



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y**  
**APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA LA JUNTA**  
**ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE “LOMA DE COFRES”**  
**DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO PREVIO A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE INGENIERO HIDRÁULICO

**AUTOR:**

Blanca Cecilia Cuyo Vega

**TUTOR:**

Ing. Xiomara Alejandra Zambrano Navarrete M.Sc

**LATACUNGA, JULIO 2025**

Latacunga, 29 de julio del 2025

### DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **Cuyo Vega Blanca Cecilia**, declaro ser autora del proyecto de titulación “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE LOMA DE COFRES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI**”, siendo la Ing. Xiomara Alejandra Zambrano Navarrete M.Sc., tutora del presente trabajo de titulación; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo tecnológico, son de mi exclusiva responsabilidad.



---

Cuyo Vega Blanca Cecilia

C.C.: 0504297573

## **CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR**

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **BLANCA CECILIA CUYO VEGA** identificado con cédula de ciudadanía No. **0504297573** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Hidráulica, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE “LOMA DE COFRES” DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI.**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2020 – Marzo 2021 Finalización de la carrera: Abril 2025 –

Agosto 2025 Aprobación en Consejo Directivo: 29 de Julio

Tutor: Ing. Xiomara Alejandra Zambrano Navarrete MSc

Tema: “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE “LOMA DE COFRES” DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI.**”,

**CLÁUSULA SEGUNDA.** - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA.** - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.

G) La publicación del trabajo de grado.

h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines

académicos y de consulta.

i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. – LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare. En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 29 días del mes de julio del 2025.



Cuyo Vega Blanca Cecilia  
**LA CEDENTE**

Ing. Idalia Pacheco Tigselema Ph.D.  
**LA CESIONARIA**

Latacunga, 25 de julio del 2025

## AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE LOMA DE COFRES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”**, propuesto por estudiante Cuyo Vega Blanca Cecilia, de la carrera de Hidráulica, considero que dicho proyecto de titulación cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos al tribunal de lectores.



---

Ing. Xiomara Zambrano, M.Sc.  
C.C.1313058453  
TUTORA


Latacunga, 29 de julio del 2025

### AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES


Cumpliendo con el Reglamento de Titulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Lectores de Tribunal de Proyecto de Investigación con el Título “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE LOMA DE COFRES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI**”, propuesto por el o la estudiante Blanca Cecilia Cuyo Vega de la Carrera de Ingeniería Hidráulica, me permito indicar que el o la estudiante ha concluido todas las observaciones y realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores, por lo cual presentamos el Aval de aprobación del Proyecto de Titulación correspondiente a la modalidad Proyecto de Investigación, en virtud de lo cual el o la postulante puede presentarse a la Defensa de su Proyecto de Titulación.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.

Atentamente,



Lector 1 (Presidente)  
Ing. Giler Ormaza Andy Miguel  
CC:1312820325



Lector 2  
Ing. Toaza Iza Jimmy Xavier  
CC: 1717621062



Lector 3  
Ing. Martínez Herrera Yadira  
CC:0502904857

# CERTIFICACIÓN DE INFORME DE SIMILITUD

En mi calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica con el tema: “DISEÑO DE UN SISTEMA PARA LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE LOMA DE COFRES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”, de Cuyo Vega Blanca Cecilia, de la carrera de hidráulica remito la captura de pantalla del reporte del sistema de reconocimiento de texto Turnitin, con un porcentaje de coincidencias del 6 %; y, expreso una vez más, mi conformidad en cuanto a la dirección del trabajo de titulación.



Página 2 of 96 · Descripción general de integridad

Identificador de la entrega: trncoid=1:3306562758

## 6% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

### Fuentes principales

- 5% Fuentes de Internet
- 0% Publicaciones
- 4% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

#### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Latacunga, agosto del 2025.

Ing. Xiomara Zambrano, M.Sc.

CC: 1313058453

TUTOR

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco profundamente a Dios, por brindarme salud, sabiduría y fortaleza a lo largo de este proceso académico. A mi esposo y a mi hija, por ser mi mayor motivación y llenarme de alegría aun en los días más desafiantes. A mis padres Pascual Cuyo, Zoila Vega y a mis hermanos, por sus consejos y enseñanzas que han sido guía en mi formación personal y profesional.*

*A Mercedes, Segundo, a mis primos Martha y Luis, por su apoyo invaluable y por estar siempre dispuestos a tenderme una mano en los momentos que más lo necesitaba.*

*Agradezco sinceramente a Karina Pasquel y David Vásquez, quienes no solo me brindaron su cariño y confianza, sino también su respaldo incondicional durante toda mi carrera, gracias por abrirme las puertas de su hogar, les estaré eternamente agradecida por acompañarme con tanto amor en este camino.*

*A mi amiga Jeniffer por compartir risas, desvelos, aprendizajes y sueños, tu compañía fue un faro en medio del esfuerzo y la incertidumbre, y tu amistad, un regalo que guardo con gratitud y cariño.*

*A todos mis docentes por compartir su conocimiento, por su paciencia y orientación a lo largo de mi carrera. En especial, a la Ing. Xiomara Zambrano, por su valiosa guía, compromiso y dedicación durante mi formación profesional.*

*Y finalmente, a la Universidad Técnica de Cotopaxi, por abrirme las puertas del conocimiento y brindarme la formación académica que hoy me permite cumplir este sueño.*

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo con todo mi cariño y gratitud a Dios, por ser mi guía constante, por darme la fuerza y la perseverancia necesarias para alcanzar este logro. Dedico esta tesis con todo mi amor a mi esposo Alexander, por ser mi fortaleza, mi inspiración y mi motivo para seguir adelante, por levantarme cada vez que sentía que me rendía, su amor, paciencia y apoyo incondicional fueron fundamentales para alcanzar esta meta. Cada página de esta tesis lleva su esfuerzo y sacrificio.*

*A mis padres, y hermanos, por ser mi pilar y ejemplo de esfuerzo, responsabilidad y amor incondicional. Gracias por creer en mí, incluso cuando yo dudaba, y en especial, a la memoria de mi querido hermano Hugo, cuya presencia sigue viva en mi corazón y cuya luz me acompañó en cada paso de este camino, quien estuvo a mi lado en los momentos más difíciles, y cuya partida dejó un vacío imposible de llenar, pero mi amor sigue vivo en mi corazón.*

*Quiero dedicar y expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a Silvia Vásquez, quien no solo ha sido un apoyo incondicional durante todo este proceso, sino también un verdadero pilar en mi vida, gracias por su generosidad, por compartir su tiempo, y sus palabras. Nunca olvidaré cómo cuidó de mi hija con tanto cariño mientras yo estudiaba, permitiéndome avanzar sin temor, sabiendo que ella estaba en buenas manos, su ayuda ha ido más allá de lo material, gracias por estar siempre ahí, por extenderme la mano sin pedir nada a cambio, y por ser parte esencial de este logro.*

*A mi amada hija Emiliana, mi inspiración más grande, mi razón de lucha y de vida. Cada paso que he dado en este camino ha sido impulsado por tu existencia, por tu sonrisa y por el inmenso amor que despiertas en mí. Esta meta alcanzada es también tuya, porque en cada desvelo, en cada esfuerzo y en cada logro, estuviste presente en mi corazón.*

*Gracias por dar sentido a mis días y por enseñarme que el amor verdadero es la fuerza más poderosa.*

*Y a todas aquellas personas que, de una u otra manera, me acompañaron durante este proceso, este logro también es de ustedes.*

*Con todo mi amor, Cecilia*

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

### TÍTULO: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE LOMA DE COFRES DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

**Autor:**

Cuyo Vega Blanca Cecilia

#### RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo el diseño hidráulico de un sistema de bombeo para abastecimiento de agua potable en una zona de alta montaña. El estudio se desarrolló considerando las condiciones topográficas, hidráulicas y operativas del entorno, con un análisis integral de la línea de conducción, pérdidas de carga y requerimientos energéticos del sistema. Como resultado, se determinó un caudal de diseño de 3,35 litros por segundo para cubrir la demanda proyectada de la población beneficiaria.

El sistema incorpora una tubería de impulsión de 75 mm de diámetro, con una longitud total de 2.899,4 metros y una altura dinámica de 94 metros. Para garantizar la eficiencia y continuidad del servicio, se seleccionaron dos bombas centrífugas de 7,5 HP cada una, trabajando en paralelo. Esta configuración permite una operación flexible, una distribución más eficiente del esfuerzo mecánico y una mayor seguridad frente a fallos operativos. La velocidad del flujo en la tubería es de 1,05 m/s, valor que se encuentra dentro de los rangos técnicos recomendados.

El diseño propuesto cumple con los lineamientos de la normativa INEN y responde a criterios técnicos, económicos y sociales, aportando una solución viable y sostenible para el abastecimiento de agua en comunidades de difícil acceso geográfico.

**Palabras clave:** sistema de bombeo, diseño hidráulico, caudal, bombas en paralelo, agua potable

# **TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**

## **FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**

**TITLE: “DESIGN OF A PUMPING SYSTEM FOR THE WATER ADMINISTRATIVE BOARD OF LOMA DE COFRES IN THE CITY OF LATACUNGA, PROVINCE OF COTOPAXI”**

**Author:**

Cuyo Vega Blanca Cecilia

### **ABSTRACT**

This degree project aims to design a hydraulic pumping system to supply drinking water in a high mountain area. The study was developed considering the topographic, hydraulic, and operational conditions of the environment, with a comprehensive analysis of the transmission line, head losses, and the system's energy requirements. As a result, a design flow rate of 3.35 liters per second was determined to meet the projected demand of the beneficiary population. The system incorporates a 75 mm diameter pumping pipe with a total length of 2,899.4 meters and a dynamic head of 94 meters. To ensure efficiency and continuity of service, two 7.5 HP centrifugal pumps operating in parallel were selected. This configuration allows for flexible operation, more efficient distribution of mechanical load, and increased reliability against operational failures. The flow velocity in the pipe is 1.05 m/s, a value that falls within technically recommended ranges. The proposed design complies with INEN standards and adheres to technical, economic, and social criteria, providing a viable and sustainable solution for water supply in geographically challenging communities.

**Keywords:** pumping system, hydraulic design, flow rate, parallel pumps, drinking water

## ÍNDICE GENERAL

1 INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2 INTRODUCCIÓN .....	2
2.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA .....	3
2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	4
2.3 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN .....	4
2.3.1 Objeto de Investigación .....	4
2.3.2 Campo de Acción .....	4
2.4 BENEFICIARIO .....	4
2.4.1 Directos.....	4
2.4.2 Indirectos .....	5
2.5 JUSTIFICACIÓN.....	5
2.6 OBJETIVOS.....	5
2.6.1 General.....	5
2.6.2 Específicos.....	5
2.7 SISTEMAS DE TAREAS .....	6
3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	7
3.1 EL AGUA .....	7
3.2 FUENTES DE AGUA .....	7
3.2.1 Las principales fuentes tradicionales de agua eran.....	7
3.2.2 Aguas de lluvia .....	8
3.2.3 Aguas superficiales.....	8
3.2.4 Aguas subterráneas .....	8
3.3 POBLACIÓN .....	8
3.3.1 Crecimiento poblacional.....	8
3.4 SERVICIOS BÁSICOS .....	9

3.5 SISTEMA DE AGUA POTABLE .....	9
3.5.1 Criterios de estudio preliminar .....	10
3.5.2 Componentes principales del sistema.....	10
3.5.3 Conceptos básicos de diseño .....	11
3.6 SISTEMA DE BOMBEO .....	12
3.6.1 Tipos de sistema de bombeo de agua .....	12
3.6.2 Nomenclatura de una instalación de bombeo .....	12
3.7 COMPONENTES DEL SISTEMA DE BOMBEO.....	13
3.8 BOMBAS .....	14
3.8.1 Principales componentes de una bomba de agua.....	14
3.8.2 Bomba Centrífuga .....	14
3.8.3 Ventajas de las bombas centrífugas .....	14
3.8.4 Clasificación según la dirección del flujo.....	15
3.8.5 Acoplamiento de Bombas.....	15
3.8.6 Curva característica de la bomba.....	17
3.8.7 Instalación de los sistemas de bombeo .....	17
3.8.8 Válvula de pie y filtro.....	18
3.8.9 Válvulas de apertura o de cierre .....	19
3.8.10 Manómetros .....	20
3.8.11 Válvula check .....	20
3.8.12 Válvula de descarga o de retención .....	21
3.8.13 Válvula de aire.....	21
3.8.14 Tuberías .....	22
3.8.15 Cebado .....	23
4 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS .....	23
4.1 DESARROLLO DEL PROYECTO .....	23

4.2 ESQUEMA METODOLÓGICO .....	24
4.3 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN .....	25
4.3.1 Área de Estudio .....	25
4.4 PROCEDIMIENTO.....	27
4.4.1 Simulación del sistema .....	27
4.5 NORMATIVAS APLICADAS .....	28
4.6 BASES DE DISEÑO.....	29
4.6.1 Aforamiento.....	29
4.6.2 Cálculo Poblacional.....	30
4.6.3 Dimensionamiento del Tanque de Captación .....	31
4.6.4 Tiempo de Llenado del Tanque .....	32
4.6.5 Parámetros de Diseño Hidráulico .....	32
4.6.6 Período de Diseño.....	34
4.6.7 Diseño por componentes .....	35
4.6.8 Criterios considerados para definir el período de diseño .....	35
4.6.9 Estimación de dotación y caudal de diseño .....	36
4.6.10 Factor de mayoración .....	37
4.6.11 Caudal medio ( $Q_m$ ) .....	37
4.6.12 Caudal máximo diario (QMD) .....	38
4.6.13 Caudal máximo horario (QMH) .....	38
4.6.14 Fuga .....	39
4.6.15 Dotación de agua contra incendios .....	39
4.6.16 Caudales de diseño .....	40
4.6.17 Volúmenes de almacenamiento .....	40
4.6.18 Cálculo de la Bomba.....	42
4.6.19 Cálculo del diámetro de tubería.....	44

4.6.20	Cálculo de la velocidad en la tubería.....	44
4.6.21	Cálculo de la Altura Manométrica Total y Potencia de la Bomba.....	45
4.6.22	Pérdidas por fricción.....	46
4.6.23	Pérdidas menores.....	47
4.6.24	Pérdidas totales por succión e impulsión.....	47
4.6.25	Altura de velocidad.....	47
4.6.26	Altura dinámica de elevación.....	48
4.6.27	Altura manométrica total.....	48
4.6.28	Potencia requerida por la bomba.....	49
4.6.29	Selección del tipo de bomba.....	49
4.6.30	Curva característica de la bomba.....	50
4.6.31	Dimensionamiento del Tanque de almacenamiento.....	50
4.6.32	Tiempo de Llenado del Tanque.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.7	EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO.....	51
5	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	53
5.1	AFORAMIENTO.....	53
5.2	DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO.....	54
5.2.1	Cálculo poblacional.....	54
5.2.2	Dimensionamiento del tanque de captación.....	56
5.2.3	Dimensiones del tanque.....	56
5.2.4	Tiempo de llenado.....	56
5.2.5	Vida útil esperada de los componentes.....	57
5.2.6	Aplicación del período de diseño en el sistema propuesto.....	57
5.3	ESTIMACIÓN DE DOTACIÓN Y CAUDAL DE DISEÑO.....	58
5.3.1	Factor de mayoración y caudal medio.....	58
5.4	CÁLCULO DEL CAUDAL MEDIO DIARIO (QM).....	59

5.4.1 Cálculo del caudal de diseño .....	59
5.5 CAUDALES DE DISEÑO Y FACTOR DE FUGAS .....	60
5.5.1 Caudal máximo diario (QMD) .....	60
5.5.2 Caudal máximo horario (QMH) .....	60
5.5.3 Factor de fugas .....	61
5.6 CAUDALES DE DISEÑO .....	62
5.7 VOLÚMENES DE ALMACENAMIENTO .....	63
5.7.1 Consideraciones adicionales .....	64
5.8 CÁLCULO DE BOMBA .....	65
5.8.1 Parámetro de utilización de la bomba .....	65
5.9 CAUDAL DE DISEÑO DE LA BOMBA .....	66
5.10 CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA .....	67
5.10.1 Fórmula empleada .....	67
5.10.2 Selección del diámetro comercial .....	67
5.11 CÁLCULO DE VELOCIDADES EN LA TUBERÍA .....	68
5.11.1 Cálculo de la Altura Dinámica Total (HMT) .....	69
5.12 POTENCIA DE LA BOMBA .....	74
5.13 VELOCIDAD ESPECÍFICA ( <i>ns</i> ) .....	75
5.14 CURVA CARACTERÍSTICA DE LA BOMBA .....	77
5.15.1. Dimensionamiento del Tanque de almacenamiento .....	78
5.16. MODELACIÓN DEL SISTEMA .....	81
5.15 PRESUPUESTO REFERENCIAL .....	83
5.17. ANÁLISIS ECONÓMICO .....	84
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	88
6.1 CONCLUSIONES .....	88
7 REFERENCIAS .....	90
8 ANEXOS .....	96

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Modalidad de titulación .....	1
Tabla 2. Campos de la Ciencia y Tecnología UNESCO [1] .....	1
Tabla 3. Nomenclatura Internacional UNESCO [1] .....	4
Tabla 4. Beneficiarios directos .....	4
Tabla 5 Sistema de Tareas del Plan de Titulación.....	6
Tabla 6 Coordenadas de estudio .....	25
Tabla 7 Datos del proyecto .....	26
Tabla 8 Aforo del caudal.....	29
Tabla 9 Consumo de Agua potable de acuerdo a la población y Tipo de clima .....	33
Tabla 10. Vida útil de componentes de sistemas de agua potable .....	34
Tabla 11. Niveles deservicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.....	36
Tabla 12. Variaciones de Consumo para los Sistemas de Agua Potable.....	37
Tabla 13. Porcentaje de fugas a considerarse en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable.....	39
Tabla 14. Dotación de agua contra incendios .....	39
Tabla 15. Caudales de diseño para los elementos de un sistema de agua potable.....	40
Tabla 16. Métodos de cálculo poblacional .....	55
Tabla 17. Dimensiones del tanque de captación.....	56
Tabla 18 Caudales de diseño .....	62
Tabla 19 Perdidas por succión .....	70
Tabla 20 Pérdidas por impulsión .....	72
Tabla 21 Tabla de datos .....	73
Tabla 22. Propiedades del Agua .....	74
Tabla 23. Parámetros hidráulicos considerados para la selección de bomba .....	76
Tabla 24. Dimensiones del tanque de almacenamiento .....	80

Tabla 25. Resultado de volúmenes .....	80
Tabla 26. Datos ingresados en EPANET .....	81
Tabla 27. Presupuesto referencial .....	83
Tabla 28 VAN Vs TIR.....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de la bomba[31].....	13
Figura 2. Bomba centrífuga [32] .....	15
Figura 3. Curva en paralelo [33].....	16
Figura 4. Implementación de bombas en paralelo [33] .....	16
Figura 5 Curva en serie.....	16
Figura 6 Implementación en Serie.....	16
Figura 7 Curva característica.....	17
Figura 8. Accesorios en el sistema de bombeo [34] .....	18
Figura 9. Válvula de pie con filtro [35] .....	19
Figura 10. Válvula de cierre [37].....	19
Figura 11. Manómetro [38].....	20
Figura 12. Válvula check [33] .....	21
Figura 13. Válvula de retención [34].....	21
Figura 14. Válvula de aire [35].....	22
Figura 15. Tubería PVC [18].....	23
Figura 16. Esquema Metodológico.....	24
Figura 17. Ubicación Área de estudio .....	26
Figura 18. Esquema simulación EPANET.....	27
Figura 19. Esquema altura estática de succión .....	69
Figura 20. Tabla de rango de bombas.....	76
Figura 21 Curva de la bomba .....	77
Figura 22. TIR .....	87

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación(1) Fórmula del caudal.....	30
Ecuación_(2) Fórmula aritmético o lineal.....	30
Ecuación_(3) Fórmula método exponencial.....	31
Ecuación_(4) Fórmula método geométrico.....	31
Ecuación_(5) Fórmula cálculo de altura.....	31
Ecuación_(6) Fórmula cálculo de base.....	32
Ecuación_(7) Fórmula cálculo de longitud.....	32
Ecuación_(8) Fórmula tiempo de llenado.....	32
Ecuación_(9) Fórmula caudal medio.....	37
Ecuación_(10) Fórmula caudal diario.....	38
Ecuación_(11) Fórmula caudal máximo.....	38
Ecuación_(12) Fórmula caudal máximo horario.....	39
Ecuación_(13) Fórmula caudal medio diario corregido por fugas.....	41
Ecuación_(14) Fórmula volumen medio diario.....	41
Ecuación_(15) Fórmula volumen de regulación.....	41
Ecuación_(16) Fórmula volumen total de almacenamiento.....	42
Ecuación_(17) Fórmula porcentaje de utilización de la bomba.....	43
Ecuación_(18) Fórmula caudal de diseño.....	43
Ecuación_(19) Fórmula cálculo diámetro de la tubería.....	44
Ecuación_(20) Fórmula cálculo de velocidad de flujo.....	44
Ecuación_(21) Fórmula desejado de cálculo de velocidad.....	45
Ecuación_(22) Fórmula altura estática de succión.....	45
Ecuación_(23) Fórmula altura estática de impulsión.....	45
Ecuación_(24) Fórmula altura estática total.....	46
Ecuación_(25) Fórmula pérdida por fricción.....	46

Ecuación_(26) Fórmula Hazen Williams .....	46
Ecuación_(27) Fórmula pérdidas menores por accesorios .....	47
Ecuación_(28) Fórmula pérdidas totales por succión .....	47
Ecuación_(29) Fórmula altura de velocidad.....	48
Ecuación_(30) Fórmula altura dinámica .....	48
Ecuación_(31) Fórmula altura manométrica total .....	48
Ecuación_(32) Fórmula potencia hidráulica de la bomba .....	49
Ecuación_(33) Fórmula velocidad específica.....	49
Ecuación_(34) Fórmula dimensión del tanque .....	50
Ecuación_(35) Fórmula volumen de captación .....	51
Ecuación_(36) Fórmula volumen captado acumulado .....	51
Ecuación_(37) Fórmula volumen de diseño .....	51
Ecuación_(38) Fórmula volumen acumulado de diseño .....	51
Ecuación_(39) Fórmula cálculo de diferencia.....	78
Ecuación_(40) Fórmula VAN .....	78
Ecuación_(41) Fórmula TIR.....	79

## ÍNDICE DE ANEXOS

Figura A 1 Equipo topográfico .....	96
Figura A 2. Nivelación equipo topográfico .....	96
Figura A 3. Toma de datos topográficos .....	97
Figura A 4. Ojo de agua .....	97
Figura A 5. Limpieza de la vertiente.....	98
Figura A 6. Aforamiento .....	98
FIGUR AB1.Aforamiento.....	99
Figura B 2. Tiempos de aforamiento .....	99
Figura C 1. Encuesta población.....	100
Figura C 2. Encuesta población.....	101
Figura E1 Perfil general de proyecto.....	114
Figura E 2. Diseño hidráulico, perfil.....	115
Figura E 3. Diseño hidráulico, perfil .....	116
Figura E 4. Diseño hidráulico, perfil .....	117
Figura E 5. Diseño hidráulico, perfil .....	118
Figura E 6. Diseño hidráulico, perfil .....	119
Figura E 8. Línea de conducción .....	121
Figura E 9. Tanque de captación.....	122
Figura E 10. Detalle de válvula .....	123
Figura E 11. Tanque de almacenamiento P. ....	124
Figura E 12. Tanque de almacenamiento P.2.....	125
Figura E 13. Mallado o cerco Perimétrico.....	126
Figura G 1. Catálogo de la bomba.....	128
Figura G 2. Curva de la bomba.....	129
Figura G 3. Curva y datos de prestaciones .....	130

# 1 INFORMACIÓN GENERAL

## Tema del proyecto:

Diseño de un sistema de bombeo para la junta administradora de agua potable “Loma de Cofres” de la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi.

