 6 con 440 canales.

Se integra fácilmente con las estaciones totales Trimble serie 5 y el sistema móvil para la adquisición de imágenes Trimble V10 Imaging Rover.

Aplicaciones estables de software de campo Trimble Access y software de oficina Trimble Business Center.

Sistema Trimble R8 GNSS

UN RECEPTOR CONFIGURADO SEGÚN SUS NECESIDADES ACTUALES Y AMPLIABLE EN EL FUTURO

Desde más de 30 años, Trimble ha liderado la vanguardia en la tecnología de posicionamiento y continúa subiendo el listón. En vez de brindar un sistema preconfigurado, el Trimble® R8 le proporciona selectas características y tecnologías que usted necesita en un sistema ampliable y flexible. Personalice cada un R8 para un sistema a la medida de sus necesidades.

El Trimble R8 se integra fácilmente con las estaciones totales Trimble serie 5 y el aradoador Trimble V10 Imaging Rover. Cree una solución completa combinando el receptor Trimble R8 con un controlador de Trimble que ejecute el software de campo Trimble Access™, y el software de oficina Trimble Business Center.

Configure y Amplie con Facilidad

Con el Trimble R8, es fácil y sencillo diseñar un receptor que se adapte a las necesidades particulares de su trabajo. Dija la configuración que mejor se ajuste a sus necesidades, ya sea programáticamente, base, móvil, o una combinación de funciones de receptor base y móvil. Una vez seleccionada la configuración deseada, podrá agregar opciones, tecnologías adicionales para ampliar las prestaciones de su receptor.

El Trimble R8 es el último en su línea a opciones de adaptación de terreno. El Trimble R8 podrá adaptarse a cualquier que cambian sus necesidades. Se puede elegir la funcionalidad deseada cuando la necesita.

Tecnología Trimble 960

Todos los receptores Trimble R8 son equipados con la última tecnología de radio de satélite Trimble 960, lo cual es compatible con los señales de todos los sistemas de posicionamiento, existentes y próximos, y con todos los sistemas de navegación. La tecnología Trimble 960 permite al receptor recibir GNSS extender su alcance y llegar a ubicaciones que otros no pueden alcanzar a causa de una vegetación densa o un clima OMBLADO. Esto se logra aprovechando señales de satélite adicionales.

El Trimble R8 incluye dos chips Maxwell™ 6 y 440 canales GNSS integrados. Capaz de rastrear un rango completo de sistemas, señales, incluyendo GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou y QZSS. Soporta sistemas de comunicación Cellular, que brinda una conectividad de comunicaciones permanente, usted conseguirá el rendimiento de posicionamiento más confiable en una situación que seguirá siendo productiva en un futuro o largo plazo.

Opciones de Comunicación y Acceso Remoto por Web III

El receptor Trimble R8 GNSS brinda opciones de comunicación de datos integradas incluyendo la opción U-Blox banda ancha o el módem celular 3G.

La tecnología Trimble Web III de Trimble elimina la necesidad de tener que desplazarse para hacer un control rutinario de los receptores de la estación base. Solo tiene que analizar la condición y el estado de los receptores base y configurarlos remotamente desde la oficina. También puede actualizar datos de los GNSS a través de Web III para el posicionamiento, y almacenar datos adicionales al campo.

La Solución Completa

Cree una solución de campo líder de la industria combinando el receptor Trimble R8 GNSS con un aradoador controlador de Trimble cargado con el software de campo de Aut. Usa Trimble Access.

El software de campo Trimble Access brinda las características y funciones que mejoran su trabajo diario. Los módulos de flujo de trabajo simplificados, como como Cuentas, Control, Miras, y Terreno ayudan a las muchas topografías que son parte de proyectos similares y permiten que hagan el trabajo más rápido. Las empresas topográficas pueden implementar flujos de trabajo únicos aprovechando la capacidad de personalización que brinda el software de campo de software Trimble Access Software Development Kit (SDK).

De regreso en la oficina, Trimble Business Center le permite verificar, analizar y ajustar sus datos con confianza, independientemente de la solución Trimble que use en el campo, podrá confiar en el software de oficina Trimble Business Center para generar resultados fiables de la industria.

Aplicación Móvil de Trimble Una Nueva Manera de Capturar Datos Brutos GNSS Rápidamente

La aplicación Trimble Dr. Android brinda una interfaz móvil, simple y de fácil uso para capturar datos brutos GNSS estables para posicionamiento, sin necesidad de tener que usar un controlador Trimble ni el software de campo Trimble Access. Esta solución gratuita puede extraer datos de la tienda Google Play Store y funciona en las tabletas y teléfonos inteligentes de Android.