## Modalidad de Titulación:

Tabla 1 Modalidad de titulación

MODALIDAD DE TITULACIÓN	HOMOLOGACIONES PARA INFORME FINAL DE TITULACIÓN	SELECCIÓN
Propuesta tecnológica	Informe de propuesta tecnológica	
	Patente, Modelo de utilidad, Certificado de propiedad intelectual.	
	Artículo científico	
Proyecto de investigación	Informe de Proyecto de investigación	X
	Artículo científico	
	Patente, Modelo de utilidad, Certificado de propiedad intelectual.	
Examen de indicadores de RDA		

**Carrera:** Ingeniería Hidráulica

## Equipo del Trabajo de Titulación:

Cuyo Vega Blanca Cecilia

**Tutor:** Ing. Xiomara Alejandra Zambrano Navarrete M.Sc.

## Área de Conocimiento:

Tabla 2. Campos de la Ciencia y Tecnología UNESCO [1]

07 Ingeniería, Industria, y Construcción	073 Arquitectura y Construcción	0732 Construcción e Ingeniería civil
--	---------------------------------	--------------------------------------

## Línea de investigación:

Meteorología, hidrología, mecánica de fluidos, sistemas y obras hidráulicas.

## **Sublíneas de investigación de la Carrera:**

Diseño y optimización de proyectos hidráulicos.

## **2 INTRODUCCIÓN**

El acceso al agua ha sido reconocido internacionalmente como un derecho humano esencial para una vida digna y saludable. Organismos como las Naciones Unidas lo han declarado un pilar del desarrollo sostenible, subrayando su importancia para la salud, la educación y el bienestar de las comunidades (ONU, 2010). Este derecho también está garantizado en el artículo 12 de la Constitución de la República del Ecuador, que establece que el agua es un patrimonio nacional estratégico y de uso público, y que su gestión debe ser equitativa, solidaria y participativa (Asamblea Nacional, 2008).[2]

Sin embargo, en diversas zonas rurales del país, especialmente en regiones de alta montaña, el acceso al agua segura sigue siendo limitado. Un caso representativo es el de la comunidad de Loma de Cofres, ubicada en la parroquia Eloy Alfaro del cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. La escarpada topografía de la zona, sumada a una infraestructura hidráulica insuficiente y al crecimiento poblacional de los últimos años, ha generado un desbalance entre la oferta y la demanda hídrica (SENAGUA, 2018).[3]

Esta comunidad depende actualmente de fuentes naturales como vertientes y manantiales, que, si bien mantienen un caudal relativamente constante, no logran abastecer de forma eficiente y regular a toda la población. La ausencia de un sistema de agua potable permanente obliga a los habitantes a recurrir al abastecimiento mediante tanqueros, una solución temporal que genera altos costos, largos tiempos de espera y, sobre todo, riesgos sanitarios relacionados con la calidad del agua (INEC, 2021; MSP, 2022).[4]

En este contexto, se plantea la necesidad de diseñar un sistema de bombeo técnicamente viable, que permita mejorar la captación y conducción del agua desde las fuentes hasta un sistema de almacenamiento, y desde allí distribuirla de forma más estable. Este tipo de soluciones ha sido implementado con éxito en otras comunidades de la Sierra ecuatoriana, donde se han logrado reducir significativamente los problemas de desabastecimiento gracias a una correcta planificación hidráulica (Gualancañay & AJaguaco, 2015).[5]

El proyecto tiene un impacto directo en la salud pública y el bienestar de los habitantes. El acceso continuo al agua reduce la prevalencia de enfermedades de origen hídrico como

las infecciones gastrointestinales y parasitarias, que aún afectan a muchas zonas rurales del país (WHO, 2020). Además, mejora las condiciones de higiene en los hogares, lo que se traduce en una mejor calidad de vida, especialmente para niños, mujeres y personas mayores (UNICEF, 2020).[6]

Desde el punto de vista técnico, un sistema de bombeo correctamente dimensionado garantiza eficiencia energética, durabilidad y sostenibilidad a largo plazo. Este diseño considera los criterios establecidos por las Normas Técnicas Ecuatorianas (INEN 2 110:2011), así como principios fundamentales de la ingeniería hidráulica, como el cálculo de pérdidas por fricción, altura manométrica total, y selección óptima de tuberías, válvulas y accesorios (Chow, 1988).[7]

El objetivo general del presente trabajo es diseñar un sistema de impulsión que transporte eficientemente el caudal requerido desde la captación hasta un tanque superficial, considerando las condiciones geográficas, hidráulicas y operativas propias del entorno. El diseño incluye el dimensionamiento de la bomba, la selección de la tubería más adecuada, el análisis energético preliminar y una evaluación económica básica.[5]

En cuanto a la metodología, se utilizó un enfoque cuantitativo. Se realizó un levantamiento topográfico de la zona y un diagnóstico participativo con los habitantes de Loma de Cofres, que permitió conocer sus necesidades reales y las condiciones del sistema actual. Posteriormente, se aplicaron principios de hidráulica para el cálculo técnico del sistema, complementados con la modelación en el software EPANET, herramienta que permite simular diferentes escenarios operativos y optimizar el funcionamiento general.[8]

Finalmente, con este estudio se espera ofrecer una propuesta concreta y viable que permita mejorar de forma significativa el acceso al agua potable en una comunidad históricamente marginada. El diseño técnico está fundamentado en criterios de eficiencia, pertinencia local y sostenibilidad, lo que representa una alternativa realista frente a un problema estructural que aún afecta a muchas zonas rurales del Ecuador. [9]

## **2.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

En Ecuador, según datos del INEC (2021), solo el 57,3 % de la población rural accede a agua potable por red pública, frente al 90 % en zonas urbanas. En la comunidad de Loma de Cofres, ubicada en la parroquia Eloy Alfaro del cantón Latacunga, esta brecha es aún más crítica, ya que no cuenta con un sistema de agua. Las familias deben recurrir a la

captación artesanal de vertientes o depender de camiones tanqueros, generando sobrecostos económicos, riesgos sanitarios y una profunda inequidad social.[10]

El problema se agrava por la topografía accidentada de la zona, que dificulta el transporte por gravedad del agua desde las fuentes hasta los puntos de consumo. A pesar de esfuerzos comunitarios y apoyo puntual de entes locales, no se ha implementado una infraestructura de bombeo adecuada para garantizar el abastecimiento continuo. Esto vulnera el derecho humano al agua y obstaculiza el desarrollo social, educativo y productivo local.[11]

## **2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La Junta Administradora de Agua Potable de Loma de Cofres carece de un sistema de agua, lo que plantea la necesidad de diseñar un sistema de bombeo eficiente que supere las limitaciones topográficas y garantice un suministro continuo y seguro.

## **2.3 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN**

### **2.3.1 Objeto de Investigación**

Diseño de un Sistema de Bombeo.

### **2.3.2 Campo de Acción**

Tabla 3. Nomenclatura Internacional UNESCO [1]

3305	Tecnología de la Construcción
3305.38	Abastecimiento de Agua

## **2.4 BENEFICIARIO**

### **2.4.1 Directos**

Tabla 4. Beneficiarios directos

Población Junta Administradora de agua potable Loma de Cofres			
Grupo	Hombres	Mujeres	Total
Niños	94	78	172
Adultos	220	179	399

Total	314	257	571
-------	-----	-----	-----

#### **2.4.2 Indirectos**

- Comunidades cercanas.

### **2.5 JUSTIFICACIÓN**

La Junta Administradora de Agua Potable Loma de Cofres, enfrentan a diario limitaciones para la obtención de agua, haber vivido de cerca esta realidad fue un motor fundamental que me impulsó, como parte de mi perfil profesional en Ingeniería Hidráulica, a poner en práctica los conocimientos adquiridos durante mi formación académica, con el objetivo de generar soluciones reales, sostenibles y con verdadero impacto social.

Desde una perspectiva académica, este proyecto representa una oportunidad para integrar diversos saberes teóricos como hidráulica, bombeo, diseño de redes, simulación de sistemas y normativas técnicas nacionales CPE INEN 5 Parte 9.1:1992, en una aplicación práctica y contextualizada. El proceso incluye actividades clave como levantamientos de campo, modelaciones hidráulicas, diseño técnico operativo y el uso de Software especializado como EPANET, fundamentales en el ejercicio profesional de la ingeniería.

A nivel social y comunitario, el diseño de un sistema de bombeo responde a una necesidad urgente: actualmente, la comunidad depende del abastecimiento mediante camiones tanqueros, una solución costosa, limitada y no sostenible, que afecta directamente la salud, la economía y la dignidad de sus habitantes. Este proyecto no solo busca mejorar las condiciones de vida de la población, sino también fortalecer su capacidad organizativa a través de la implementación de un sistema técnico, eficiente y gestionable a nivel local.

### **2.6 OBJETIVOS**

#### **2.6.1 General**

Diseño de un Sistema de Bombeo para la Junta Administradora de Agua Potable “Loma de Cofres” de la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi.

#### **2.6.2 Específicos**

- Analizar la información recopilada de la Junta Administradora de Agua Potable "Loma de Cofres" así como los resultados de la topografía realizada,

obteniendo un diagnóstico detallado de la situación actual de la zona de estudio.

- Desarrollar el diseño técnico del Sistema de Bombeo utilizando Software especializado asegurando que el sistema sea eficiente, funcional y cumpla con las normativas ecuatorianas (NEC), para satisfacer las necesidades de la comunidad.
- Elaborar un presupuesto referencial de materiales del proyecto con el fin de evaluar a viabilidad económica.

## 2.7 SISTEMAS DE TAREAS

Tabla 5 Sistema de Tareas del Plan de Titulación

Objetivos específicos	Actividades (tarea)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Analizar la información recopilada de la Junta Administradora de Agua Potable "Loma de Cofres" así como los resultados de la topografía realizada, obteniendo un diagnóstico detallado de la situación actual de la zona de estudio.	-Revisión de informes técnicos, y datos históricos proporcionados por la Junta Administradora.  - Interpretación de los datos topográficos obtenidos en el levantamiento realizado en campo.	Diagnóstico detallado del área de intervención con información confiable y precisa.	Entrevistas, documentos oficiales, equipo de medición topográfica, software CAD/GIS.
Desarrollar el diseño técnico del Sistema de Bombeo utilizando Software especializado asegurando que el sistema sea eficiente, funcional y cumpla con las normativas ecuatorianas (NEC), para satisfacer las necesidades de la comunidad.	-Modelación del sistema hidráulico mediante software EPANET y herramientas complementarias.  - Validación del diseño técnico conforme a las normativas NEC, MAATE y recomendaciones de SENAGUA.	Diseño hidráulico funcional y optimizado, con respaldo normativo y técnico.	Software EPANET, AutoCAD, NEC, bibliografía técnica, normas INEN, criterios MAATE/SENAGUA.

<p>Elaborar un presupuesto referencial de materiales del proyecto con el fin de evaluar a viabilidad económica.</p>	<p>- Cuantificación de materiales, equipos, requeridos para la implementación del sistema. -Determinar el VAN Y TIR, (Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno) del proyecto.</p>	<p>Presupuesto detallado y sustentado que permita evaluar la viabilidad económica del proyecto</p>	<p>Hojas de cálculo Excel.</p>
---	--	--	--------------------------------

### 3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 3.1 EL AGUA

El agua era concebida como un elemento fecundante de la tierra, símbolo de fertilidad y fuente de poder vital. Durante la época colonial, la mayoría de las comunidades accedía al agua desde fuentes cercanas a sus territorios de forma casi clandestina. Manantiales, vertientes pequeñas y ojos de agua en quebradas eran sus principales abastecimientos. Para transportarla, utilizaban recipientes cargados a la espalda. En muchos hogares se construían pozos o pequeñas cochas, reservorios que captaban el agua de lluvia, asegurando así el suministro durante la estación seca.[12]

#### 3.2 FUENTES DE AGUA

En las zonas rurales y comunitarias, especialmente en zonas andinas y montañosas, las fuentes de agua han estado conectadas al entorno natural y al conocimiento que han desarrollado a lo largo del tiempo.[12]

##### 3.2.1 Las principales fuentes tradicionales de agua eran

- Vertientes y ojos de agua: Nacimientos naturales donde el agua sale naturalmente de las quebradas o de las pendientes de cerros. [12]
- Manantiales: Lugares donde el agua subterránea sale de forma constante o estacional, según la temporada.[12]
- Pozos y cochas: Excavaciones hechas por las comunidades para almacenar agua, ya sea de lluvia o de escorrentías.[12]

- Ríos y quebradas: Aunque su caudal era más variable, eran una fuente fácil de aprovechar para el uso en casa, en la agricultura o en ceremonias.[12]

### **3.2.2 Aguas de lluvia**

La recolección del agua de lluvia se hace con superficies como techos o áreas que no dejan pasar el agua. La cantidad de agua que se puede recoger depende de cuánta lluvia cae en el lugar y de cuánta se necesita usar. El tamaño del sistema para recoger agua debe considerar el área disponible para capturar el agua, el coeficiente de escorrentía y la cantidad y frecuencia de lluvia durante todo el año. [13]

Estos factores nos ayudan a calcular mejor cuánta agua potable se puede obtener y a asegurar que el sistema funciona bien y es suficiente para las necesidades que se tienen.[14]

### **3.2.3 Aguas superficiales**

Las aguas superficiales, incluidos los ríos, los lagos, los arroyos y las corrientes que fluyen o se acumulan en la superficie de la tierra, se conocen como aguas superficiales. Mientras son un suministro vital de agua, estas corrientes pueden ser susceptibles a la contaminación, particularmente si hay asentamientos humanos, agricultura o descargas directas sin tratamiento en sus áreas elevadas.[14]

### **3.2.4 Aguas subterráneas**

Las aguas subterráneas se generan cuando la lluvia se infiltra en el terreno hasta llegar a la zona de saturación, siendo retenida en capas impermeables que evitan su infiltración más intensa.[14]

## **3.3 POBLACIÓN**

La población se define como el grupo de individuos que residen en una zona geográfica concreta en un instante específico; este término no solo incluye la cantidad total de residentes, sino también sus rasgos sociodemográficos (edad, género, estatus socioeconómico).[15]

### **3.3.1 Crecimiento poblacional**

El incremento poblacional se refiere a la variación en la cantidad de personas que constituyen una población durante un periodo específico. Este incremento (o reducción) se justifica por tres procesos fundamentales:

Natalidad: eventos que incorporan nuevas personas.[16]

Mortalidad: fallecimientos que disminuyen la población total.[16]

Migraciones: desplazamiento de individuos; la inmigración aumenta la población, en cambio, la emigración la reduce.[17]

### **3.4 SERVICIOS BÁSICOS**

Se refiere al conjunto de servicios que, mediante organismos públicos, privados o mixtos, se proporcionan para asegurar el acceso y el funcionamiento de componentes fundamentales en la vida de la comunidad. Dentro de estos servicios se encuentran:

- Agua potable y alcantarillado: recogida, tratamiento y reparto de agua adecuada para el consumo, además del traslado y gestión correcta de las aguas residuales.[10]
- Electricidad y alumbrado público: producción, distribución y abastecimiento de electricidad para uso doméstico e industrial, así como la iluminación de áreas urbanas y caminos públicos.[18]
- Comunicaciones telefónicas básicas: estructuras y redes diseñadas para ofrecer servicio de voz y datos mediante teléfonos fijos y móviles.[18]
- Servicios postales: administración de correo y paquetes, que incluye el recogido, traslado, reparto y distribución de envíos a nivel nacional e internacional.[18]

### **3.5 SISTEMA DE AGUA POTABLE**

Para diseñar un sistema de agua potable apropiado, es esencial considerar una serie de factores vinculados a las condiciones del sitio. Entre los factores más relevantes se incluyen la topografía del lugar, la naturaleza del suelo, las particularidades de la población y sus hábitos de consumo de agua. Basándonos en estos datos, se determina el tipo de sistema más adecuado para el área, que incluye la elección de fuentes de captación, la disposición de tuberías, el diseño de redes de distribución, posibles instalaciones de

tratamiento y estaciones de bombeo. Con estos componentes, se definen los elementos fundamentales que constituirán el sistema completo de suministro. [19]

### **3.5.1 Criterios de estudio preliminar**

- Topografía y características del terreno: Incorpora pendientes, altitudes y estabilidad del terreno, con el fin de establecer rutas de tráfico y localizar tanques y estaciones de bombeo.[20]
- Recursos hídricos disponibles: Se analizan tanto las fuentes superficiales (ríos, lagos) como las subterráneas (acuíferos, pozos), teniendo en cuenta la calidad y volumen de agua.[19]
- Población y consumo local: A partir de la cantidad actual y prevista de habitantes, se determinan las necesidades diarias y los niveles de consumo; esto facilita la dimensión correcta de tuberías, tanques y bombas.[17]
- Factores socioeconómicos y culturales: Costumbres de uso, reglas locales, tradiciones de recolección o de consumo.[12]

### **3.5.2 Componentes principales del sistema**

- Fuentes de suministro:
- Aguas subterráneas
- Aguas superficiales.
- Tuberías principales y secundarias: Canales que vinculan el origen con la planta de tratamiento, los depósitos de almacenaje y la red de distribución. Se calculan en función del caudal de diseño, la velocidad ideal y la presión necesaria.[21]
- Red de distribución: Red de conductos y válvulas que provee de manera directa a los consumidores. Su estructura debe asegurar presiones reducidas en cada punto de la red, previniendo estancamientos y preservando la calidad del agua.[22]

- Planta de tratamiento prefabricada o modular: Unidad que purifica el agua hasta alcanzar niveles de calidad para el consumo humano, conforme a las regulaciones actuales.[19]
- Tanques de almacenamiento: Construcciones destinadas a controlar las variaciones diarias de demanda, garantizar reserva en situaciones de mantenimiento o averías en el sistema de bombeo y mantener presiones constantes.[23]
- Estaciones de bombeo: Bombas y dispositivos auxiliares que superan desniveles o distancias cuando la gravedad no es adecuada, diseñados en función del caudal de diseño y la altura neumática correspondiente.[24]

### 3.5.3 Conceptos básicos de diseño

- Vida útil del sistema: Periodo en el que los componentes satisfacen las exigencias de funcionamiento y calidad, usualmente establecido entre 20 y 50 años, dependiendo de la normativa y el material.[25]
- Dotación per cápita: Cantidad diaria de agua destinada a cada residente, expresada en litros por individuo por día (L/p·d), de acuerdo con normativas nacionales o locales.[25]
- Población de diseño: Cantidad de residentes actuales más estimaciones futuras (normalmente entre 10 y 20 años), teniendo en cuenta las tasas de crecimiento y expansión urbana.[26]
- Flujo de diseño: Estimación del flujo instantáneo para dimensionar tuberías y bombas, obtenido a partir de la capacidad per cápita dividida por la población de diseño, y aplicado un coeficiente de simultaneidad para determinar la máxima demanda.[25]
- Velocidad de flujo: Se recomienda que el agua circule entre 0,5 y 2,0 m/s en tuberías principales, evitando arrastre excesivo de sedimentos o desgaste prematuro, así como pérdida de presión.[27]
- Gasto del diseño: Cantidad de agua por unidad de tiempo (L/s o m<sup>3</sup>/h) que el sistema debe gestionar en circunstancias de alta demanda.[28]
- Tipo de captación: Se determina en función de la fuente de abastecimiento (subterránea o superficial), la calidad del agua en bruto y las necesidades de tratamiento.[19]

- **Conducción:** Sistema de conductos, acueductos o canales que llevan el agua desde el origen hasta la instalación de tratamiento. Se determina tomando en cuenta distancias, pendientes y pérdidas de carga.[25]

### **3.6 SISTEMA DE BOMBEO**

Se caracteriza como un sistema formado por varios componentes que permiten el traslado de líquidos a través de tuberías y su almacenamiento temporal, garantizando que se satisfagan las necesidades de flujo y presión en cada fase del procedimiento.[24]

#### **3.6.1 Tipos de sistema de bombeo de agua**

- **Sistemas de bombeo centrífugo**

Este tipo de bomba opera mediante un impulsor que rota vinculado a un eje, que por otro lado está conectado a una fuente de energía, ya sea eléctrica, diésel o solar. Cuando gira, el impulsor envía energía al agua, incrementando su rapidez.[29]

- **Sistemas de bombeo sumergibles**

Estas bombas se han creado para expulsar líquidos de lugares como piscinas, depósitos de almacenamiento o pozos. Su principal característica es que se inmersa directamente en el líquido que necesitan bombear y operan con energía eléctrica.[29]

- **Sistemas de bombeo solares**

Estas bombas funcionan mediante la energía solar recolectada por paneles fotovoltaicos, lo que las hace una opción sustentable y de menor impacto en el medio ambiente.[29]

#### **3.6.2 Nomenclatura de una instalación de bombeo**

Cada sistema de bombeo está formado por dos secciones claramente distintas:

- **Lado de succión:**

Este segmento de tubería está situado entre la válvula de retención (también conocida como antirretorno) y la entrada de la bomba. En esta parte, el agua

todavía no ha recibido el impulso de la bomba, así que su desplazamiento se basa exclusivamente en la presión atmosférica. En otras palabras, el agua se "aspira" hacia la bomba debido a la variación de presión entre la tubería interna y el entorno, sin que la bomba participe de manera directa en este proceso.[30]

- Lado de impulsión:

Esta área se extiende desde la salida de la bomba hasta el lugar en el que se suministra o se descarga el agua en el sistema. En esta sección, el flujo es completamente propulsado por la energía mecánica suministrada por la bomba. En este lugar se producen las presiones más elevadas del sistema, así que es vital considerar aspectos como las pérdidas de fricción, la implementación de válvulas de control y la inclusión de dispositivos de protección.[30]

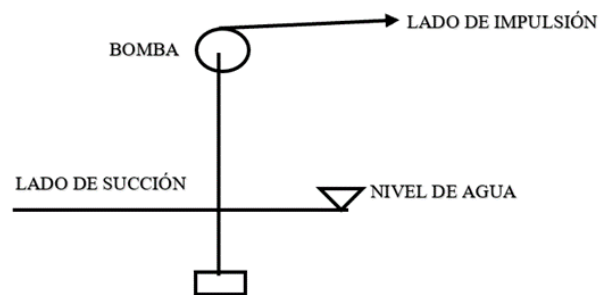


Figura 1. Esquema de la bomba[31]

### 3.7 COMPONENTES DEL SISTEMA DE BOMBEO

En un sistema de bombeo tradicional, además de las tuberías que conectan el punto de captación con el de entrega, es necesario incluir otros elementos cruciales, como:

- Tanques de almacenamiento y reservorios, que desempeñan roles de regulación del flujo, control de presiones y reserva de volumen, y que generalmente cuentan con aparatos de control y vigilancia.[30]
- Equipos de impulsión, en particular bombas, que proporcionan la energía requerida para superar las pérdidas de carga del sistema y asegurar un transporte eficaz del fluido hacia su destino.[30]

## **3.8 BOMBAS**

Un equipo mecánico conocido como bomba de agua se emplea para trasladar líquidos, en particular agua, desde un punto de origen hasta un lugar de destino. Su operación se fundamenta en transformar energía mecánica o eléctrica en energía hidráulica con el fin de impulsar el fluido.[30]

### **3.8.1 Principales componentes de una bomba de agua**

- Carcasa o cuerpo externo
- Boca de entrada y salida
- Impulsor (o rotor)
- Eje impulsor
- Cojinetes o rodamientos
- Sellos, retenedores y anillos
- Motor

### **3.8.2 Bomba Centrífuga**

Las bombas centrífugas son aparatos hidráulicos que convierten la energía mecánica en energía cinética y presión, facilitando así el movimiento de fluidos, en especial el agua, a través de extensas distancias.[32]

### **3.8.3 Ventajas de las bombas centrífugas**

- Diseño sencillo, sin mecanismos complicados que puedan equivocarse con facilidad.[32]
- Caudal constante en situaciones estables.[32]
- Alta capacidad de adaptación a diversas circunstancias laborales.[32]
- Dimensiones reducidas y peso reducido, lo que simplifica su instalación y traslado.[32]

- Son fácilmente manejables y tienen una amplia disponibilidad de repuestos.[32]
- Precio asequible frente a otras clases de bombas.[32]

### 3.8.4 Clasificación según la dirección del flujo

Las bombas centrífugas pueden clasificarse según cómo fluye el líquido dentro de la bomba:

- Radiales
- Axiales
- Mixtas



Figura 2. Bomba centrífuga [32]

### 3.8.5 Acoplamiento de Bombas

Se pueden colocar las bombas de manera paralela o en serie, en función de las necesidades de flujo y presión del sistema.[30]

- **Acoplamiento en paralelo**

En una instalación paralela, múltiples bombas operan al mismo tiempo y expulsan el líquido hacia un conducto de impulsión común, a pesar de que cada bomba posee su propia línea de succión.[33]

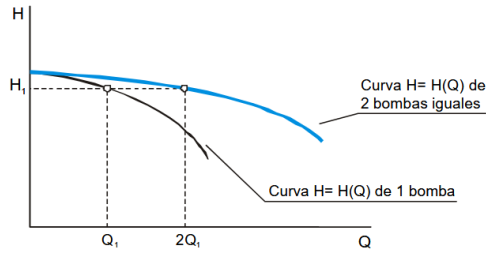


Figura 3. Curva en paralelo [33]

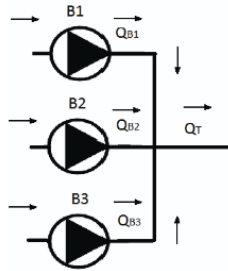


Figura 4. Implementación de bombas en paralelo [33]

- **Acoplamiento en serie**

En una instalación en serie, la descarga de una bomba actúa como succión de la siguiente, aumentando gradualmente la presión del fluido. Esta disposición es apropiada cuando se requiere un incremento en la altura de elevación, sin alterar el flujo del sistema.[33]

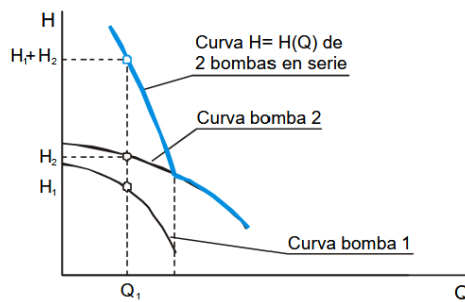


Figura 5 Curva en serie



Figura 6 Implementación en Serie

### 3.8.6 Curva característica de la bomba.

La curva característica de una bomba centrífuga es un diagrama que ilustra el comportamiento hidráulico de la bomba, ilustrando la correlación entre dos factores clave:

- **Altura manométrica (H):** Se refiere a la variación de presión producida por la bomba entre su entrada y salida, usualmente representada en metros de columna de agua. [30]
- **Caudal (Q):** Se refiere al volumen de líquido que la bomba desplaza durante un periodo específico, usualmente expresado en litros por segundo (L/s) o metros cúbicos por hora (m<sup>3</sup>/h).[30]

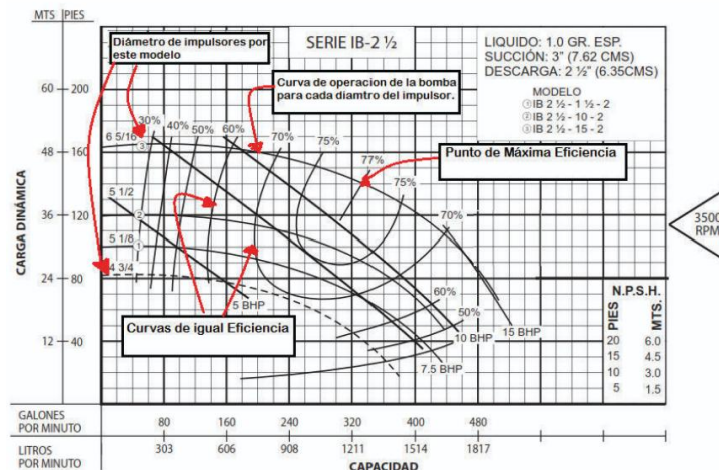


Figura 7 Curva característica

### 3.8.7 Instalación de los sistemas de bombeo

Además de la bomba y el motor, un sistema de bombeo eficaz necesita una serie de complementos adicionales que garantizan su funcionamiento adecuado, protección y control operativo.[19]

Entre los accesorios más comunes se incluyen:

**Tuberías:** Responsables de transportar el líquido desde el punto de succión hasta el lugar de entrega, diseñadas de manera apropiada para reducir las pérdidas de carga.[19]

**Válvulas de cierre y control:** Facilitan la regulación, interrupción u orientación del flujo dentro del sistema de acuerdo a las demandas operativas.[28]

**Dispositivos de seguridad:** Tales como válvulas de retención, válvulas de alivio de presión y sistemas de protección contra sobrepresión, que previenen daños a la bomba y la red hidráulica.[28]

**Piezas especiales:** Contienen soportes, reducciones, codos, derivaciones y uniones especiales que simplifican la instalación y la adaptabilidad del sistema.[29]

**Sistemas de cebado:** Aseguran que la bomba se llene adecuadamente antes del inicio, previniendo el funcionamiento en seco que podría perjudicar sus elementos.[29]

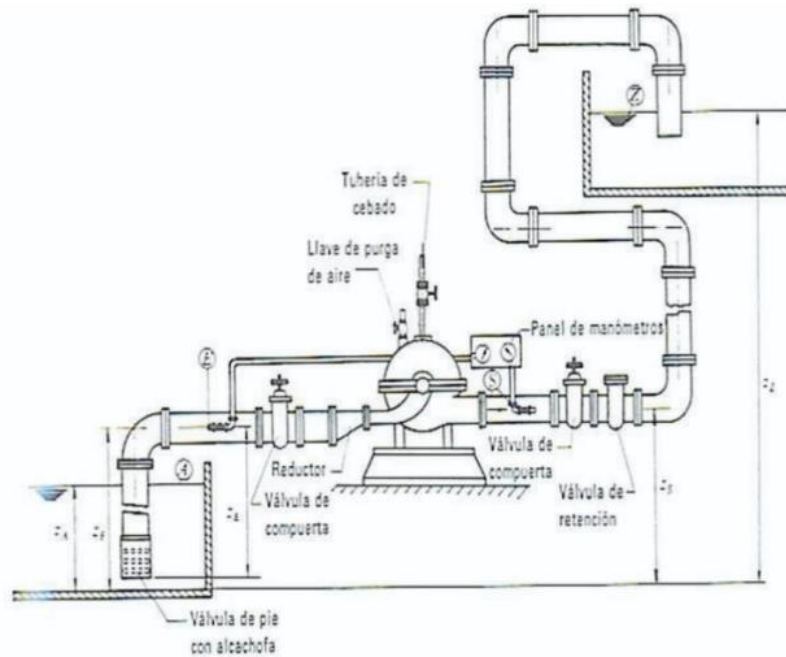


Figura 8. Accesorios en el sistema de bombeo [34]

### 3.8.8 Válvula de pie y filtro

La válvula de pie es un elemento esencial en los sistemas de bombeo, particularmente en los que utilizan bombas de sumergimiento o de chorro, como los pozos. Este tipo de válvula se coloca en la línea de succión de entrada de la bomba y tiene la tarea esencial de evitar el retorno del agua al apagar la bomba.[35]

Adicionalmente, la válvula de pie posee un filtro o rejilla en su parte baja, cuya finalidad es evitar la entrada de sedimentos, hojas u otros componentes sólidos que puedan perjudicar el sistema.[35]



Figura 9. Válvula de pie con filtro [35]

### 3.8.9 Válvulas de apertura o de cierre

El propósito principal de las válvulas de cierre es regular o interrumpir el paso de líquidos y gases en una red de tuberías, a través de mecanismos de apertura y cierre.[36]

En el proceso de operación, el flujo de fluidos puede provocar vibraciones continuas, lo que supone un reto extra para la estabilidad del dispositivo. En este escenario, es crucial que la instalación de la válvula no sufra obstrucciones causadas por la corrosión, las dilataciones térmicas o la acumulación de desechos.[36]

Tipos de válvulas de cierre más utilizados en los sistemas de bombeo son:

- De Compuerta
- De aguja o de descarga anular
- De mariposa
- Cilíndricas



Figura 10. Válvula de cierre [37]

### 3.8.10 Manómetros

El manómetro de presión es un aparato analógico creado para registrar la presión de líquidos o gases, tales como agua, aceite o aire. Este tipo de aparato, usado a lo largo de décadas, se distingue por su dial circular y puntero mecánico, que facilitan una medición directa del nivel de presión.[38]



Figura 11. Manómetro [38]

### 3.8.11 Válvula check

Las válvulas check, también conocidas como válvulas antirretornos, son aparatos de bloqueo automático creados para prevenir el flujo inverso o el drenaje indebido en sistemas de tuberías. Su tarea principal consiste en facilitar el flujo del líquido en una única dirección; en caso de que el flujo se altere, la válvula se cierra de manera automática, evitando así el contraflujo.[39]

Elementos esenciales para seleccionar una válvula check adecuada:

- Conexión química con el líquido que controlará.[5]
- Tamaño de la línea y la habilidad para conservar la presión en el sistema hidráulico.[5]
- Condiciones del entorno de instalación, como temperatura, presión y tipo de fluido.[40]
- Orientación de la instalación: horizontal, vertical o inclinada.[39]



Figura 12. Válvula check [33]

### 3.8.12 Válvula de descarga o de retención

Las válvulas de retención, también denominadas válvulas antirretornos, se colocan en las tuberías con la finalidad de evitar el flujo opuesto. Estas válvulas hacen posible que el fluido fluya solamente en una dirección. Si el flujo cambia de dirección, la válvula se cierra automáticamente, salvaguardando los elementos del sistema como bombas, válvulas, medidores y la tubería. Una de las funciones más relevantes de estas válvulas es evitar el golpe de ariete, un fenómeno hidráulico que puede surgir cuando el flujo regresa de forma inesperada y causa un incremento drástico de la corriente.[30]

#### Aplicaciones comunes de las válvulas de retención

Dentro de sus aplicaciones más comunes se encuentran:

- En la descarga de bombas, particularmente bombas centrífugas, para prevenir que el fluido regrese una vez que la bomba se detiene.[30]
- En sistemas de suministro de agua, instalaciones industriales, estaciones de bombeo y redes de riego, donde se busca mantener el flujo en un solo sentido para prevenir la contaminación del abastecimiento o el perjuicio a los elementos del sistema.[30]



Figura 13. Válvula de retención [34]

### 3.8.13 Válvula de aire

Las válvulas de aire juegan un rol crucial en los sistemas de suministro de agua, ya que facilitan un control eficaz del aire en las tuberías. Es habitual que, durante las etapas de llenado o vaciado de las líneas, se produzca o se incorpore aire al sistema. Una de las mayores ventajas de su puesta en marcha es la reducción del golpe de ariete, suceso que sucede cuando el flujo de agua se interrumpe de manera inesperada, produciendo una onda de presión que puede provocar daños severos en tuberías, accesorios y dispositivos.[39]



Figura 14. Válvula de aire [35]

### 3.8.14 Tuberías

#### **Sistemas de tuberías: función, aplicaciones y materiales**

Las tuberías son un grupo de conductos, usualmente de forma cilíndrica y abierta en sus dos extremos, diseñados para el traslado eficaz de fluidos (líquidos o gases) sin sufrir pérdidas.[41]

#### **Aplicaciones principales de las tuberías**

Las tuberías tienen un amplio rango de aplicaciones, entre las que se destacan:

- Abastecimiento de Sistemas contra incendios.[22]
- Evacuación de aguas residuales y drenaje pluvial.[22]

#### **Materiales utilizados en la fabricación de tuberías**

La selección del material para la tubería se basa en el tipo de líquido, las condiciones de funcionamiento, la longevidad necesaria, el presupuesto a disposición y el ambiente físico de instalación. Dentro de los materiales más habituales se encuentran:

- Metales: tales como el acero inoxidable, el acero al carbono, el hierro fundido, el hierro galvanizado y el cobre, conocidos por su resistencia mecánica y térmica, así como por su longevidad bajo condiciones rigurosas.[39]

- Plásticos: especialmente PVC (cloruro de polivinilo), PE (polietileno) y PP (polipropileno). Son livianos, resistentes a la corrosión y fáciles de instalar.[32]
- Hormigón y hormigón armado: se utilizan en grandes sistemas de colectores o sistemas de drenaje debido a su resistencia y coste reducido para diámetros grandes.[39]



Figura 15. Tubería PVC [18]

### **3.8.15 Cebado**

El cebado es un procedimiento esencial antes de la puesta en marcha de las bombas, en particular en sistemas de succión no presurizada. Es un procedimiento esencial para asegurar el funcionamiento adecuado del equipo y prevenir daños mecánicos o errores hidráulicos. El procedimiento de cebado implica cubrir tanto la carcasa de la bomba como la línea de succión con el mismo líquido que se bombeará, con la finalidad de expulsar el aire, gas o vapor que pudiera tenerse en los conductos internos.[39]

## **4 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS**

### **4.1 DESARROLLO DEL PROYECTO**

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó una metodología de tipo cuantitativo, ya que el diseño del sistema de bombeo se basó en el análisis de datos numéricos y técnicos. A lo largo del proceso se trabajó con información medible, como altitudes del terreno, caudales, presiones, pérdidas de carga y otros parámetros hidráulicos que permitieron tomar decisiones precisas sobre el dimensionamiento del sistema.[42]

El método cuantitativo posibilitó la implementación de fórmulas de ingeniería, la realización de simulaciones con instrumentos digitales como hojas de cálculo y el programa EPANET, y la verificación del rendimiento del sistema previo a su puesta en marcha. Todo esto contribuyó a establecer de manera precisa los componentes

fundamentales del diseño, tales como la clase de bomba, el diámetro de las tuberías, la altura total a superar y los componentes.[42]

Este tipo de metodología fue clave para garantizar que el diseño se adapte a las condiciones reales del lugar, cumpla con las necesidades de la comunidad de Loma de Cofres, y asegure un suministro de agua potable eficiente y sostenible.[42]

## 4.2 ESQUEMA METODOLÓGICO

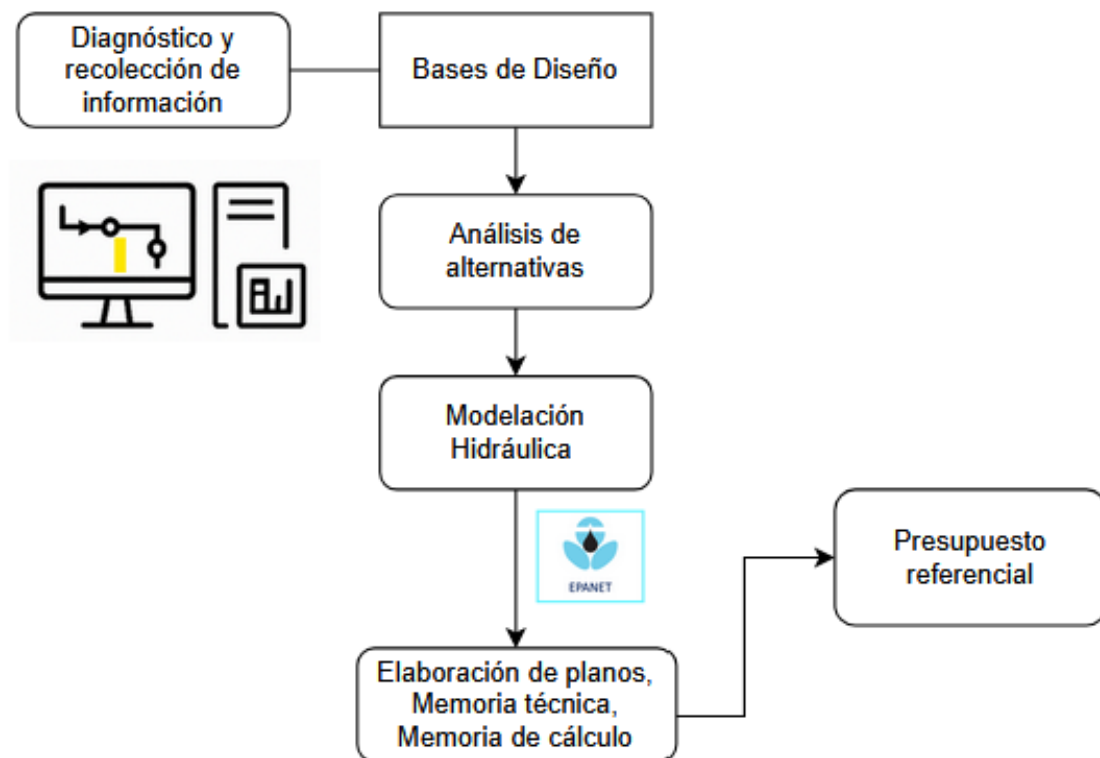


Figura 16. Esquema Metodológico  
Elaborado por: Cecilia Cuyo

El desarrollo del proyecto de diseño del sistema de bombeo para la comunidad de Loma de Cofres se desarrolló siguiendo una secuencia lógica de etapas que facilitó la organización y realización de cada tarea de manera técnica y organizada, como se muestra en el esquema, el proceso comenzó con un diagnóstico general y la recopilación de información clave del área de estudio, incluyendo datos técnicos, topográficos e hidrológicos. Esta información fue la base para definir los criterios de diseño.[43]

Una vez establecidas las condiciones iniciales, se analizaron distintas alternativas técnicas para seleccionar la opción más adecuada a las necesidades de la comunidad. Luego, se llevó a cabo la modelación hidráulica del sistema a través del programa EPANET, lo que

facilitó la simulación del comportamiento del flujo de agua, presiones y otros parámetros cruciales.[43]

Con los resultados obtenidos, se procedió a la elaboración de planos técnicos, la memoria de cálculo y la memoria técnica del proyecto. Finalmente, se preparó un presupuesto referencial que permite estimar los costos aproximados de implementación del sistema propuesto.[43]

### 4.3 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

#### 4.3.1 Área de Estudio

Este estudio se desarrolló en el área rural de la parroquia Eloy Alfaro, en el cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, ubicada en la región Sierra del Ecuador. La fuente de captación del sistema se encuentra en la quebrada conocida como Brazales, donde emerge un manantial denominado Pailayacu 1. Este punto marca el inicio del sistema de bombeo y se sitúa a una altitud de 2825 msnm.

Desde este lugar, el agua será impulsada hasta un tanque de almacenamiento y distribución proyectado en el sector conocido como Barrio Cuatro Esquinas, también perteneciente a la parroquia Eloy Alfaro. El tanque se ubicará a una cota aproximada de 2900 msnm.