Gerardo Arturo Timaná Estrada
 CIP: 108589
 INGENIERO CIVIL



CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840

D. CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD DE EQUIPOS

CASA GRANDE
INGENIERIA & CONSULTORIA S.A.C



CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

DATOS DEL EQUIPO

RECEPTOR : GEODESICO (GNSS)
MARCA : TRIMBLE
MODELO : R8 Model 3
ANTENA : TRMR8_GNSS3
SERIE : 5009417878
FECHA DE VERIFICACION : 18/04/2021
FECHA DE VENCIMIENTO : 18/04/2022

EL PRESENTE DOCUMENTO CONSTATA QUE EL EQUIPO EN MENCIÓN CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES INDICADAS POR EL FABRICANTE, LUEGO DE HABER REALIZADO SU INSPECCION FISICA Y DE FUNCIONALIDAD, VERIFICANDO LA PRECISION Y LA CALIDAD DE SERAL RECIBIDA DE LAS CONSTELACIONES GPS y GLOMSS.

- **POSICIONAMIENTO RELATIVO ESTATICO :**
ESTATICO HORIZONTAL : $\pm 5 \text{ mm} + 0.5 \text{ ppm}$
ESTATICO VERTICAL : $\pm 5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$
- **POSICIONAMIENTO RELATIVO - REAL TIME KINEMATIC (RTK)**
CINEMATICO HORIZONTAL : $\pm 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$
CINEMATICO VERTICAL : $\pm 20 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$

RESPONSABLE DE VERIFICACION:	PROPIETARIO:
CASA GRANDE INGENIERIA & CONSULTORIA S.A.C	
RUC : 20605725296	RUC: 20604212732
 Victor Heredia Guerrero Gerente General	MUNDO CREATIVO E&E SAC

📍 Lima, Per ú
☎ +051 933 805 298
✉ vherediaguerreros@gmail.com


Gerardo Arturo Timaná Estrada
CIP: 106589
INGENIERO CIVIL



CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840

CASA GRANDE

INGENIERIA & CONSULTORIA S.A.C



CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

DATOS DEL EQUIPO

RECEPTOR : GEODESICO (GNSS)
MARCA : TRIMBLE
MODELO : R8 Model 2
ANTENA : PS88x
SERIE : 4850161471
FECHA DE VERIFICACION : 18/04/2021
FECHA DE VENCIMIENTO : 18/04/2022

EL PRESENTE DOCUMENTO CONSTATA QUE EL EQUIPO EN MENCION CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES INDICADAS POR EL FABRICANTE, LUEGO DE HABER REALIZADO SU INSPECCION FISICA Y DE FUNCIONALIDAD, VERIFICANDO LA PRECISION Y LA CALIDAD DE SERIAL RECIBIDA DE LAS CONSTELACIONES GPS y GLONASS.

- POSICIONAMIENTO RELATIVO ESTATICO :
- ESTATICO HORIZONTAL : $\pm 5 \text{ mm} + 0.5 \text{ ppm}$
ESTATICO VERTICAL : $\pm 5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$
- POSICIONAMIENTO RELATIVO - REAL TIME KINEMATIC (RTK)
- CINEMATICO HORIZONTAL : $\pm 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$
CINEMATICO VERTICAL : $\pm 20 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$

RESPONSABLE DE VERIFICACION:	PROPIETARIO:
CASA GRANDE INGENIERIA & CONSULTORIA S.A.C	
RUC : 20605725296	RUC: 20604212732
 Victor Heredia Guerreros Gerente General	MUNDO CREATIVO E&E SAC

Lima, Per ú
+051 933 805 298
victorheredia31914@gmail.com


Gerardo Arturo Timaná Estrada
CIP: 108589
INGENIERO CIVIL

DESCRIPCIÓN MONOGRÁFICA DEL PUNTO GEODÉSICO

INFORME GEODESICO

CAPERA INMOBILIARIA CLUB

CL.987415261



CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840

1. IMÁGENES DE LOS EQUIPOS GNSS UTILIZADOS

(IMAGEN FRONTAL Y POSTERIOR DE LA ANTENA GNSS QUE VISUALICE SUS DETALLES).

EQUIPO 1



EQUIPO 2



Gerardo Arturo Timaná Estrada
Gerardo Arturo Timaná Estrada
CIP: 108589
INGENIERO CIVIL



CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840

E. PANEL FOTOGRAFICO



Gerardo Arturo Timaná Estrada
Gerardo Arturo Timaná Estrada
CIP: 108589
INGENIERO CIVIL



CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840



Gerardo Ariuro Timaná Estrada
CIP- 108569
INGENIERO CIVIL





CAPERA INMOBILIARIA S.A.C.
RUC: 20606086840



Gerardo Arturo Timaná Estrada
CIP: 108589
INGENIERO CIVIL

INFORME GEODESICO

CAPERA INMOBILIARIA CLUB CL.987415261

Nota: Obtenido de Creación del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado en la Habilitación Urbana Loma Alta del Distrito de Piura Provincia de Piura - Departamento de Piura, por CAPERA, 2024.