Tabla 6 Coordenadas de estudio

<b>Punto</b>	<b>Altitud (msnm)</b>	<b>Coordenada UTM Este (E)</b>	<b>Coordenada UTM Norte (N)</b>
Captación (Punto inicial)	2825	758410,25	9887421,32
Tanque de almacenamiento	2900	758882,91	9888990,77

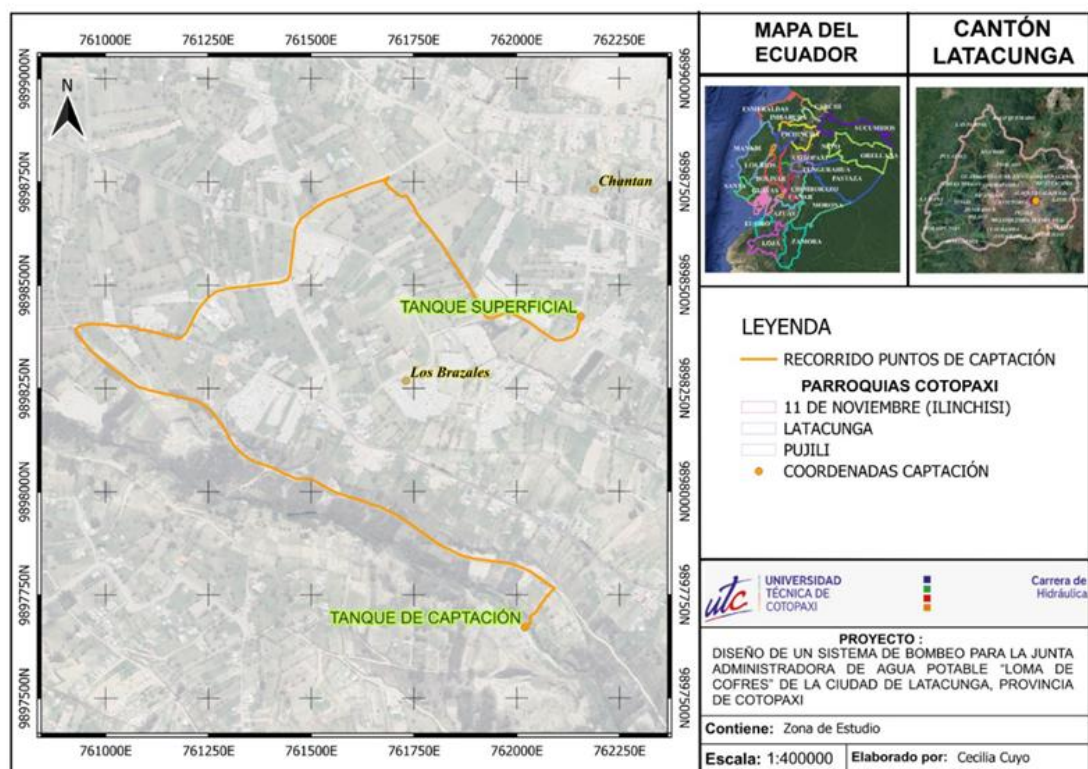


Figura 17. Ubicación Área de estudio  
Elaborado por: Cecilia Cuyo

Los datos de entrada se obtuvieron a partir de diversas fuentes primarias y secundarias, incluyendo inspecciones de campo, información topográfica obtenida mediante GPS y levantamientos topográficos, así como datos hidrológicos locales. A continuación, se detallan los principales insumos:

Tabla 7 Datos del proyecto

Datos principales del proyecto de investigación	
Cota de captación	2825 msnm (punto 288)
Cota del tanque de almacenamiento	2900 msnm (punto 573)
Longitud de la línea de impulsión	2899,4 m
Caudal aforado en captación (PAILAYACU1)	0,14 L/s
Caudal de demanda proyectado	3,35 L/s
Material propuesto para la tubería de impulsión	PVC PN16, Ø 75 mm
Perfil topográfico detallado	Obtenido mediante estaciones totales y GPS

Todo el diseño cumplirá las normas, INEN 5 Parte 9-1:1992, MATEE, SENAGUA, recomendaciones del MIDUVI y valores comúnmente aceptados en hidráulica de bombeo rural.

#### 4.4 PROCEDIMIENTO

##### 4.4.1 Simulación del sistema

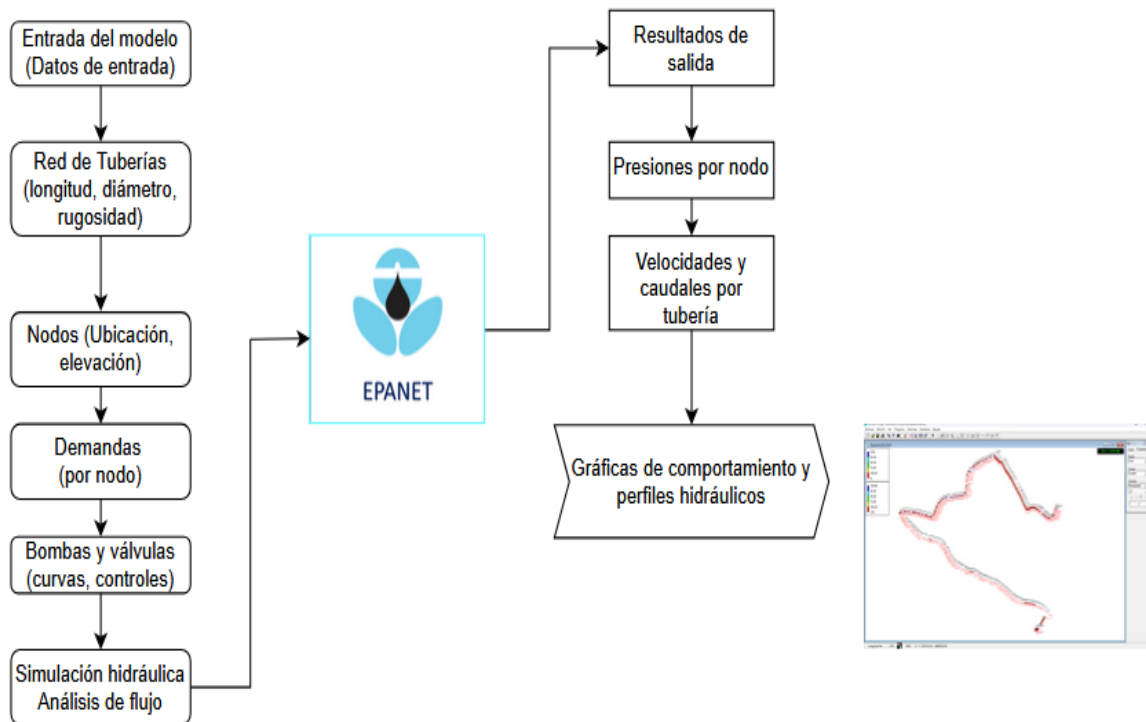


Figura 18. Esquema simulación EPANET  
Elaborador por: Cecilia Cuyo

La Figura 18 presenta el diagrama de flujo que resume el proceso seguido para la simulación hidráulica del sistema de bombeo, utilizando el software EPANET. Este esquema sintetiza las principales etapas que se llevaron a cabo para modelar el comportamiento hidráulico de la red diseñada para la Junta Administradora de Agua Potable “Loma de Cofres”.

El proceso se inicia con la elaboración del modelo, donde se introducen las características técnicas del sistema. Entre los parámetros principales se incluyen:

- Red de tuberías: Se establece la geometría del sistema, teniendo en cuenta la longitud, el diámetro y la rugosidad interna de cada segmento de desplazamiento.[44]

- **Nodos:** Se introducen las ubicaciones y elevaciones de los puntos clave de conexión en la red, con base en la topografía del terreno.[44]
- **Demandas:** Para el diseño del sistema de bombeo se consideró una demanda total de 3,35 litros por segundo (L/s). Este valor se calculó en base a la población actual de la comunidad de Loma de Cofres y a una proyección de crecimiento para los próximos años, tomando en cuenta un período de diseño estimado.[44]
- **Bombas y válvulas:** Se ingresan las curvas características de las bombas seleccionadas, así como los elementos de control como válvulas de retención, presión y corte, esenciales para simular adecuadamente el sistema.[44]

Una vez que la información ha sido introducida, el modelo se ejecuta en EPANET, lo que permite analizar cómo se comporta el flujo de agua en toda la red.

Los principales resultados obtenidos son:

- **Presiones en los nodos:** Se verificó que todos los nodos cuenten con presiones máximos y mínimos de acuerdo a la normativa.[44]
- **Velocidades y caudales:** Se analizó el flujo que circula por cada tramo de tubería, evaluando si se mantiene dentro de los rangos recomendados.[44]

A partir de estos resultados se elaboran gráficos, perfiles hidráulicos y representaciones visuales que permiten validar si el diseño cumple con los parámetros de eficiencia, seguridad hidráulica y cobertura de la demanda.[44]

#### **4.5   NORMATIVAS APLICADAS**

El presente estudio, orientado al diseño del sistema de abastecimiento de agua para la comunidad de Loma de Cofres, se ha desarrollado en cumplimiento con las siguientes normativas técnicas vigentes en el Ecuador:

- INEN 005:1992 – Abastecimiento de agua potable
- MAATE – Manual para el diseño de sistemas de agua potable para zonas rurales.
- SENAGUA – Guía técnica para el diseño de sistemas de agua potable

- Normas INEN para materiales (tuberías, accesorios, bombas)
- MIDUVI – Guías técnicas para proyectos de agua y saneamiento básico

## 4.6 BASES DE DISEÑO

### 4.6.1 Aforamiento

Se llevó a cabo un aforo en la fuente conocida como “Pailayacu 1”, ubicada en la quebrada Brazales, con el objetivo de determinar el caudal disponible para el sistema de captación. Para ello, se aplicó el método volumétrico, empleando un recipiente de 10 litros y un cronómetro para medir el tiempo necesario en cada llenado.[45]

Las mediciones se realizaron en distintos momentos del día y en dos épocas contrastantes del año (temporada seca y temporada lluviosa), procurando mantener condiciones climáticas estables durante los aforos, a fin de obtener datos representativos del comportamiento de la fuente.[45]

Como resultado, se obtuvo un caudal promedio de 0,14 L/s, valor que fue adoptado como dato de entrada para el diseño del sistema de captación y bombeo. Este caudal se muestra en la Tabla 8 y fue considerado dentro de la modelación hidráulica realizada para dimensionar adecuadamente la infraestructura proyectada.

Tabla 8 Aforo del caudal

<b>AFORO DE OJO DE AGUA</b>		
VOLUMEN = 10 LITROS		
<b>Nº DE TIEMPOS</b>	<b>TIEMPO</b>	
1	1,12	
2	1,1	
3	1,12	
4	1,13	
5	1,13	
6	1,12	
7	1,09	
8	1,1	
9	1,11	
10	1,09	
<b>CONVERSIÓN DE MINUTOS A SEGUNDOS</b>		
T1	72	segundos
T2	70	segundos

T3	72	segundos
T4	73	segundos
T5	73	segundos
T6	72	segundos
T7	69	segundos
T8	70	segundos
T9	71	segundos
T10	69	segundos
<b>TOTAL</b>	<b>711</b>	<b>segundos</b>
<b>TIEMPO PROMEDIO</b>	<b>71,1</b>	<b>segundos</b>

Con base en los datos obtenidos, se calculó el caudal medio de la fuente aplicando la fórmula:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

Ecuación (1). Fórmula del caudal

Donde:

Q: caudal en litros por segundo (L/s)

V: volumen del recipiente (10 L)

t: tiempo promedio en segundos (71,1 s)

#### 4.6.2 Cálculo Poblacional

Para estimar la población futura de la comunidad de Loma de Cofres, se aplicaron tres métodos de proyección: aritmético, exponencial y geométrico. A partir de los resultados individuales se obtuvo un valor promedio, utilizado como variable de entrada para dimensionar el sistema de abastecimiento.[25]

Las ecuaciones aplicadas para cada método fueron las siguientes:

- Método Aritmético o Lineal:

$$P_f = P_a[1 + (r * n)] \quad (2)$$

Ecuación (2). Fórmula aritmético o lineal

- Método Exponencial:

$$P_f = P_a * e^{(r*n)} \quad (3)$$

Ecuación (3). Fórmula método exponencial

- Método Geométrico

$$P_f = P_a * (1 + r)^n \quad (4)$$

Ecuación (4). Fórmula método geométrico

Donde:

Pf: Población futura (hab).

Pa: Población actual (hab).

r: Índice de crecimiento poblacional (porcentaje).

n: Número de años (años).

Los resultados detallados del cálculo, incluyendo la comparación entre métodos y el valor promedio, se presentan en la sección de Análisis y discusión de resultados.

#### 4.6.3 Dimensionamiento del Tanque de Captación

El volumen del tanque de captación se determinó con base en el caudal medio de entrada (0,14 L/s), la demanda diaria proyectada, y un tiempo de retención de 24 horas. Se consideró un margen de seguridad adicional del 10 % para asegurar continuidad operativa en caso de variaciones de caudal.[23]

El volumen total requerido se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$V_{total} = Demanda\ diaria + Reserva$$

Con el volumen definido, se procedió al dimensionamiento geométrico de un tanque rectangular, aplicando las siguientes expresiones:

- Altura:

$$H = \left( \frac{V_{total}}{3} \right)^{1/3} \quad (5)$$

Ecuación (5). Fórmula cálculo de altura

- Base:

$$B = H * \sqrt{2} \quad (6)$$

Ecuación (6). Fórmula cálculo de base

- Longitud:

$$L = 1,8 * B \quad (7)$$

Ecuación (7). Fórmula cálculo de longitud

Las dimensiones finales se ajustaron al terreno disponible y a las condiciones topográficas del sitio. Los cálculos detallados y el volumen final del tanque se presentan en la sección de Análisis y discusión de resultados.

#### **4.6.4 Tiempo de Llenado del Tanque**

Para estimar el tiempo necesario para el llenado completo del tanque de captación, se utilizó la siguiente expresión:

$$t = \frac{V}{Q} \quad (8)$$

Ecuación (8). Fórmula tiempo de llenado

Donde:

t: tiempo (h)

V: Volumen (m<sup>3</sup>)

Q: Caudal (m<sup>3</sup>/s)

El valor de Q corresponde al caudal medio obtenido mediante aforo (0,14 L/s), transformado a m<sup>3</sup>/s, y el volumen V es el definido en el proceso de dimensionamiento. El resultado permite verificar que el llenado del tanque se realiza dentro de un ciclo operativo de 24 horas.

El cálculo detallado se presenta en la sección de Análisis y discusión de resultados.

#### **4.6.5 Parámetros de Diseño Hidráulico**

Para el dimensionamiento del sistema de agua se adoptó una dotación de 130 L/hab/día, acorde a los términos de referencia y al Código Ecuatoriano de la Construcción CPE INEN 5 Parte 9.1:1992, aplicable para poblaciones menores a 1.000 habitantes.[25]

La dotación, definida como el consumo promedio diario de agua por habitante, fue seleccionada con base en los rangos recomendados para climas templados y poblaciones similares, según la tabla (Tabla 8).[25]

Tabla 9 Consumo de Agua potable de acuerdo a la población y Tipo de clima

Población Futura	Clima	Dotación Media Futura L/hab-día
<u>Hasta 5.000</u>	Frio	De 120 a 150
	<u>Templado</u>	<u>De 130 a 160</u>
	Cálido	De 170 a 200
De 5.000 a 50.000	Frio	De 180 a 200
	Templado	De 190 a 220
	Cálido	De 200 a 230
Más de 50.000	Frio	Más de 200
	Templado	Más de 220
	Cálido	Más de 230

El diseño del sistema, que incluye las etapas de captación, aducción e impulsión, se realizó siguiendo las normativas nacionales vigentes, poniendo especial atención en la Norma Técnica INEN 005:1992, que se aplica a sistemas de agua destinados a comunidades que superan los 1.000 habitantes. Esta norma define criterios técnicos esenciales para garantizar un funcionamiento seguro y eficaz de las infraestructuras hidráulicas.[25]

Entre los aspectos considerados destacan:

- El consumo individual, adaptado al tipo de asentamiento y las particularidades demográficas de la zona.[25]
- Los coeficientes de variación diaria y horaria, necesarios para calcular los caudales máximos y mínimos de diseño.[46]
- Los tiempos mínimos de almacenamiento requeridos para tanques de captación, regulación y distribución.[46]

- Las velocidades mínimas y máximas permitidas en conducciones a presión, con el fin de evitar pérdidas excesivas por fricción o problemas por sedimentación.[47]

Además, se consideraron las directrices técnicas proporcionadas por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) y la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), en particular las vinculadas a proyectos situados en áreas rurales y de alta montaña, tal como sucede con la Junta Administradora de Agua Potable Loma de Cofres. La implementación de estas regulaciones y referencias garantiza que el sistema diseñado satisfaga criterios técnicos, condiciones de salud apropiadas y una gran habilidad para ajustarse a las especificidades del ambiente local, tanto en el presente como en el mediano y largo plazo.[47]

#### 4.6.6 Período de Diseño

El sistema de bombeo fue diseñado tomando en cuenta un horizonte de planificación de 25 años, comprendido entre 2020 y 2045, en concordancia con lo establecido por la Norma Técnica INEN 005:1992, la cual indica que toda obra definitiva debe proyectarse para un período mínimo de 15 años.[25]

Este plazo contempla diversos factores clave para garantizar la sostenibilidad del sistema a largo plazo, entre ellos: la vida útil estimada de cada uno de los componentes del sistema (bombas, tuberías, tanques, accesorios), los costos asociados a la inversión inicial, las proyecciones de crecimiento poblacional en la comunidad, y la capacidad operativa y de mantenimiento del sistema a lo largo del tiempo.[25]

Además, dentro de la planificación general del proyecto se contempla la ejecución de gestiones administrativas y de financiamiento entre los años 2026 y 2027, con el objetivo de viabilizar su construcción de manera técnica y económicamente factible.

Tabla 10. Vida útil de componentes de sistemas de agua potable

VIDA ÚTIL EN AÑOS DE LOS ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE	
Obras de captación	De 25 a 50
Diques grandes y túneles	De 50 a 100
Pozos profundos	De 10 a 25
Líneas de conducción en acero o hierro dúctil	De 40 a 50
<u>Líneas de conducción en asbesto cemento o PVC</u>	De 20 a 30

Plantas de tratamiento	De 30 a 40
Tanques de almacenamiento o distribución	De 30 a 40
Redes de distribución de acero o hierro dúctil	De 40 a 50
Redes de distribución de asbesto cemento o PVC	De 20 a 25
Otros materiales y equipos según especificaciones de fabricante	Variable

#### 4.6.7 Diseño por componentes

El sistema fue diseñado basándose en tres elementos principales: captación, aducción e impulsión, cada uno diseñado de acuerdo con las condiciones geográficas, hidráulicas y operativas del área de intervención.[3]

- **Captación:** Se ubica en el punto topográfico 288, a una altitud de 2823,5 msnm. El diseño incluye una cámara de carga que permite la estabilización del flujo y protege el sistema aguas abajo. Esta estructura está diseñada para funcionar de manera continua durante 25 años, soportando las exigentes condiciones de una zona montañosa.[19]
- **Aducción:** Este tramo conecta la captación con la cámara de bombeo. Para su construcción se seleccionaron materiales resistentes a la presión y adecuados a la topografía del terreno, garantizando una conducción segura del caudal aforado hacia el sistema de impulsión.[19]
- **Impulsión:** Corresponde a la línea que transporta el agua desde la cámara de bombeo hasta el tanque de almacenamiento, ubicado en el punto topográfico 573, a una cota de 2900 msnm. La longitud de esta conducción es de 2899,4 metros, y su diseño contempla factores como las pérdidas por fricción, las presiones máximas admisibles por el material y el caudal proyectado para el año 2045.[19]

#### 4.6.8 Criterios considerados para definir el período de diseño

Para establecer un horizonte de diseño adecuado, se tomaron en cuenta los siguientes aspectos técnicos y económicos:

- **Durabilidad:** Se escogieron materiales cuya durabilidad se corresponda con los 25 años de operación previstos, reduciendo así la necesidad de sustituir componentes de manera anticipada.[3]

- Economía de escala: Se optó por ejecutar desde el inicio los componentes más críticos del sistema, lo que permite reducir costos a futuro por ampliaciones o adecuaciones.[3]
- Viabilidad financiera: El diseño fue optimizado para adaptarse al presupuesto disponible, considerando además el costo de oportunidad frente a otras alternativas de inversión.[3]
- Proyección poblacional: El dimensionamiento del sistema se basó en estimaciones de crecimiento demográfico, garantizando que la infraestructura pueda cubrir la demanda prevista a lo largo de todo el período de diseño.[3]

#### 4.6.9 Estimación de dotación y caudal de diseño

La dotación de agua y el caudal de diseño se establecieron basándose en la proyección poblacional realizada para un horizonte de 25 años. Para ello, se aplicó el valor de dotación establecido en la Norma de Diseño para Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable emitida por la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental (SSA).[25]

Tabla 11. Niveles deservicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.

NIVEL	SISTEMA	DESCRIPCIÓN
0	AP EE	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económicas del usuario.
La	AP EE	Grifos públicos. Letrinas sin arrastre de agua
Lb	AP EE	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño. Letrinas con o sin arrastre de agua.
Lla	AP EE	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa Letrinas con o sin arrastre de agua
Llb	AP ERL	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa. Sistema al alcantarillo sanitario.
Simbología utilizada: AP: agua potable		

EE: eliminación de excretas DRL: disposición de residuos líquidos.
---

**4.6.10 Factor de mayoración**

Para el cálculo del caudal máximo diario y caudal máximo horario, se aplicaron los factores de mayoración recomendados por el Código Ecuatoriano de Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes (SENAGUA, 2014).[3]

Tabla 12. Variaciones de Consumo para los Sistemas de Agua Potable.

Tipo de caudal	Abreviatura	Abrev. Factor de Mayoración	Factor de Mayoración
Caudal máximo diario	Qmax.día	Kmax.día	entre 1.3 - 1.5
Caudal máximo horario	Qmax.hor	Kmax.hor	entre 2 - 2.3

**4.6.11 Caudal medio (Qm)**

El caudal medio se calculó tomando en cuenta la demanda proyectada para la población de diseño y un factor de mayoración por pérdidas físicas en la red, conforme a recomendaciones operativas para sistemas rurales.[25]

El cálculo se realizó mediante la siguiente expresión:

$$Q_m = \frac{f * (P * D)}{86400} \quad (l/s) \tag{9}$$

Ecuación (9). Fórmula Caudal medio

Donde:

Q<sub>m</sub> : Caudal medio, (l/s)

f: Factor de fugas (1.00)

P: Población al final del período de diseño,

D: Dotación futura (l/hab/día).

El valor obtenido para  $Q_m$  fue empleado como base para calcular los caudales máximos (diario y horario), así como para verificar la capacidad de transporte de la línea de impulsión y la selección de la bomba.

#### 4.6.12 Caudal máximo diario (QMD)

El caudal máximo diario se estimó a partir del caudal medio diario  $Q_m$  aplicando un factor de mayoración del 1.30, correspondiente al promedio recomendado por la normativa técnica nacional (SENAGUA, 2014), para representar los días de mayor consumo.[3]

El valor fue calculado mediante la siguiente expresión:

$$QMD = KMD * Q_m \quad (l/s) \quad (10)$$

Ecuación (10). Fórmula Caudal diario

Donde:

QMD: Caudal máximo diario, (l/s)

KMD: Factor de mayoración máximo diario

Para nuestro proyecto se optó por un factor de mayoración de 1.30  $Q_m$  (l/s).

Reemplazando la formula obtenemos el siguiente resultado:

$$KMD = 1.3 - 1.5(\text{adimensional}) \text{ se adopta } 1.3$$

#### 4.6.13 Caudal máximo horario (QMH)

El caudal máximo horario se estimó aplicando un factor de mayoración horario (FMH) al caudal medio diario  $Q_m$ . Para este diseño, y dado que la comunidad se encuentra en una zona rural concentrada con cercanía a centros urbanos, se utilizó un factor de 1.50, dentro del rango recomendado por la normativa SENAGUA (2014).[3]

El cálculo se efectuó mediante la siguiente expresión:

$$QMH = KMH * Q_m \quad (l/s) \quad (11)$$

Ecuación (11). Fórmula Caudal máximo

En donde:

QMH: Caudal máximo horario, (l/s)

KMH: Factor de mayoración máximo horario

Para nuestro proyecto se optó por un factor de mayoración de 2 Qm (l/s). El mismo que utilizamos en la siguiente formula:

$$KMH = 2.0 - 2.3(\text{adimensional}) \text{ se adopta } 2.0$$

$$QMH = 2.0 * Qm \text{ l/s} \tag{12}$$

Ecuación (12). Fórmula Caudal máximo horario

#### 4.6.14 Fuga

Para considerar las pérdidas físicas dentro del sistema de distribución, se aplicó un factor de fugas sobre el caudal medio diario estimado. Este factor permite ajustar el caudal de diseño para asegurar el abastecimiento, incluso en presencia de pérdidas por roturas, uniones defectuosas o condiciones operativas desfavorables.[25]

El valor del factor fue determinado según el tipo de red proyectada, el material a utilizar (tubería de HDPE PN16) y las condiciones de operación del sistema. Se adoptó un porcentaje del 10% sobre el caudal medio, conforme a recomendaciones operativas y valores de referencia para sistemas rurales nuevos en zonas de alta pendiente.[25]

Tabla 13. Porcentaje de fugas a considerarse en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable.

NIVEL DE SERVICIO	PORCENTAJE DE FUGAS
Ia y Ib	10%
IIa y Iib	20%

#### 4.6.15 Dotación de agua contra incendios

Para la dotación de agua contra incendios, considerando el número de incendios simultáneos, se aplica los siguientes criterios:

Tabla 14. Dotación de agua contra incendios

Número de habitantes (en miles)	Número de incendios simultáneos	Dotación por incendio L/s
0	1	10
5	1	10
10	1	10
25	2	10

50	2	20
100	2	25
200	3	25
500	3	25
1000	3	25
2000	3	25

Para nuestro proyecto utilizaremos bocas de fuego con capacidad de 10 litros c/u, para 1 incendio simultáneo.

#### 4.6.16 Caudales de diseño

Para el diseño de las diferentes partes de un sistema de abastecimiento de agua, se usarán los caudales que constan en la tabla.

Tabla 15. Caudales de diseño para los elementos de un sistema de agua potable.

Elemento	Caudal
Captación de aguas superficiales	Máximo diario + 20 %
Captación de aguas subterráneas	Máximo diario + 5 %
Conducción de aguas superficiales	Máximo diario + 10 %
Conducción de aguas subterráneas	Máximo diario + 5 %
Red de distribución	Máximo horario + incendio
Planta de tratamiento	Máximo diario + 10 %

#### 4.6.17 Volúmenes de almacenamiento

- Volumen de regulación

Para determinar el volumen de almacenamiento necesario, se utilizó como referencia la demanda media diaria al finalizar el período de diseño, teniendo en cuenta un factor de fugas. Dado que no se contaba con datos de consumo horario específicos para la comunidad, se aplicó un criterio técnico comúnmente aceptado para zonas rurales: se consideró que el volumen requerido en el tanque debe equivaler al 30 % del consumo diario, tal como lo sugieren los lineamientos establecidos para poblaciones menores a 5.000 habitantes.[3]

El caudal medio diario corregido por pérdidas se calculó mediante la siguiente expresión:

$$Q_m = \% \text{ fugas} * \frac{(P * D_{\text{consumo}})}{86400} \text{ (L/s)} \quad (13)$$

Ecuación (13). Fórmula Caudal medio diario corregido por fugas

Donde:

P = Población proyectada al final del periodo de diseño (hab)

Dconsumo= Dotación diaria por habitante (l/hab/día)

%fugas= Factor de corrección por pérdidas (valor adoptado: 0,15)

- Volumen medio diario:

$$\text{Volumen medio diario} = \frac{Q_m * 86400}{1000} \text{ (m}^3\text{)} \quad (14)$$

Ecuación (14). Fórmula volumen medio diario

- Volumen de regulación:

$$\text{Vol. Reg.} = 0.30 * Q_m \text{ (m}^3\text{)} \quad (15)$$

Ecuación(15). Fórmula Volumen de regulación

- Volumen para protección contra incendios

De acuerdo con la normativa vigente, para poblaciones futuras de hasta 5.000 habitantes en zonas de la sierra, no se considera necesario un volumen adicional de almacenamiento destinado a la protección contra incendios. Por tanto, este componente no se incluye en el cálculo total de almacenamiento para el presente proyecto.[3]

- Volumen de emergencia

No se estimó un volumen de emergencia, dado que la población proyectada de la Junta Administradora de Loma de Cofres es menor a 5.000 habitantes, conforme a lo estipulado por la normativa técnica correspondiente.[3]

- Volumen en la planta de tratamiento

Debido a que en el diseño propuesto no se considera la implementación de una planta de tratamiento, no se prevé un volumen adicional para lavado de filtros, contacto con cloro o consumo interno en planta.[3]

- Volumen total de almacenamiento

El volumen total requerido para almacenamiento se limita al volumen de regulación, ya que no se contemplan volúmenes para incendio, emergencia ni tratamiento. La ecuación correspondiente es:

$$\text{Vol. Total} = \text{Vol. Reg} \quad (\text{m}^3) \quad (16)$$

Ecuación (16). Fórmula volumen total de almacenamiento

De acuerdo con las características topográficas del sistema, se identificó que el caudal disponible en el punto de captación (ubicado en la coordenada 2825 msnm) es suficiente para satisfacer la demanda de la comunidad. La diferencia altimétrica con la zona de entrega (hasta 2900 msnm) implica una configuración por bombeo forzado, lo cual refuerza la necesidad de un volumen regulador que permita compensar las variaciones de consumo sin sobredimensionar el sistema.

#### **4.6.18 Cálculo de la Bomba**

El dimensionamiento de la bomba se basó en el caudal de diseño obtenido para la captación de aguas subterráneas, el cual fue estimado en 3,35 litros por segundo. Este valor representa la demanda total que deberá ser impulsada desde el punto de captación hasta el tanque de almacenamiento ubicado en la zona de distribución, por lo que fue tomado como el caudal nominal para seleccionar la bomba adecuada.[29]

- Porcentaje de utilización de la bomba

Para saber cómo funciona realmente el sistema y cuánta energía consume, se analizó cuánto tiempo al día está encendida la bomba en comparación con el tiempo total disponible (24 horas). Este cálculo se conoce como el porcentaje de uso de la bomba.[29]

Este dato es importante porque nos da una idea clara de cuán exigido estará el equipo durante su operación habitual. Para obtenerlo, simplemente se compara el tiempo que la bomba trabaja efectivamente con el total de horas que podría estar en funcionamiento

durante el día. Con este resultado, se puede saber si la bomba trabaja muchas horas seguidas, pocas, o si hay margen para mejorar su eficiencia.[29]

y se determina mediante el siguiente procedimiento:

$$X = \frac{\text{\# de horas de bombeo}}{24} * 100 \quad (17)$$

Ecuación (17). Fórmula porcentaje de utilización de la bomba

Donde:

**Qd:** Caudal de diseño diario requerido (l/s)

**X:** Caudal nominal de la bomba seleccionada (l/s)

Este indicador también ayuda a confirmar que la bomba está trabajando dentro de un rango adecuado. En este estudio se buscó que la bomba opere de forma continua, utilizando entre el 50% y el 80% de su capacidad máxima. Esto se hizo con el objetivo de evitar que el equipo esté encendiéndose y apagándose constantemente, ya que eso puede generar desgastes prematuros y un consumo innecesario de energía.

- Caudal de diseño

El caudal de diseño se calculó a partir del caudal máximo horario y un coeficiente de simultaneidad, conforme al siguiente procedimiento:

$$Qd = \frac{Qmh}{x} \quad (18)$$

Ecuación (18). Fórmula caudal de diseño

Donde:

**Qd:** Caudal de diseño diario (l/s o m<sup>3</sup>/día)

**Qmh:** Caudal Máximo horario

**x:** Factor de corrección o simultaneidad

- Selección de la bomba

Una vez determinado el caudal de diseño, se seleccionó una bomba centrífuga que cumpla con los siguientes criterios técnicos:

- Caudal nominal mayor o igual a Qd

- Altura manométrica total igual a la diferencia entre la cota del tanque de distribución y la cota de la captación, más pérdidas por fricción
- Compatibilidad con la fuente de energía disponible (trifásica)

#### 4.6.19 Cálculo del diámetro de tubería

El dimensionamiento del diámetro de la tubería de impulsión se realizó considerando el caudal de diseño obtenido en la sección 4.7.14, bajo condiciones de operación continua.[46]

Se utilizó la siguiente expresión empírica, adecuada para líneas de impulsión bajo presión generada por bombeo:

$$D_m = K * \sqrt{Q \left( \frac{m^3}{s} \right)} \quad (19)$$

Ecuación (19). Fórmula cálculo diámetro de tubería

Donde:

D: Diámetro hidráulico de la tubería (m)

K: Constante empírica; se adoptó un valor de 0,90 considerando operación continua (valor recomendado entre 0,7 y 1,6)

Q: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)

El valor resultante del diámetro fue redondeado al valor comercial inmediato superior, disponible según el catálogo de materiales de PVC o HDPE presión, en función del tipo de conducción definida para el proyecto.

#### 4.6.20 Cálculo de la velocidad en la tubería

Una vez definido el diámetro de la tubería, se procedió a calcular la velocidad del flujo con el objetivo de comprobar que se mantenga dentro del rango recomendado para líneas de impulsión, el cual se encuentra entre 0,6 y 3,0 m/s, según normativas técnicas vigentes.[46]

La velocidad se obtuvo aplicando la fórmula que relaciona el caudal con el área de la sección transversal de la tubería circular:

$$Q = A * V \quad (20)$$

Ecuación (20). Fórmula de cálculo de velocidad de flujo

Despejamos V:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q * 4}{\pi * D^2} \quad (21)$$

Ecuación (21). Fórmula despejad cálculo de velocidad de flujo

Donde:

V: Velocidades del agua en la tubería (m/s)

Q: Caudal del flujo (m<sup>3</sup>/s)

A: Área de la sección transversal de la tubería (m<sup>2</sup>)

Este cálculo permite validar el diámetro propuesto y ajustar, en caso necesario, para mantener el sistema dentro de los parámetros hidráulicos óptimos.

#### 4.6.21 Cálculo de la Altura Manométrica Total y Potencia de la Bomba

- Altura estática total

La altura estática total está compuesta por dos componentes: la altura estática de succión y la altura estática de impulsión, determinadas a partir de las cotas topográficas del sistema.[46]

$$H_s = Z_s - Z_b \quad (22)$$

Ecuación (22). Fórmula altura estática de succión

Donde:

H<sub>s</sub>: Altura estática de succión (m)

Z<sub>s</sub>: Nivel de agua en el tanque (m)

Z<sub>b</sub>: Altura del centro de la bomba (m)

$$H_i = (Z_d - Z_b) + h_{\text{tanque}} \quad (23)$$

Ecuación (23). Fórmula altura estática de impulsión

Donde:

H<sub>i</sub>: Altura estática de impulsión (m)

Z<sub>d</sub>: Nivel máximo del tanque de almacenamiento (m)

h<sub>tanque</sub>: Altura del centro de la bomba (m)

$$H_{\text{estática}} = H_s + H_i \quad (24)$$

Ecuación (24). Fórmula atura estática total

#### 4.6.22 Pérdidas por fricción

Las pérdidas por fricción se calcularon utilizando la ecuación de Darcy-Weisbach, considerando la longitud total del tramo, el diámetro de la tubería, el caudal y el factor de fricción.[48]

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} \quad (25)$$

Ecuación (25). Fórmula pérdida por fricción

Donde:

$h_f$ : pérdida de fricción (m.c.a)

$f$ : factor de fricción de Darcy (adimensional)

$L$ : Longitud del tramo de tubería (m)

$D$ : Diámetro hidráulico del tramo de tubería (m)

$V$ : Velocidad del fluido (m/s)

$g$ : Aceleración de la gravedad (9,81 m/s<sup>2</sup>)

En casos complementarios o para verificación, también se puede aplicar la fórmula empírica de Hazen-Williams:

$$J = \frac{Q}{0,2785 C D_s^{2,63}})^{1/0,54} \quad (26)$$

Ecuación (26). Fórmula Hazen William

Donde:

$h_f$ : Pérdida de carga por fricción (m)

$Q$ : Gasto o flujo (lts/seg)

$C$ : Coeficiente de rugosidad de la tubería según Hazen-Williams

$D$ : Diámetro del tubo (m)

**L:** Longitud del conducto (m)

#### 4.6.23 Pérdidas menores

Se consideraron pérdidas menores por accesorios, aplicando la siguiente fórmula:

$$h_{ms} = \sum K_i * \frac{v^2}{2g} \quad (27)$$

Ecuación (27). Fórmula pérdidas menores por accesorios

Donde:

$K_i$ : Coeficiente de pérdida para cada accesorio (tabla de valores)

- Entrada con rejilla: 0.5 – 1.0
- Codo 90°: 0.3 – 0.9
- Válvula de retención: 0.8 – 1.5
- Reducción: 0.3 – 0.5

#### 4.6.24 Pérdidas totales por succión e impulsión

Las pérdidas totales por succión ( $H_s$ ) se calcularon como la suma de las pérdidas por fricción y las pérdidas menores:

$$H_s = h_f + h_m \quad (28)$$

Ecuación (28). Fórmula pérdidas totales por succión

Donde:

$H_s$ : Pérdidas totales por succión (m)

$h_{fs}$ : Pérdidas por fricción en la tubería de succión (m)

$h_{ms}$ : Pérdidas menores por accesorios: válvulas, codos, reducciones, rejillas, etc. (m)

De manera análoga, se calcularon las pérdidas totales por impulsión ( $H_i$ ).

#### 4.6.25 Altura de velocidad

La altura de velocidad representa la energía cinética del agua en el punto de descarga:

$$H_v = \frac{V_d^2}{2g} \quad (29)$$

Ecuación (29). Fórmula altura de velocidad

Donde:

H<sub>v</sub>: Altura de velocidad o carga cinética (m)

V<sub>d</sub>: Velocidad del agua en la tubería (m/s)

g: Aceleración de la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

#### 4.6.26 Altura dinámica de elevación

Es la diferencia de altura entre el punto de descarga y el punto de succión:

$$H_{\text{estática}} = Z_{\text{descarga}} - Z_{\text{succión}} \quad (30)$$

Ecuación (30). Fórmula altura dinámica

Donde:

Z<sub>descarga</sub>: Elevación (msnm) del punto donde el agua es entregada (tanque superior, red, etc.)

Z<sub>succión</sub>: Elevación (msnm) de la fuente de captación (cisterna, reservorio)

Es la diferencia de alturas que la bomba debe vencer, sin considerar pérdidas por fricción ni velocidades.

#### 4.6.27 Altura manométrica total

La altura manométrica total es la suma de todos los componentes que la bomba debe vencer:

$$H_{\text{bomba}} = H_{\text{estática}} + P_s + P_i \quad (31)$$

Ecuación (31). Fórmula Altura manométrica total

Donde:

H<sub>estática</sub>: Altura estática total

P<sub>s</sub>: Pérdidas por fricción en tuberías (succión + impulsión)

Pi: Pérdidas menores por accesorios (válvulas, codos, etc.)

Hv: Altura de velocidad en el punto de descarga

#### 4.6.28 Potencia requerida por la bomba

Finalmente, se calculó la potencia necesaria para elevar el caudal definido hasta la altura manométrica total, considerando la eficiencia de la bomba:

$$P = \frac{\gamma * Q * h_{Bomba}}{n} \quad (32)$$

Ecuación (32). Fórmula potencia hidráulica de la bomba

Donde:

P: Potencia requerida en la bomba (watts, W)

$\gamma$ : Peso específico del agua ( $\approx 9800$  N/m<sup>3</sup> para agua a temperatura ambiente)

Q: Caudal de agua (m<sup>3</sup>/s)

H: Altura manométrica total (m)

n: Eficiencia de la bomba (%)

#### 4.6.29 Selección del tipo de bomba

- Velocidad Específica,  $n_s$

La velocidad específica,  $n'$  es la frecuencia de rotación de la máquina, geoméricamente semejante a la máquina dada, en palabras más claras es un parámetro adimensional que permite clasificar las bombas según el tipo de flujo que manejan (radial, mixto o axial), sin importar su tamaño. Se calcula a partir del caudal, la carga y la velocidad de rotación, y sirve para comparar el comportamiento hidráulico entre bombas.

Su fórmula en unidades métricas es:

$$n_s = \frac{n \sqrt{Q}}{(H)^{\frac{3}{4}}} \quad (33)$$

Ecuación (33). Fórmula de velocidad específica

Donde:

Ns: Velocidad específica

N: Velocidad rotacional del impulsor (rpm)

Q: Flujo volumétrico a través de la bomba (gal/min)

H: Carga total sobre la bomba (pies)

#### **4.6.30 Curva característica de la bomba**

La selección de la electrobomba se realizó en base a los requerimientos hidráulicos del sistema (caudal de diseño y altura manométrica total), contrastando estos valores con las curvas de rendimiento proporcionadas en el catálogo técnico del fabricante. De esta manera, se verificó que la bomba elegida una electrobomba centrífuga multietapa con doble rodete de 7,5 HP cumple con el punto de operación requerido, garantizando un funcionamiento eficiente y dentro de los rangos óptimos de presión y caudal especificados por el fabricante, sin necesidad de graficar la curva del sistema.[49]

#### **4.6.31 Dimensionamiento del Tanque de almacenamiento**

El volumen del tanque de almacenamiento se determinó con base en el caudal de diseño obteniendo así un caudal de entrada 3,35 l/s y un caudal de salida de 1,14/s.

Se procedió al dimensionamiento del tanque aplicando las siguientes expresiones:

Dimensiones del tanque H,B,L

- Volumen

$$\text{Volumen} = H \times B \times L \quad (34)$$

Ecuación (34). Fórmula dimensión del tanque

Donde:

H: altura

B: ancho

L: largo

Fórmulas utilizadas en tabla horaria

- Volumen Captación en cada periodo (2 horas)

$$\text{Vol Captación} = Q_E \times \text{Tiempo} \quad (35)$$

Ecuación(35). Fórmula volumen de captación

- Volumen captado acumulado

Suma acumulativa de los volúmenes captados:

$$\text{Vol cap acu}_i = \text{Vol cap acu}_{i-1} + \text{Vol Captación}_i \quad (36)$$

Ecuación(36). Fórmula volumen captado acumulado

- Volumen de diseño

$$\text{Valor constante relacionado con la capacidad horaria dividida} \quad (37)$$

Ecuación(36). Fórmula volumen de diseño

- Volumen Diseño Acumulado (Volumen descargado acumulado)

$$\text{Vol Di Acu}_i = \text{Vol Di Acu}_{i-1} + \text{Vol Diseño} \quad (38)$$

Ecuación(38). Fórmula volumen de diseño

- Diferencia

Diferencia entre Volumen Captación y Volumen Diseño Acumulado:

$$\text{Diferencia} = \text{Vol cap acu} + \text{Vol Diseño Acu} \quad (39)$$

Ecuación(39). Fórmula Cálculo de Diferencia

#### 4.7 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

Para determinar la viabilidad financiera del sistema de bombeo propuesto, se realizó un análisis económico empleando dos indicadores principales: el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).[50]

- **Valor Actual Neto (VAN):**

Este indicador permite conocer si los ingresos esperados del proyecto, actualizados al valor presente, superan los costos de inversión. Si el VAN es positivo, el proyecto se considera rentable.[51]

Se aplica la fórmula:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{Ft}{(1+i)^t} - I \quad (40)$$

Ecuación (41). Fórmula VAN

Donde:

Ft: Flujo de caja neto en el periodo t

i: Tasa de descuento (tasa de interés)

I: Inversión inicial

n: Vida útil del proyecto

- **Tasa Interna de Retorno (TIR):**

Representa la tasa de descuento que iguala el valor presente de los ingresos y egresos del proyecto, es decir, el valor que hace que el VAN sea igual a cero. Si la TIR es mayor a la tasa de descuento, el proyecto es rentable.[51]

Para el desarrollo de este análisis se consideraron:

- El costo total estimado de materiales.
- Costos de operación y mantenimiento anual.
- Vida útil del sistema estimada en 25 años.
- Beneficios esperados por abastecimiento de agua potable a la comunidad.
- Tasa de descuento estimada del 15.20 %.

Aplicado la siguiente fórmula

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+i)^t} - I_o \quad (41)$$

Ecuación (42). Fórmula TIR

Donde:

- Ft: es el flujo neto de efectivo en el año ttt,
- i: es la tasa interna de retorno que queremos encontrar,
- Io: es la inversión inicial,
- n: es el número de años del proyecto.

Este análisis permitió tomar decisiones informadas sobre la conveniencia de ejecutar el proyecto desde el punto de vista económico y social.[51]

## 5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 5.1 AFORAMIENTO

El procedimiento utilizado para el aforo fue el método volumétrico, que consiste en medir el tiempo que tarda en llenarse un recipiente de volumen conocido en este caso, 10 litros. Esta operación se repitió en diferentes momentos del día y durante distintas épocas del año (época seca e invernal), con el objetivo de obtener un valor promedio representativo y estable del caudal disponible en la fuente.[45]

Las mediciones se realizaron bajo condiciones ambientales normales, sin lluvias recientes, para evitar alteraciones en el flujo natural del manantial y asegurar mayor precisión en los resultados. Los tiempos registrados fueron convertidos a segundos, permitiendo calcular con exactitud el caudal instantáneo mediante la relación entre volumen y tiempo.

Los datos recopilados en el proceso de aforamiento se resumen en la Tabla 4, donde se presentan los tiempos medidos, sus conversiones respectivas y los caudales calculados para cada muestra.

Con base en los datos obtenidos, se calculó el caudal medio de la fuente aplicando la fórmula:

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{101}{71,1 \text{ s}} = 0,1406 \text{ l/s} \quad (1)$$

$$0,1406 * 60 = 8,438 \text{ L/min}$$

El aforo realizado permitió establecer un caudal disponible de 0,1406 L/s, el cual, es reducido, pero resulta técnicamente viable para el diseño de un sistema de bombeo eficiente. Esta viabilidad está condicionada a la incorporación de un volumen de almacenamiento adecuado, que permita equilibrar las variaciones entre la oferta hídrica de la fuente y la demanda diaria de la población.

Confirma que, a pesar de las condiciones propias de una zona de alta montaña, es factible implementar un sistema de captación y bombeo, siempre que se apliquen criterios técnicos apropiados para su dimensionamiento y se promueva un uso racional del recurso hídrico.

Finalmente, este aforo constituye un insumo técnico clave dentro del proceso de diseño, pues sirve de base para la selección de equipos, cálculo de volúmenes de almacenamiento, dimensionamiento de tuberías y tiempos de operación del sistema.

## **5.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO**

### **5.2.1 Cálculo poblacional**

Para dimensionar correctamente el sistema de abastecimiento de agua en la comunidad de Loma de Cofres, se procedió al cálculo de la población futura que será beneficiaria del sistema.[16]

Con la finalidad de obtener una estimación precisa, se aplicaron tres métodos comúnmente utilizados en estudios demográficos: el método aritmético o lineal, el método geométrico y el método exponencial.[16]

Estos métodos se aplicaron considerando una población base de 400 habitantes, sin población flotante adicional, y una tasa de crecimiento poblacional del 1,5% anual, según datos obtenidos de la encuesta realizada a la comunidad, el período de diseño adoptado fue de 25 años, proyectando hasta el año 2044.[16]

La Tabla 16 presenta el resultado del cálculo poblacional para cada año utilizando los tres métodos, y el valor promedio anual:

Tabla 16. Métodos de cálculo poblacional

<b>POBLACIÓN URBANA ASENTADA AL 2020 LOMA DE COFRES</b>					400,00
<b>POBLACIÓN FLOTANTE PROMEDIO ANUAL</b>					0%
<b>POBLACIÓN TOTAL</b>					400,00
<b>TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL (INEC)</b>					1,500%
<b>PERÍODO DE DISEÑO 25 AÑOS</b>					
<b>POBLACIÓN</b>					
<b>n</b>	<b>AÑO</b>	<b>Aritmético</b>	<b>Geométrico</b>	<b>Exponencial</b>	<b>Promedio</b>
0	2024	400	400	400	400
1	2025	406	406	406	406
2	2026	412	412	412	412
3	2027	418	418	418	418
4	2028	424	425	425	424
5	2029	430	431	431	431
6	2030	436	437	438	437
7	2031	442	444	444	443
8	2032	448	451	451	450
9	2033	454	457	458	456
10	2034	460	464	465	463
11	2035	466	471	472	470
12	2036	472	478	479	476
13	2037	478	485	486	483
14	2038	484	493	493	490
15	2039	490	500	501	497
16	2040	496	508	508	504
17	2041	502	515	516	511
18	2042	508	523	524	518
19	2043	514	531	532	526
20	2044	520	539	540	533
21	2045	526	547	548	540
22	2046	532	555	556	548
23	2047	538	563	565	555
24	2048	544	572	573	563
25	2044	550	580	582	<b>571</b>

Se toma como año 0 el 2020 y al final del período de diseño de 25 años el 2044, la población futura de diseño año 2044 es de 571 habitantes del promedio de los tres métodos empleados de cálculo de población futura.

### 5.2.2 Dimensionamiento del tanque de captación

El tanque de captación representa uno de los elementos fundamentales dentro del sistema de abastecimiento de agua potable, ya que permite la acumulación temporal del caudal proveniente del afloramiento natural (ojo de agua). Este tipo de almacenamiento intermedio tiene una función clave, ya que garantiza que el agua llegue de manera continua y controlada al sistema de bombeo.[19]

Su presencia es especialmente relevante durante las horas de mayor consumo, cuando la demanda supera momentáneamente el caudal instantáneo de la fuente, o en caso de variaciones o interrupciones temporales en el flujo natural del manantial. De esta manera, el tanque actúa como un regulador hidráulico, contribuyendo a la estabilidad operativa del sistema y asegurando un abastecimiento constante a la población beneficiaria.[19]

### 5.2.3 Dimensiones del tanque

Las dimensiones del tanque fueron definidas considerando las condiciones topográficas del terreno y las facilidades constructivas del sitio. La Tabla 17 presenta las dimensiones adoptadas:

Tabla 17. Dimensiones del tanque de captación

Parámetro	Valor
Caudal de entrada	0,14 L/s $\approx$ 0,00014 m <sup>3</sup> /s
Volumen de almacenamiento	12 m <sup>3</sup>
Longitud del tanque	3,00 m
Ancho del tanque	2,00 m
Altura del tanque	2,00 m

Esta capacidad permite almacenar temporalmente el agua proveniente de la fuente, asegurando un flujo constante hacia el sistema de bombeo y contribuyendo a la estabilidad hidráulica del conjunto.

### 5.2.4 Tiempo de llenado

El tiempo necesario para llenar completamente el tanque fue estimado en función del caudal disponible, mediante la siguiente fórmula:

$$t = \frac{V}{Q} \quad (8)$$

$$t = \frac{12 \text{ m}^3}{0,000101 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}$$

$$t = 85714,286$$

$$t = \frac{85714,286}{3600 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}$$

$$t = 23,809524 \text{ horas} \approx 24 \text{ horas}$$

### 5.2.5 Vida útil esperada de los componentes

En la Tabla 10, se presenta los rangos de vida útil recomendados para los distintos elementos de un sistema de abastecimiento de agua, según la INEN 5.

### 5.2.6 Aplicación del período de diseño en el sistema propuesto

El sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo diseñado para la comunidad de Loma de Cofres, en Cotopaxi, está pensado para funcionar de manera eficiente durante 25 años, tomando en cuenta las siguientes características técnicas:

#### Captación

La fuente de agua está situada en el punto topográfico 288, a una altura de 2823,5 metros sobre el nivel del mar, y ofrece un caudal promedio de 0,14 litros por segundo. Para regular este flujo, se construyó un tanque de captación con capacidad de 12 metros cúbicos. Esta estructura asegura un suministro estable y confiable, incluso con las variaciones naturales propias de la zona montañosa.[52]

#### Aducción

El tramo que conduce el agua desde la captación hasta la cámara de bombeo fue diseñado con una pendiente adecuada y utilizando materiales resistentes para garantizar una larga vida útil. Se cuidó que las pérdidas de carga sean mínimas para evitar mantenimientos frecuentes durante los 25 años de operación.[52]

#### Línea de impulsión

El agua se bombea desde la captación hasta el tanque de almacenamiento ubicado en el punto 573, a 2900 metros de altura, recorriendo una tubería de casi 2,9 kilómetros. Esta línea está dimensionada para un caudal máximo de 3,35 litros por segundo, proyectado

para el año 2045, y considera factores como la pérdida por fricción, la diferencia de altura, la presión necesaria y la eficiencia del sistema de bombeo.[52]

### **Criterios para el diseño a largo plazo**

- Durabilidad: Se eligieron materiales y equipos capaces de resistir las condiciones de montaña durante todo el período de diseño.[52]
- Economía: Se evitó sobredimensionar el sistema para no generar costos innecesarios ni futuras ampliaciones complicadas.[52]
- Viabilidad financiera: La inversión inicial fue optimizada para lograr un balance entre costo y beneficio a lo largo de toda la vida útil.[52]
- Satisfacción de la demanda: El sistema está preparado para cubrir las necesidades de la población estimada sin requerir grandes ajustes en el futuro.[52]

### **5.3 ESTIMACIÓN DE DOTACIÓN Y CAUDAL DE DISEÑO**

Para calcular el caudal que debe suministrar el sistema de abastecimiento, se tomó en cuenta la cantidad diaria de agua que necesita cada persona, la población proyectada para el futuro y los niveles de servicio establecidos en las normas ecuatorianas.[25]

La dotación diaria se definió siguiendo las indicaciones de la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental (SSA), recogidas en el documento técnico "Norma de Diseño para Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable". Este documento clasifica diferentes niveles de servicio según la infraestructura disponible, el acceso al agua y el manejo de residuos, los cuales están detallados en la Tabla 14.[3]

Considerando las condiciones actuales de la comunidad y los objetivos del proyecto, se busca alcanzar un nivel IIa. Esto significa que habrá conexiones directas a las viviendas, suministro continuo y servicios sanitarios básicos garantizados. Para este nivel, la norma INEN 005:1992 recomienda una dotación diaria entre 100 y 130 litros por persona.[25]

En este caso, se decidió utilizar la dotación máxima de 130 litros por habitante por día, porque la población está bastante dispersa y es necesario asegurar que el agua cubra todas las necesidades domésticas de manera adecuada.[25]

#### **5.3.1 Factor de mayoración y caudal medio**

Para diseñar bien cada parte del sistema de agua, no basta con tomar el caudal promedio diario; también es importante considerar las variaciones que pueden ocurrir a lo largo del día y durante el año. Por eso, se utilizan factores de mayoración que ayudan a calcular los caudales máximos esperados, tanto en el día completo como en las horas pico, asegurando que el sistema pueda abastecer sin problemas cuando la demanda sea más alta.[3]

El Código Ecuatoriano de Normas para el Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales, que se aplica especialmente para poblaciones mayores a 1000 habitantes, pero también sirve de referencia para zonas rurales, recomienda usar los factores que se muestran en la Tabla 15.[3]

#### 5.4 CÁLCULO DEL CAUDAL MEDIO DIARIO (QM)

El caudal medio diario es la cantidad promedio de agua que consume la población prevista durante un día, expresada en litros por segundo (L/s). Este valor es fundamental porque sirve como punto de partida para calcular el caudal máximo, al que luego se le aplica un factor de mayoración para considerar las demandas más altas.[3]

##### 5.4.1 Cálculo del caudal de diseño

$$Q_m = \frac{f * (P * D)}{86400} \tag{9}$$

$$Q_m = \frac{1.00 * \left( \frac{571 \text{ hab} * 130 \frac{\text{l}}{\text{hab}}}{\text{día}} \right)}{86400 \frac{\text{día}}{\text{s}}}$$

$$Q_m = 0,8591 \text{ l/s}$$

Este valor será utilizado como base para el diseño de los sistemas de distribución, almacenamiento y bombeo, garantizando así la cobertura de la demanda futura con los márgenes de seguridad necesarios.[22]

## 5.5 CAUDALES DE DISEÑO Y FACTOR DE FUGAS

### 5.5.1 Caudal máximo diario (QMD)

El caudal máximo diario (QMD) es el volumen de agua que se consume en el día de mayor demanda durante el año, tomando en cuenta las variaciones normales en el uso de la población. Para calcularlo, se aplica un factor de mayoración diario al caudal medio ( $Q_m$ ), lo que permite dimensionar la infraestructura para responder bien en esos momentos de alta demanda.[25]

Según el Código Ecuatoriano de la Construcción, el factor de mayoración diario (KMD) debe estar comprendido entre 1.3 y 1.5. Para el presente diseño, se adopta un valor conservador de  $KMD = 1.30$ , lo que representa un incremento del 30% sobre el caudal medio diario.[25]

$$QMD = KMD * Q_m \quad (10)$$

Para nuestro proyecto se optó por un factor de mayoración de 1.30  $Q_m$  (l/s) Reemplazando la formula obtenemos el siguiente resultado:

$$KMD = 1.3 - 1.5(\text{adimensional}) \text{ se adopta } 1.3$$

$$QMD = 1.30 * 0,8591 \text{ l/s}$$

$$QMD = 1,1168 \text{ l/s}$$

Este valor representa el caudal máximo diario de diseño, el cual será considerado en el dimensionamiento de la línea de conducción y del sistema de distribución, asegurando que el abastecimiento pueda mantenerse incluso en las jornadas de mayor consumo.

### 5.5.2 Caudal máximo horario (QMH)

El caudal máximo horario (QMH) representa el consumo registrado durante la hora de mayor demanda dentro del día de mayor consumo. Este parámetro es crucial para el diseño de elementos críticos del sistema, como los equipos de bombeo, válvulas de control, y tuberías sometidas a mayores exigencias.[3]

El factor de mayoración horario (KMH) suele situarse entre 2.0 y 2.3, según la concentración poblacional y la cercanía a zonas urbanas. En este diseño se adopta el valor mínimo recomendado,  $KMH = 2.0$ , debido a la baja densidad y al carácter rural de la comunidad.[3]

$$Q_{MH} = K_{MH} * Q_m \quad (11)$$

Para nuestro proyecto se optó por un factor de mayoración de 2  $Q_m$  (l/s). El mismo que utilizamos reemplazando datos en la formula:

$$K_{MH} = 2.0 - 2.3(\text{adimensional}) \text{ se adopta } 2.0$$

$$Q_{MH} = 2.0 * 1,1168 \text{ l/s} \quad (12)$$

$$Q_{MH} \text{ } 2,2337 \text{ l/s}$$

Por tanto, el caudal máximo horario de diseño será de 2.2337 L/s, utilizado como referencia para el dimensionamiento de la bomba y de los elementos que operan bajo condiciones críticas de presión y caudal.

### 5.5.3 Factor de fugas

En cualquier sistema de distribución de agua, siempre se pierde una parte del caudal antes de que llegue a los usuarios. Esto puede ocurrir por fugas en las tuberías, uniones defectuosas, conexiones no autorizadas o válvulas que no funcionan bien. Para tener en cuenta estas pérdidas, se utiliza un factor de corrección llamado factor de fugas (f).[25]

Este factor varía según la calidad de los materiales, el tipo de red, la antigüedad del sistema y el nivel de servicio que se ofrece. En la tabla 9, sección 4.7.12, se pueden ver los valores recomendados para distintos casos.[25]

Como el sistema proyectado busca brindar un nivel IIA de servicio, que incluye conexiones directas a las casas, se ha considerado un 10% de pérdidas, lo que corresponde a un factor de fugas igual a 1.[25]

Este factor se aplica al caudal medio para calcular un caudal ajustado que garantice que toda la población reciba el agua necesaria, aun cuando existan esas pérdidas técnicas que no se pueden evitar:

$$Q_{m_{ajustado}} = Q_m * f \quad (12)$$

$$0,8591 * 1 = 0,8591 \text{ L/s}$$

Este caudal corregido se utiliza como base para revisar la capacidad del sistema frente a pérdidas internas y representa un diseño más realista y resiliente.

## 5.6 CAUDALES DE DISEÑO

Para garantizar el correcto dimensionamiento de cada componente del sistema de abastecimiento de agua potable, se deben aplicar caudales de diseño específicos según el tipo de infraestructura. Estos caudales consideran tanto la demanda habitual como los escenarios críticos de consumo, ajustados mediante factores de corrección normativos.[25]

De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), se establecen los siguientes criterios, ver Tabla 18.[25]

Para el diseño del sistema de agua en la comunidad Loma de Cofres, que cuenta con una fuente superficial de tipo afloramiento natural, se aplican los siguientes caudales de diseño:

Tabla 18 Caudales de diseño

CAUDALES DE DISEÑO	
CAPTACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES	$Q_{\text{máx}} * \text{Día} + 20\%$
CAPTACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES	1,13 l/s
CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEAS	$Q_{\text{máx}} * \text{Día} + 5\%$
CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEAS	1,17 l/s
CONDUCCIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES	$Q_{\text{máx}} * \text{Día} + 10\%$
CONDUCCIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES	1,23 l/s
CONDUCCIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	$Q_{\text{máx}} * \text{Día} + 5\%$
CONDUCCIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	1,17 l/s

- Captación de aguas superficiales

$$QMD * \text{día} + 2\%$$

$$1,11 * 0,02 + 1,11 = 1,13 \text{ l/s}$$

- Captación de aguas subterráneas

$$QMD * día + 5\%$$

$$1,11 * 0,05 + 1,11 = 1,17 \text{ l/s}$$

- Conducción de aguas superficiales

$$QMD * día + 10\%$$

$$1,11 * 0,10 + 1,11 = 1,23 \text{ l/s}$$

- Conducción de aguas subterráneas

$$QMD * día + 5\%$$

$$1,11 * 0,05 + 1,11 = 1,17 \text{ l/s}$$

## 5.7 VOLÚMENES DE ALMACENAMIENTO

El volumen de almacenamiento en un sistema de agua busca asegurar que el servicio sea continuo, incluso cuando la demanda diaria varíe. Además, sirve como reserva para situaciones especiales, como la atención de incendios, y en ciertos casos, para cubrir emergencias o necesidades internas del sistema.[53]

En este proyecto, se han considerado los siguientes tipos de volúmenes:

### a) Volumen de regulación

Para comunidades menores de 5.000 habitantes, como es el caso de Loma de Cofres, el volumen de regulación se estima como el 30 % del volumen medio diario consumido, calculado con la demanda media al final del período de diseño.

### Fórmulas empleadas:

$$\text{Vol. Reg} = 0,30 * Q_m \quad (15)$$

$$\text{Vol. Reg} = 0,30 * (Q_{med} * 86400) / 100$$

### Datos del proyecto:

- Población proyectada: 571 hab

- Dotación futura: 130 L/hab/día
- Factor de fugas: 1.00

$$Q_m = 1,00 * (571 * 130 * 86400) = 0,8591/s$$

$$\text{Volumen medio diario} = 0,8591 * 86400 / 1000$$

$$\text{Volumen medio diario} = 74,216 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de regulación} = 0,30 * 74,216$$

$$\text{Volumen de regulacion} = 22,265 \text{ m}^3$$

#### **b) Volumen para protección contra incendios**

Según normativa, para poblaciones menores a 3.000 habitantes en zonas de la Sierra, no se considera almacenamiento adicional para incendios, aunque sí debe garantizarse el caudal instantáneo en caso de emergencia. En este caso, el sistema se diseñó para entregar 10 L/s durante un incendio, pero no se requerirá volumen reservado adicional en el tanque.[25]

#### **c) Volumen de emergencia**

No se calcula volumen de emergencia ya que, conforme a la normativa vigente, este se aplica solo a poblaciones mayores de 5.000 habitantes.

#### **d) Volumen para planta de tratamiento**

El presente proyecto no contempla una planta de tratamiento, debido a la calidad aceptable del recurso hídrico y al enfoque comunitario del sistema. Por tanto, no se considera volumen adicional para esta sección.

#### **e) Volumen total de almacenamiento**

Dado que el volumen de regulación es el único aplicable al caso de estudio, el volumen total de almacenamiento se define como:

$$\text{Volumen total } 0 = \text{Volumen de regulación} = 22,27 \text{ m}^3$$

### **5.7.1 Consideraciones adicionales**

El volumen total ha sido dimensionado tomando en cuenta:

- La limitada capacidad del afloramiento (0,14 L/s).
- La necesidad de asegurar agua suficiente en horas pico.
- Las diferencias de altura (hasta 94 m) entre la captación y el punto de consumo, lo cual dificulta un sistema por gravedad.

Por lo tanto, se ha proyectado un tanque de captación con capacidad de 12 m<sup>3</sup> como primera etapa del sistema, y se prevé un tanque de almacenamiento de 55 m<sup>3</sup> para garantizar la regulación y el suministro eficiente.

## 5.8 CÁLCULO DE BOMBA

Para la correcta selección y dimensionamiento del sistema de bombeo que garantizará el abastecimiento de agua a la comunidad de Loma de Cofres, se parte del caudal de diseño determinado previamente para la captación superficial, el cual corresponde a 1,13 l/s.[31]

### 5.8.1 Parámetro de utilización de la bomba

El porcentaje de utilización de la bomba es un dato clave para entender qué tan eficientemente está funcionando el sistema. Este valor indica cuánto tiempo real está operando la bomba en comparación con el tiempo total disponible. Evaluarlo correctamente permite evitar tanto el uso excesivo como el desaprovechamiento del equipo, ayudando a optimizar el consumo de energía y a alargar su vida útil.[31]

$$X = \frac{\# \text{ de horas de bombeo}}{24} * 100 \quad (17)$$

$$X = \frac{16}{24} * 100$$

$$x = 0,6667 * 100 = 66,67 \%$$

Este resultado muestra que la bomba funcionará, en promedio, durante el 67 % del día. Este nivel de uso es eficiente desde el punto de vista tecnológico y razonable en términos de consumo energético, ya que evita que el equipo esté sobredimensionado y garantiza una operación dentro de parámetros óptimos.[31]

Este rango de funcionamiento es especialmente adecuado para comunidades rurales con baja densidad poblacional, donde se prioriza la confiabilidad del sistema y la necesidad de un mantenimiento mínimo. Además, permite la implementación de sistemas de encendido y apagado mediante temporizadores, control manual o automático, dependiendo de la disponibilidad de energía eléctrica en la zona.[31]

## 5.9 CAUDAL DE DISEÑO DE LA BOMBA

El caudal de diseño es uno de los parámetros más importantes en la planificación y dimensionamiento de un sistema de agua potable. Representa la cantidad máxima de agua que deberá moverse y entregarse a través de todas las partes del sistema como la captación, impulsión, almacenamiento y distribución durante los momentos de mayor demanda.[31]

Este valor se calcula considerando el consumo máximo horario, las condiciones operativas más exigentes y los factores de mayoración establecidos en la normativa vigente.

$$Q_d = \frac{Q_{mh}}{x} \quad (18)$$

$$Q_d = \frac{0,00223 \text{ m}^3/\text{s}}{0,667}$$

$$Q_d = 0,003345 \text{ m}^3/\text{s}$$

Este caudal de diseño se utiliza como base para:

- Seleccionar el diámetro adecuado de las tuberías de impulsión y distribución
- Dimensionar los tanques de almacenamiento
- Calcular la altura manométrica necesaria para el sistema de bombeo
- Evaluar el rendimiento hidráulico general del sistema

Este valor garantiza que el sistema podrá cubrir la demanda máxima esperada al final del período de diseño, sin comprometer la continuidad del servicio ni la presión en la red. Además, cumple con lo estipulado en la Norma INEN 005, parte 9.1:1992, aplicable a poblaciones menores de 1.000 habitantes.[25]

## 5.10 CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA

El cálculo del diámetro de la tubería es una etapa clave en el diseño hidráulico de la línea de impulsión, ya que influye directamente en el desempeño energético del sistema, en las pérdidas por fricción, en el tamaño y potencia requerida para la bomba, y en los costos asociados tanto a la construcción como al mantenimiento a largo plazo.[34]

### Línea de impulsión

Este tramo del sistema opera bajo presión, generada por la bomba, y tiene como objetivo transportar el agua desde el punto de captación hasta el tanque de almacenamiento, superando la diferencia de altura entre ambos y las pérdidas de carga tanto distribuidas como localizadas que se producen a lo largo del recorrido.[34]

En este proyecto se ha planteado una operación continua, donde la bomba funciona durante varias horas al día para satisfacer la demanda total de agua. Este enfoque permite optimizar el rendimiento del sistema, evitando presiones excesivas, reduciendo el desgaste de los componentes y mejorando la eficiencia energética en general.[34]

#### 5.10.1 Fórmula empleada

Se utiliza la fórmula empírica para el cálculo del diámetro hidráulico mínimo ( $D_m$ ) en función del caudal de diseño y el tipo de operación:

$$D_m = K \sqrt{Q \left( \frac{m^3}{s} \right)} \quad (19)$$

Valores típicos entre 0,7 y 1,6

Para operación continua se adopta  $k = 1,1$

$$D_m = 0,9 \sqrt{0,003345 \left( \frac{m^3}{s} \right)}$$

$$D_m = 0,06362 \text{ m} = 2,504 \text{ plg}$$

Se elige el siguiente diámetro  $D_{m_{comercial}} = 3'' = 75 \text{ mm}$

$$2,952 \text{ plg} = 0,075 \text{ m}$$

#### 5.10.2 Selección del diámetro comercial

De acuerdo con los resultados del cálculo hidráulico, el diámetro teórico requerido fue de aproximadamente 2,504 pulgadas. Sin embargo, este valor genera velocidades de flujo

superiores a los rangos recomendados por la Norma INEN 5 parte 9.1:1992, la cual establece límites mínimos y máximos para velocidades en sistemas de conducción por bombeo, especialmente en zonas rurales.[25]

Con el fin de garantizar un funcionamiento eficiente, reducir las pérdidas por fricción y evitar fenómenos no deseados como cavitación o desgaste prematuro, se optó por utilizar una tubería de 3 pulgadas ( $\varnothing$  75 mm). Esta elección permite mantener las velocidades dentro del rango normativo, mejora el rendimiento hidráulico del sistema y, al tratarse de un diámetro comercialmente disponible, facilita su adquisición en el mercado local.

Además, seleccionar el diámetro inmediato superior proporciona un margen de seguridad hidráulica adicional ante posibles incrementos de caudal en el futuro o condiciones variables de operación, sin representar un aumento significativo en los costos de instalación u operación.

### 5.11 CÁLCULO DE VELOCIDADES EN LA TUBERÍA

Calcular la velocidad del flujo en la tubería es una parte clave del diseño hidráulico, ya que permite asegurarse de que el sistema funcionará dentro de parámetros seguros y eficientes.[48]

En este proyecto, se ha adoptado un rango de velocidades entre 0.6 y 3m/s velocidades típicas en conducciones, conforme a los criterios técnicos establecidos. Este intervalo permite mantener un buen equilibrio entre eficiencia energética, seguridad hidráulica y durabilidad de la infraestructura.[48]

La velocidad del flujo se determina con la siguiente expresión:

$$Q = A * V \quad (20)$$

Despejado:

$$V = \frac{Q}{A} \Rightarrow \frac{Q * 4}{\pi * D^2} \quad (21)$$

$$V = \frac{0,003345 * 4}{\pi * (0,075)^2}$$

$$V = 1,05 \text{ m/s}$$

La velocidad del flujo calculada es de 1,05 m/s, lo cual se encuentra dentro del rango recomendado. Este resultado confirma que el diseño hidráulico de la tubería es adecuado,

ya que garantiza un transporte eficiente del caudal sin poner en riesgo la integridad del sistema.[48]

### 5.11.1 Cálculo de la Altura Dinámica Total (HMT)

Para dimensionar adecuadamente la bomba, se realizó el cálculo de la altura dinámica total que deberá vencer el sistema para transportar el caudal requerido desde la captación hasta el tanque de almacenamiento.[31]

A continuación, se detallan las componentes consideradas:

#### a. Altura Estática de Succión ( $H_s$ )

Se calcula como la diferencia entre el nivel del agua en el tanque de captación y el eje de la bomba:

$$H_s = Z_s - Z_b \quad (22)$$

$$H_s = 2\text{m} - 1,5\text{m}$$

$$H_s = 0,5\text{ m}$$

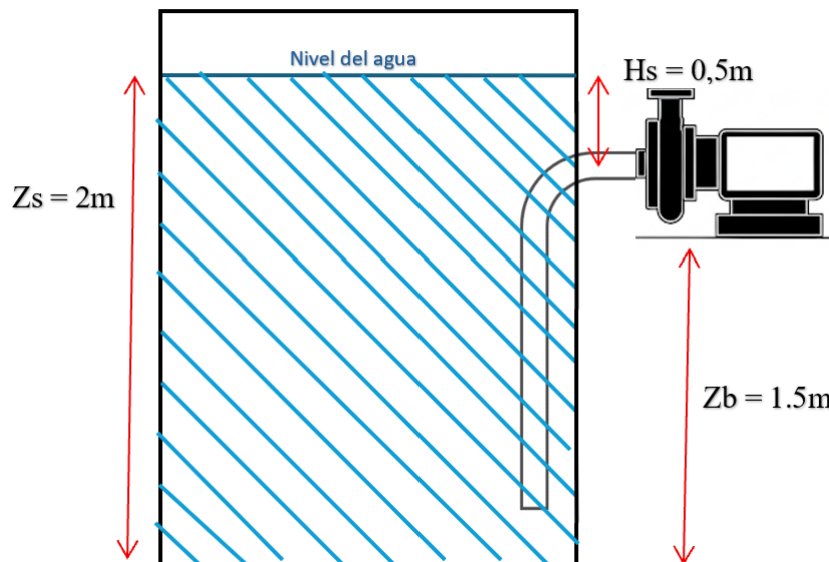


Figura 19. Esquema altura estática de succión

Elaborado por: Cecilia Cuyo

### b. Altura Estática de Impulsión (Hi)

Se determina a partir de la diferencia de cota entre el eje de la bomba y el nivel de descarga en el tanque de almacenamiento.[31]

**Datos:**

**Hs:** Altura impulsión (m)

**Zd:** Nivel de descarga o punto de salida del fluido (m) = 2899,4 msnm

**Zb:** Altura del centro de la bomba (m) = 2823,5 msnm

**Htanque:** Altura del tanque de captación = 2 m

$$H_i = (Z_d - Z_b) + h_{\text{tanque}} \quad (23)$$

$$H_i = (2899,4 - 2823,5) + 2$$

$$H_i = 77,9 \text{ m}$$

### c. Pérdidas por Succión (Ps)

Las pérdidas se estiman considerando la longitud de la tubería, la velocidad del flujo, el número de Reynolds ( $Re \approx 103414$ ), obteniendo un flujo turbulento y la rugosidad del material (PVC). Se utilizó el método de Darcy-Weisbach con el factor de fricción calculado mediante la fórmula de Swamee-Jain.[31]

Además, se consideraron pérdidas singulares en accesorios como válvulas, codos y caudalímetros, valores que los representamos en los siguientes cuadros:

Tabla 19 Perdidas por succión

Accesorios succión	Cantidad	k	Pérdida por unidad	Total
Válvula de pie	1	5	0,028	0,144
Codo 90°	3	5,4	0,028	0,156
Te	1	1	0,028	0,028

Válvula de corte	4	0,8	0,028	0,022
Caudalímetro	1	0,2	0,028	0,006
Pérdida de hf	4			0,003
Pérdida succión	<b>Total</b>			<b>0,2242</b>

- **Fórmula Hazen William**

$$J = \left( \frac{Q}{0,2785 CD_s^{2,63}} \right)^{1/0,54}$$

$$J = \left( \frac{0,003345}{0,2785 * 140(0,075)^{2,63}} \right)^{1/0,54} \quad (26)$$

$$J = 0,0089178$$

- **Pérdida total por succión**

$$p_s = Z_s - Z_b$$

$$P_s = 0,008918 * 0,224 \quad (22)$$

$$P_s = 0,001999$$

- **Pérdidas por Impulsión (Pi)**

Se calcularon considerando la fricción a lo largo de los 3180 m de tubería, así como las pérdidas localizadas en accesorios (25 codos de 90°, 7 codos de 45°, válvulas, uniones, etc.). El resultado total fue:

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} \quad (25)$$

$$h_f = 0,00286 * \frac{3180}{0,0751} * \frac{(0,753)^2}{2(9,81)}$$

$$h_f = 7,8984 \text{ m. c. a}$$

Tabla 20 Pérdidas por impulsión

Accesorios	Cantidad	Distanciamiento	k	Pérdida por unidad	Total (m)
Codo 90°	25	Cambios bruscos de dirección del trazado	0,9	0,028	0,63
Válvula de corte tipo compuerta	2	Cada 1000m	0,2	0,028	0,011
Manómetros	2	Entrada y salida	0,2	0,028	0,017
Caudalímetros	2	Captación, impulsión, salida del tanque	0,2	0,028	0,056
Válvula de aire	7	Ubicadas donde se prestan presiones negativas	0,5	0,028	0,19
Te	1	Conexión bomba en paralelo	1,8	0,012	0,022
Válvula de alivio	2	Punto medio (15900 m) presión máxima	0,3	0,028	0,017
Codo 45°	7	Cambios suaves de dirección del trazado	0,4	0,028	0,081
Uniones	254	Cada 12 m	0,04	0,028	0,284
Tubería	3180	Total del recorrido			21,5424
<b>Total</b>					<b>9,2329 m.c.a</b>

- **Fórmula Hazen William**

$$J = \left( \frac{Q}{0,2785 C D_s^{2,63}} \right)^{1/0,54} \quad (26)$$

$$J = \left( \frac{0,003345}{0,2785 * 140(0,075186767)^{2,63}} \right)^{1/0,54}$$

$$J = 0,008 * 9,23$$

$$P_{\text{impul}} = 0,08234$$

**e. Altura por velocidad de descarga (Hv)**

Este valor representa la energía cinética del flujo a la salida:

$$H_v = \frac{V_d^2}{2g} \quad (29)$$

$$H_v = \frac{0,08234^2}{2 * 9,81}$$

$$H_v = 0,00035 \text{ m}$$

#### f. Altura Dinámica Total (HMT)

Finalmente, se suman todas las componentes:

$$H_{\text{estática}} = Z_{\text{descarga}} - Z_{\text{succión}} \quad (30)$$

$$H_{\text{estática}} = 2911 - 2825$$

$$H_{\text{estática}} = 86 \text{ m}$$

$$\text{Alt}_{\text{estática total}} + P_s + P_i + H_v \quad (31)$$

$$\text{Alt}_{\text{del}} = 86 \text{ m} + 0,001999 + 0,08234 + 0,00035$$

$$\text{Alt}_{\text{del}} = 86,08 \text{ m}$$

- **Altura manométrica total**

Tabla 21 Tabla de datos

n	0,75	
Q	0,00335	m <sup>3</sup> /s
H <sub>s</sub>	86	m
Eficiencia	75%	0,75
γ	9,81	KN/m <sup>3</sup>
H <sub>f</sub>	21,5565	m
H <sub>m</sub> (codo)+ (válvula)	0,2242	m

Tabla 22. Propiedades del Agua

Temperatura	Peso Específico [KN/m3]	Densidad [Kg/m3]	Viscosidad Dinámica [Pa.s]	Viscosidad cinemática [m2/s]
10	9,81	1000	1,30 x10 <sup>-3</sup>	1,30 x10 <sup>-6</sup>
15	9,81	1000	1,15 x10 <sup>-3</sup>	1,15 x10 <sup>-6</sup>
20	9,79	998	1,02x10 <sup>-3</sup>	1,02x10 <sup>-6</sup>
25	9,78	997	8,91 x 10 <sup>-4</sup>	8,91 x 10 <sup>-7</sup>
30	9,77	996	8,00 x10 <sup>-4</sup>	8,00 x10 <sup>-7</sup>

$$H_{\text{Bomba}} = H_{\text{estática}} + P_s + P_i \quad (28)$$

$$H_{\text{Bomba}} = 86 + 7,904 + 0,2242$$

$$H_{\text{Bomba}} = 94,129 \text{ m}$$

Esto significa que la bomba debe tener la capacidad de elevar el agua aproximadamente 94 metros verticales equivalentes, considerando tanto la altura como las pérdidas del sistema.

Este valor es clave para definir no solo la curva de operación de la bomba, sino también su potencia y eficiencia. Una subestimación de esta altura podría causar que el equipo no funcione adecuadamente o sufra daños por sobreesfuerzo.

## 5.12 POTENCIA DE LA BOMBA

$$\text{Pot} = \frac{\gamma * Q * h_{\text{Bomba}}}{n} \quad (32)$$

$$\text{Pot} = \frac{9,81 * 0,003345 * 94,129}{0,75}$$

$$\text{Pot} = 4,11839 \text{ Kw}$$

$$\text{Pot} = 5,522 \text{ Hp} = 7,5 \text{ Hp}$$

El cálculo de la potencia necesaria para el sistema de bombeo, por lo cual se realizó con base en el caudal de diseño y la altura dinámica total que la bomba debe vencer. A partir

de estos datos, se obtuvo una potencia hidráulica bruta, la cual representa la energía que requiere el sistema para elevar el agua.

Luego de considerar la eficiencia del equipo (en este caso, se asumió una eficiencia estándar del 75 %), se calculó la potencia neta requerida por el motor de la bomba. El resultado obtenido fue de aproximadamente 5,52 HP, lo que se redondea a una bomba de 7,5 HP para asegurar un margen de operación seguro y eficiente.

Este valor garantiza que la bomba trabajará sin forzarse y cubrirá tanto la altura de elevación como las pérdidas por fricción a lo largo de la línea de impulsión. Además, deja un pequeño margen adicional ante posibles variaciones en la demanda o en las condiciones de funcionamiento.

La elección de una bomba de 7,5 HP también facilita la disponibilidad comercial del equipo, ya que se trata de una potencia estándar que se encuentra fácilmente en el mercado local.

La Figura 20 muestra un método para decidir qué tipo de bomba es apropiada para un servicio dado, de la gráfica se obtiene ciertas conclusiones generales, pero debe enfatizarse que las fronteras entre las zonas son aproximadas.

### 5.13 VELOCIDAD ESPECÍFICA ( $n_s$ )

Para nuestro proyecto se aplicó la formula correspondiente:

$$Pn_s = \frac{n \sqrt{Q}}{(H)^{\frac{3}{4}}} \quad (32)$$
$$n_s = \frac{3450 \sqrt{53.1}}{(308.3)^{\frac{3}{4}}}$$
$$n_s = \frac{3450 * 7.29}{73.57}$$
$$n_s = \frac{25150.5}{73,57}$$
$$n_s = 342$$

Tabla 23. Parámetros hidráulicos considerados para la selección de bomba

Parámetros	Valor	Unidad
Caudal de diseño (Qd)	3,35	l/s
Altura manométrica total	94	m
Diámetro de impulsión	75	mm
Altura estática total	86	m
Tipo de bomba seleccionada	Electrobomba centrífuga con doble rodete	

Para interpretar nuestro resultado utilizamos el siguiente diagrama

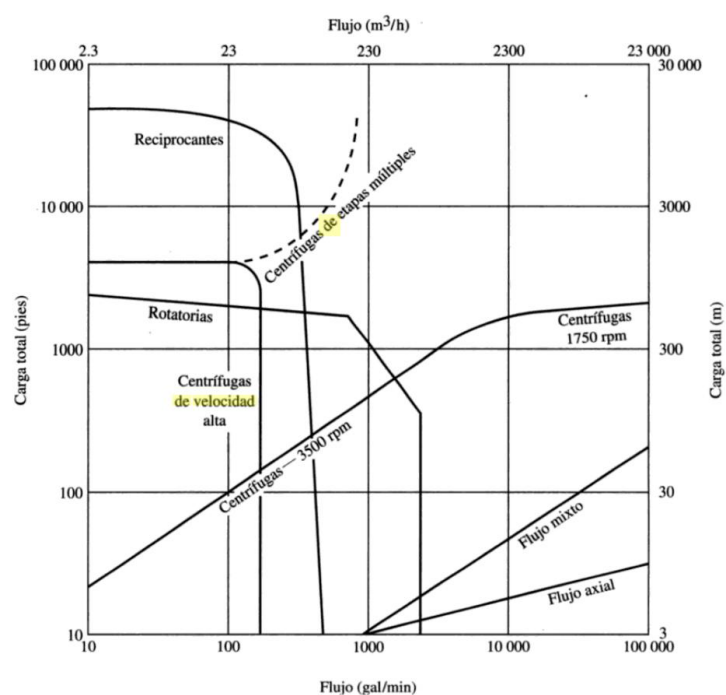


Figura 20. Tabla de rango de bombas

Con base en los requerimientos hidráulicos del sistema (caudal de 3,35 l/s y altura manométrica de 94 m) y una velocidad de rotación de 3450 rpm, se calculó una velocidad específica de  $N_s = 342$ . Este valor es representativo de bombas de baja velocidad específica, propias de diseños centrífugos cerrados o de múltiples etapas.

Al analizar el diagrama de selección de tipo de bomba según caudal y carga, se evidencia que el punto operativo del sistema se ubica dentro del dominio de las bombas centrífugas

multietapa (de copas múltiples) y centrífugas de alta velocidad, lo cual coincide con el tipo de bomba seleccionada (bomba centrífuga de doble rodete, tipo 2CP32/210A).

Esto confirma que la elección de una bomba multietapa es técnicamente adecuada, ya que permite alcanzar elevadas presiones con un caudal relativamente bajo, optimizando el rendimiento y la eficiencia energética en condiciones de operación continua.

#### 5.14 CURVA CARACTERÍSTICA DE LA BOMBA

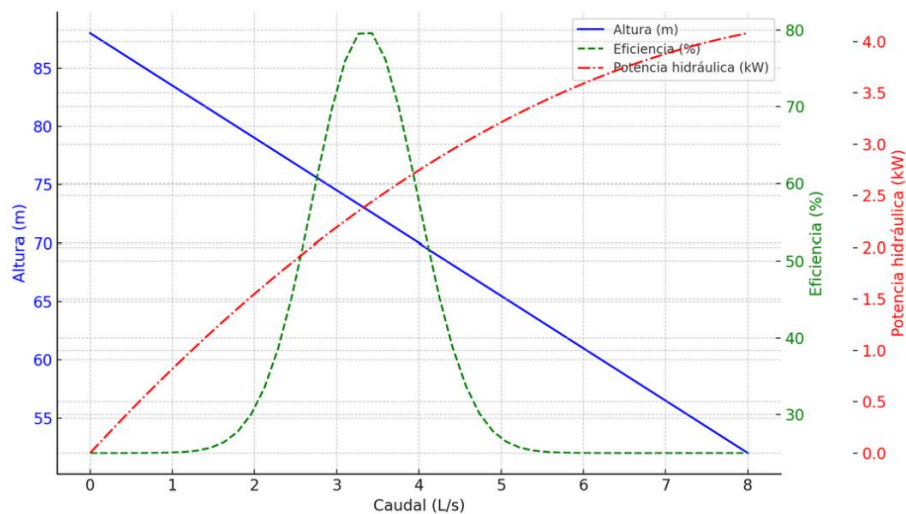


Figura 21 Curva de la bomba

Una vez seleccionada la bomba en función del caudal requerido y la altura dinámica total del sistema, se procedió a revisar su curva característica. Esta curva permite visualizar cómo se comporta la bomba frente a distintos caudales, y se interpreta observando tres parámetros clave: la altura manométrica (H), el caudal (Q) y la eficiencia.[31]

En nuestro caso, se buscó que el punto de operación del sistema, es decir, donde coinciden el caudal de diseño (3,35 L/s) y la altura dinámica total (94 m) se ubique lo más cerca posible del punto de máxima eficiencia de la bomba. Esto garantiza un rendimiento energético óptimo, menor desgaste del equipo y una mayor vida útil.[31]

La curva característica también permite analizar el comportamiento de la bomba ante variaciones eventuales del caudal, asegurando que, dentro de su rango operativo, continúe funcionando de forma segura y eficiente.[31]

En la Figura G 2, Anexo catálogo de la bomba, se muestra el modelo seleccionado junto con su respectiva curva característica. Esta bomba fue elegida con base en el resultado

obtenido del cálculo de la velocidad específica ( $N_s = 342$ ), lo que indica que corresponde a una bomba centrífuga multietapa de doble rodete, ideal para condiciones de alta carga y caudal bajo. La gráfica confirma que, para el caudal de diseño, la bomba opera dentro de un tramo eficiente, validando así su selección técnica.[31]

## 5.15. TANQUE DE ALMACENAMIENTO

### 5.15.1. Dimensionamiento del Tanque de almacenamiento

El volumen del tanque de almacenamiento se determinó con base en el caudal de diseño obteniendo así un caudal de entrada 3,35 l/s y un caudal de salida de 1,14/s.

Se procedió al dimensionamiento del tanque aplicando las siguientes expresiones:

Conversión de Caudal (l/s a m<sup>3</sup>/h)

$$Q_E = 3,35 \text{ l/s} = 12,06 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$Q_S = 1,14 \text{ l/s} = 4,10 \text{ m}^3/\text{hora}$$

- Volumen

$$\text{Volumen} = H \times B \times L$$

$$H = \frac{\text{Volumen}}{B \times L} \quad (40)$$

Fórmulas utilizadas en tabla horaria

- Volumen Captación en cada periodo (2 horas)

$$\text{Vol Captación} = Q_E \times \text{Tiempo} \quad (41)$$

Como los tiempos están en horas, para 2 horas:

$$\text{Vol Captación} = 12,06 \text{ m}^3/\text{h} \times 2\text{h} \quad (42)$$

$$\text{Vol Captación} = 24,12 \text{ m}^3$$

- Volumen captado acumulado

Suma acumulativa de los volúmenes captados:

$$\text{Vol cap acu}_i = \text{Vol cap acu}_{i-1} + \text{Vol Captación}_i \quad (43)$$

Ejemplo a las 10:00 (después de dos intervalos de 2 horas con captación):

$$24,12 + 24,12 = 48,24 \text{ m}^3 \quad (44)$$

- Volumen de diseño

Valor contante relacionado con la capacidad horaria dividida

$$\text{Volumen Diseño} = 8,208 \text{ m}^3 \quad (37)$$

Valor constante

- Volumen Diseño Acumulado (Volumen descargado acumulado)

$$\text{Vol Di Acu}_i = \text{Vol Di Acu}_{i-1} + \text{Vol Diseño} \quad (38)$$

$$24,62 = 3 \times 8,28 \text{ (tres periodos de 2 horas)}$$

- Diferencia

Diferencia entre Volumen Captación y Volumen Diseño Acumulado:

$$\text{Diferencia} = \text{Vol cap acu} + \text{Vol Diseño Acu} \quad (39)$$

Hora: 16:00 pm

$$120,06 = 65,664 = 54,936 \text{ m}^3$$

$$54,936 \text{ m}^3 \approx 55 \text{ m}^3$$

(39)

**A continuación, tabla de resultados**

Tabla 24. Dimensiones del tanque de almacenamiento

<b>DATOS</b>				
<b>QE</b>	3,35	<b>L/S</b>	12,06	<b>m3/hora</b>
<b>QS</b>	1,14	<b>L/S</b>	4,104	<b>m3/hora</b>
<b>Incendio</b>	0	<b>L/S</b>	0	<b>m/hora</b>
<b>vol Reg</b>	54,936	<b>m3</b>		
<b>Vol Contra</b>		<b>m3</b>		
<b>VT</b>	54,936	<b>m3</b>		
<b>Vol Cal</b>	54,936	<b>m3</b>	55	<b>m3</b>
<b>H</b>	2,6357968	<b>m</b>	2	<b>m</b>
<b>B</b>	3,72757958	<b>m</b>	5	<b>m</b>
<b>L</b>	5,59136938	<b>m</b>	5,5	<b>m</b>

Tabla 25. Resultado de volúmenes

<b>HORAS</b>	<b>Vol Captacion</b>	<b>Vol cap acu</b>	<b>Vol Diseño</b>	<b>Vol Di Acu</b>	<b>Diferencia</b>
0:00	0	0	8,208	0	0
2:00	0	0	8,208	8,208	-8,208
4:00	0	0	8,208	16,416	-16,416
6:00	0	0	8,208	24,624	-24,624
8:00	24,12	24,12	8,208	32,832	-8,712
10:00	24,12	48,24	8,208	41,04	7,2
12:00	24,12	72,36	8,208	49,248	23,112
14:00	24,12	96,48	8,208	57,456	39,024
16:00	24,12	120,6	8,208	65,664	54,936
18:00	0	120,6	8,208	73,872	46,728
20:00	0	120,6	8,208	82,08	38,52
22:00	0	120,6	8,208	90,288	30,312
24:00:00	0	120,6	8,208	98,496	22,104

Según los cálculos realizados, se determinó que un tanque con capacidad de 55 m<sup>3</sup> es la opción más adecuada para satisfacer las necesidades de almacenamiento de acuerdo con los caudales de entrada y salida, así como las demandas del sistema en periodos de tiempo específicos. Por lo tanto, un tanque de 55 m<sup>3</sup> es una solución viable y eficiente para este proyecto.

## 5.15 MODELACIÓN DEL SISTEMA

Para validar el diseño del sistema de bombeo propuesto, se realizó una simulación hidráulica utilizando el software EPANET. Esta herramienta permitió analizar el comportamiento del sistema bajo condiciones reales de operación, evaluando parámetros clave como caudales, presiones, pérdidas de carga y eficiencia de la bomba. Para ello se utilizó los siguientes datos:

Tabla 26. Datos ingresados en EPANET

Caudal de diseño	3,35 l/s
Altura estática	86 m
Longitud de la tubería de impulsión	2899,4 m
Diámetro de la tubería	75 mm
Cota mayor	2899,4
Cota menor	2823,5 m
Rugosidad de la tubería	140
Demanda en nodos	

Primero, se construyó la red en EPANET tomando como base la topografía del terreno y la ubicación real de los puntos clave: el punto de captación (fuente), la línea de impulsión, y el tanque de almacenamiento superficial. Se ingresaron los datos reales de altitud de cada punto, longitud y diámetro de las tuberías, así como los accesorios hidráulicos necesarios, los cuales fueron considerados para calcular las pérdidas de carga en el sistema.[44]

Se definieron los nodos de consumo, asignándoles las demandas de agua según la población proyectada y el consumo per cápita establecido. EPANET distribuyó estas demandas a lo largo de las 24 horas del día, permitiendo evaluar el comportamiento del sistema en distintos momentos, especialmente en las horas pico de consumo.[44]

Posteriormente, se configuró el funcionamiento de las bombas, indicando su potencia, curva característica y horario de operación. Estas bombas son las encargadas de impulsar el agua desde la captación hasta el tanque superficial, venciendo la altura estática, las pérdidas por fricción y las pérdidas por accesorios.[44]

Se verificó que cada punto del sistema cuente con la presión mínima y máxima aceptable según la normativa ecuatoriana. Se corrigieron tramos que generaban presiones negativas o excesivas.[44]

Se controló que las velocidades del flujo estén dentro del rango recomendado, generalmente entre 0,6 y 3,0m/s, para garantizar eficiencia y evitar desgastes o sedimentación, también se comprobó que las bombas seleccionadas sean capaces de vencer la altura dinámica total requerida y que su curva de operación esté dentro del rango adecuado.[8]

Gracias a la simulación, se identificaron puntos críticos, se ajustaron diámetros y se optimizó el diseño para garantizar un abastecimiento eficiente, continuo y seguro a toda la población beneficiaria. La modelación permitió anticiparse a problemas operativos y justificar técnicamente el diseño propuesto.[8]

La simulación confirmó que el sistema operará dentro de los rangos aceptables de presión en todos los nodos. Las bombas seleccionadas proporcionarán el caudal requerido superando la altura dinámica total de aproximadamente 94 metros, garantizando un suministro adecuado al tanque de distribución.[44]

Los resultados obtenidos con EPANET muestran que el sistema diseñado cumple con los requisitos técnicos establecidos por la normativa nacional. No se detectaron presiones negativas, ni excesos que comprometan la integridad de la red. La bomba opera de manera eficiente, lo que asegura la sostenibilidad energética del sistema.[44]

## 5.16 PRESUPUESTO REFERENCIAL

Tabla 27. Presupuesto referencial

<u>No.</u>	<u>Rubro / Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio unitario</u>	<u>Precio global</u>
<b>TANQUE CAPTACIÓN (12 m3)</b>					
1	TUBERÍA 100 MM	M	4	9,00	36,00
2	VÁLVULA DE COMPUERTA 4"	U	1	187,00	187,00
3	FILTRO PVC	U	1	8	16,00
4	BOMBA CENTRÍFUGA 7,5 HP	U	2	1700	3400,00
5	MOTOR CLASE IE3	U	2	1200	2400,00
<b>LIMPIEZA Y REBOSE</b>					
5	CONO DE REBOSE	U	1	25	25,00
6	CODO PVC 90°	U	1	2	2,00
7	TAPÓN HEMBRA PVC	U	1	2	2,00
<b>VENTILACIÓN</b>					
8	CODO PVC 90° , ¾	U	1	2	2,00
9	TAPÓN PVC HEMDRA ¾	U	1	2	2,00
<b>REGULACIÓN</b>					
10	UNION UNIVERSAL	U	1	3	3,00
<b>VÁLVULAS</b>					
11	VÁLVULAS DE PURGA 3"	U	7	210	1470,00
12	VÁLVULAS DE AIRE 3"	U	7	210	1470,00
13	MANÓMETROS	U	2	20	40,00
<b>CONDUCCIÓN</b>					
14	TUBERÍA 75 MM	M	2873,1	7,39	21232,21
15	CODO 22,5°	U	52	2	104,00
16	CODO 45°	U	5	2	10,00
17	CODO 90°	U	7	2	14,00
18	UNION PVC R Ø 3"	U	254	5	1270,00
<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>					
19	VÁLVULA DE COPUERTA DE BRONCE Ø 2"	U	2	35	70,00
20	NIPLE DE Ø 2" X 3"	U	4	5	20,00
21	UNION UNIVERSAL Ø 3"	U	4	5	20,00
22	UNION PVC R Ø 2"	U	5	5	25,00
23	TEE PVC Ø 2"	U	1	5	5,00
24	CODO PVC Ø 2" X 90°	U	3	2	6,00
25	REDUCCIÓN PVC Ø 3" A 2"	U	1	4	4,00
26	VÁLVULA DE COPUERTA DE BRONCE Ø 3"	U	2	50	100,00
27	NIPLE DE Ø 3" X 3"	U	8	4	32,00
28	UNION UNIVERSAL Ø 3"	U	4	5	20,00
29	UNIÓN PVC R Ø 3"	U	4	5	20,00
30	TEE PVC Ø 3"	U	2	6	12,00
31	CODO PVC Ø 3" X 45°	U	6	3	18,00
32	CANASTILLA PVC	U	1	8	8,00
33	BRIDA	U	4	5	20,00
34	UNIÓN PVC R Ø 3"	U	1	2	2,00
35	CODO Ø 2" X 90°	U	2	2	4,00
36	ABRAZADERA	U	1	3	3,00
37	CODO PVC Ø 3" X 90°	U	5	3	15,00
38	UNIÓN PVC R Ø 2"	U	1	5	5,00
39	CODO PVC Ø 2" X 45°	U	1	2	2,00
40	NIPLE Ø 4" X 18	U	3	6	18,00
<b>CERCO PERIMÉTRICO</b>					
41	ALAMBRE GALVANIZADO N° 10	M	50	1,9	95,00
42	TUBERÍA HG 2"	M	24	11,3	271,20

43	TUBO GUADRADO HG 1"	M	42	35	1470,00
44	ALAMBRE DE PUAS	ROLLO	3	47,99	143,97
45	ACERCO DE FUERZO 1/2 CORRUGADO	M	24	12	288,00
46	CONECTORES/TORNILLERA/ACC ESORIOS EN GENRAL	GLB	1	80	80,00
<b>TOTAL</b>					<b>34462,38</b>

En cumplimiento del objetivo específico relacionado con la evaluación de la viabilidad económica del proyecto, se elaboró un presupuesto referencial detallado que contempla todos los materiales necesarios para la ejecución del sistema de bombeo propuesto. Este presupuesto es una herramienta clave para visualizar el alcance económico del proyecto y para estimar los recursos que deberán gestionarse en una futura implementación.[54]

Los precios presentados fueron obtenidos a partir de fuentes confiables, como los catálogos de proveedores locales, garantizando así que los valores reflejen el contexto real del mercado en la zona. Cabe destacar que estos costos corresponden a una estimación con base en los precios vigentes al momento de la elaboración del proyecto, y podrían estar sujetos a variaciones con el paso del tiempo debido a factores como inflación, disponibilidad de materiales o cambios en la oferta del mercado.[54]

Este análisis económico incluye desde componentes hidráulicos como tuberías, válvulas y accesorios, hasta elementos estructurales como el cerco perimétrico. El monto total estimado asciende a \$34.462,38, lo cual permite dimensionar de manera general el presupuesto que se requerirá para concretar el sistema de abastecimiento de agua potable para la Junta Administradora de Agua Potable de Loma de Cofres.[54]

## **5.17. ANÁLISIS ECONÓMICO**

### **5.17.1. Valor Actual Neto (VAN)**

La comunidad actualmente recibe agua una vez a la semana por dos horas, cuentan con un tanque de 80m<sup>3</sup> lo cual es llenado con 8 tanqueros, cada uno con 10000 litros, cada tanquero tiene un costo de \$ 15, lo cual es financiado por la Prefectura, se identificó que la entidad gasta aproximadamente \$120 semanales, lo que representa un gasto anual de:

$$80m^3 = 80000 \text{ litros}$$

$$1 \text{ tanquero} = 10000 \text{ litros}$$

$$1 \text{ tanquero} = \$15$$

$$8 \text{ tanqueros} \times \$ 15 = \$120$$

$$\$120/\text{semana} \times 4 \text{ semanas} = \$ 480/\text{mes}$$

$$\$480/\text{mes} \times 12 \text{ meses} = \$5760/\text{año}$$

$$\$5760/\text{año} \times 6 \text{ años} = \$ 34560$$

En 6 años se recuperaría el valor invertido en materiales

Bajo esta lógica, se planteó un análisis financiero con una vida útil del sistema de 25 años y una inversión inicial supuesta de \$34.462,38.[51]

Supuestos:

- Beneficio neto anual: \$5760
- Inversión inicial: \$34.462,38 (año 0) Materiales
- Tasa de descuento: 10%
- Sin ingresos adicionales, solo ahorro
- Costos de mantenimiento estimados: \$300 anuales (se resta del beneficio)

Tabla 28 VAN Vs TIR

Año	Beneficio Bruto	Costos operativos	Flujo Neto
0	0	34462,38	-34462,38
1-25	5760	300	5460

Resultados del análisis:

Se consideró una tasa de descuento del 10% y un costo de mantenimiento anual estimado en \$ 300. Bajo estos parámetros, el flujo neto anual sería de \$5.460.

- VAN (10%)  $\approx$  \$15.102,24
- TIR  $\approx$  17 %

Aplicación de la fórmula VAN:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{Ft}{(1+i)^t} - I \quad (40)$$

$$\begin{aligned} \text{VAN} &= \sum_{t=1}^{25} \frac{5460}{(1 + 0,10)^t} - 34462,38 \\ \text{VAN} &= 5490 \left[ \frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i} \right] - 34462,38 \\ \text{VAN} &= 5490 \left[ \frac{1 - (1 + 0,10)^{-25}}{0,10} \right] - 34462,38 \\ \text{VAN} &= 5490 \left[ \frac{1 - (1 + 0,10)^{-25}}{0,10} \right] \\ (1 + 0,10)^{-25} &= 0,0923 \\ \text{VAN} &= 5490 \left[ \frac{1 - 0,9077}{0,10} \right] - 34462,38 \\ \text{VAN} &= 5490 \times 9,077 - 34462,38 \\ \text{VAN} &= 15.102,24 \end{aligned}$$

Aplicando la fórmula, el Valor Actual Neto (VAN) es aproximadamente \$15.102,24, lo que indica que el proyecto es financieramente viable y generará ese valor adicional a lo largo de 25 años respecto al sistema de tanqueros.[50]

El proyecto es económicamente viable, ya que el VAN es positivo y la TIR (17%) es mayor a la tasa de descuento asumida (10%). Esto indica que, además de recuperar la inversión, se generará un ahorro significativo para la Prefectura a lo largo del tiempo.[50]

### **5.17.2. Tasa Interna de Retorno (TIR):**

Representa la tasa de descuento que iguala el valor presente de los ingresos y egresos del proyecto, es decir, el valor que hace que el VAN sea igual a cero. Si la TIR es mayor a la tasa de descuento, el proyecto es rentable.[51]

Para el desarrollo de este análisis se consideraron:

- El costo total estimado de materiales.
- Costos de operación y mantenimiento anual.
- Vida útil del sistema estimada en 25 años.
- Beneficios esperados por abastecimiento de agua potable a la comunidad.

- Tasa de descuento estimada del 17 %.

Aplicado la siguiente fórmula

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+i)^t} - I_o \quad (41)$$

Inversion inicial Año 0	
A1	-34662,38
A2	5940
A3	5940
A4	5940
A5	5940
A6	5940
A7	5940
A8	5940
A9	5940
A10	5940
A11	5940
A12	5940
A13	5940
A14	5940
A15	5940
A16	5940
A17	5940
A18	5940
A19	5940
A20	5940
A21	5940
A22	5940
A23	5940
A24	5940
A25	5940

17%

Figura 22. TIR

El VAN se calculó utilizando una tasa de descuento del 10%, y los resultados obtenidos muestran que el proyecto tiene un VAN positivo, lo que sugiere que, a esa tasa de descuento, el valor presente de los ingresos futuros supera el costo de la inversión inicial.

La TIR resultante es del 17%, lo que indica que el proyecto generará un retorno anual del 17% sobre la inversión. Dado que esta tasa es superior a la tasa de descuento del 10%, se confirma que el proyecto es rentable desde un punto de vista financiero.

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

- El diseño del sistema de bombeo ha demostrado ser técnicamente viable, a pesar de las dificultades derivadas de la complejidad topográfica de la zona. El proceso de diseño se inició con la compilación de datos proporcionados por la Comunidad, en base a un caudal aprobado de 0,52 l/s, que fue el valor inicialmente considerado en la aprobación de MATEE (Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica). Sin embargo, tras realizar el aforamiento en el sitio, se obtuvo un caudal significativamente inferior de 0,14 l/s, lo cual reveló una discrepancia entre las mediciones previas y la capacidad real del recurso hídrico disponible.

Este caudal real de 0,14 l/s fue el valor a partir del cual se diseñó el sistema de bombeo, asegurando que el diseño final se adaptara a las condiciones reales del caudal disponible en la fuente. El sistema está dimensionado para funcionar eficientemente con un caudal de 0,14 l/s y una altura manométrica total de 94 metros, lo que cumple con las normativas técnicas ecuatorianas vigentes para proyectos de abastecimiento de agua en áreas rurales.

- El análisis hidráulico realizado para el diseño del sistema de distribución de agua permitió determinar una velocidad específica de 1,05 m/s en la red de tuberías. Este valor se encuentra dentro del rango normativo recomendado, que establece que la velocidad del flujo en las tuberías debe mantenerse entre 0,6 m/s y 3 m/s. Para garantizar un funcionamiento óptimo del sistema, se seleccionó una tubería de 75 mm de diámetro y una longitud total de 2.899,4 metros, lo que asegura un equilibrio adecuado entre el caudal y las presiones operativas en todo el recorrido de la red. En base a esta configuración, se eligió una electrobomba centrífuga de doble rodete de 7,5 HP, tipo 2CP32/210A, equipada con un motor de clase IE3, que ofrece una excelente eficiencia energética. Esta bomba es capaz de operar de manera eficiente bajo condiciones de alta carga y caudal bajo, lo cual es esencial para el correcto funcionamiento del sistema en todas las condiciones operativas esperadas. La simulación del sistema hidráulico utilizando EPANET jugó un papel fundamental en la validación de las presiones a lo largo de la red, así como en la anticipación de posibles pérdidas de carga. Esta herramienta también permitió optimizar el diseño de las tuberías, válvulas y accesorios, asegurando que

el sistema funcione con la máxima eficiencia y minimizando el riesgo de fallas operativas.

- Se elaboró un presupuesto referencial de los materiales necesarios para la implementación del nuevo sistema, con un costo total de inversión de \$34,462.38. A partir de este presupuesto referencial, se realizó el Valor Actual Neto (VAN) calculado con una tasa de descuento del 10%, Tasa Interna de Retorno (TIR) obtenida de 17%. El resultado obtenido, con una TIR superior a la tasa de descuento de 10%, confirma que el proyecto es financieramente viable. Esta rentabilidad indica que el sistema no solo cubrirá la inversión inicial, sino que generará beneficios a lo largo de su vida útil. Además, el sistema de abastecimiento de agua propuesto representa una solución eficiente y rentable, ya que permitirá a la Prefectura generar un ahorro significativo en comparación con el método actual de abastecimiento mediante tanqueros. Este ahorro se logrará mediante una reducción de costos operativos y una mejora en la eficiencia del suministro, lo que contribuirá al bienestar de la comunidad a largo plazo.

## **6.2.RECOMENDACIONES**

- Considerando que el caudal real es de 0,14 l/s obtenido, se recomienda la implementación de una galería filtrante como medida adicional para aumentar el caudal disponible. Las galerías filtrantes son una solución eficiente para captar agua subterránea de manera controlada, lo que puede permitir un aumento significativo en el caudal aprovechable. Esta opción también contribuiría a mejorar la calidad del agua al filtrar impurezas antes de su llegada a la captación, es recomendable que, antes de la implementación de este sistema, se realicen estudios adicionales de la fuente de agua subterránea para evaluar su capacidad de abastecimiento.
- Es esencial que la construcción del sistema de abastecimiento de agua se base en el diseño hidráulico y técnico desarrollado. Esto garantizará que el sistema opere de manera eficiente, minimizando el riesgo de sobrecargar los equipos y optimizando el uso de los recursos disponibles, ya que cualquier desviación en la construcción podría comprometer la operación a largo plazo del sistema y la capacidad de abastecer de manera adecuada a la población beneficiaria.

## 7 REFERENCIAS

- [1] «Anexo código subárea conocimiento UNESCO». [En línea]. Disponible en: <file:///C:/Users/SURFACE/Desktop/CECI/TESIS/INSTRUCTIVO/Anexo%2011.%20%C3%81reas%20Conocimientos%20Unesco.pdf>
- [2] «El derecho al agua: la urgencia de proteger un derecho humano fundamental». Accedido: 22 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.es.amnesty.org/en-que-estamos/blog/historia/articulo/el-derecho-al-agua-la-urgencia-de-proteger-un-derecho-humano-fundamental/>
- [3] «manual Senagua para el agua - NORMA CO 10 - 602 - REVISIÓN NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE - Studocu». Accedido: 3 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-catolica-de-cuenca/ingenieria-civil/manual-senagua-para-el-agua/15977581>
- [4] «home – Instituto Nacional de Estadística y Censos». Accedido: 22 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>
- [5] D. P. Gualancañay Miñarcaja y H. D. Jaguaco Quiña, «Diseño de un sistema de bombeo para un almacenamiento de agua de riego en los sectores de Chanchico y Tiobamba de la parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi», ago. 2017, Accedido: 22 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4372>
- [6] «Dona Ahora | UNICEF Ecuador». Accedido: 22 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://unicef.org.ec/dona-ahora>
- [7] C. VENT TE, *Hidráulica de canales abiertos*. MC GRAW HILL. [En línea]. Disponible en: [file:///C:/Users/SURFACE/Downloads/pdf-ven-te-chow-hidraulica-de-canales-abiertos\\_compress.pdf](file:///C:/Users/SURFACE/Downloads/pdf-ven-te-chow-hidraulica-de-canales-abiertos_compress.pdf)
- [8] «(PDF) Software para el análisis de redes hidráulicas. El programa EPANET». Accedido: 20 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/291165569\\_Software\\_para\\_el\\_analisis\\_de\\_redes\\_hidraulicas\\_El\\_programa\\_EPANET](https://www.researchgate.net/publication/291165569_Software_para_el_analisis_de_redes_hidraulicas_El_programa_EPANET)

- [9] «ESFeres25-ODS-A5-web.pdf». Accedido: 22 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2020/02/ESFeres25-ODS-A5-web.pdf>
- [10] «[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Municipios\\_2021/Agua\\_potable\\_alcantarrillado\\_2021/PR\\_ESENTACION%20APA%202021\\_V7%20\(Rev.%20Dicos\).pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2021/Agua_potable_alcantarrillado_2021/PR_ESENTACION%20APA%202021_V7%20(Rev.%20Dicos).pdf)». Accedido: 16 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Municipios\\_2021/Agua\\_potable\\_alcantarrillado\\_2021/PR\\_ESENTACION%20APA%202021\\_V7%20\(Rev.%20Dicos\).pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2021/Agua_potable_alcantarrillado_2021/PR_ESENTACION%20APA%202021_V7%20(Rev.%20Dicos).pdf)
- [11] «Completar un levantamiento topográfico de posicionamiento en interiores— ArcGIS IPS | Documentación». Accedido: 11 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://doc.arcgis.com/es/ips/latest/ios/mobile/perform-a-survey.htm>
- [12] J. M. P. Cachimuel y C. C. Ulcuango, *La lucha por el agua: gestión comunitaria del proyecto de agua potable Pesillo-Imbabura*. SciELO - Editorial Abya-Yala, 2020.
- [13] «Mapa de índice de lluvias intensas provincia Cotopaxi | PLANACC». Accedido: 3 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.adaptacioncc.com/index.php/publicaciones-documentos/mapa-lluvias-cotopaxi>
- [14] «<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16063/1/UPS%20-%20ST003752.pdf>». Accedido: 7 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16063/1/UPS%20-%20ST003752.pdf>
- [15] «Concepto de Población - Qué es, características y sus indicadores», <https://concepto.de/>. Accedido: 8 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://concepto.de/poblacion/>
- [16] «Métodos para calcular la población futura». Accedido: 3 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://1library.co/document/zk6jo2my-metodos-para-calcular-la-poblacion-futura.html>
- [17] M. G. I. C. Garcés y B. L. de la C. Barajas, «Crecimiento poblacional», Portal Académico del CCH. Accedido: 8 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://portalacademico.cch.unam.mx/biologia2/impacto-actividad-humana/crecimiento-poblacional>

- [18] C. N. para el U. E. de la Energía, «Estados y municipios Alumbrado público», gob.mx. Accedido: 20 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <http://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/estados-y-municipios-alumbrado-publico>
- [19] Salcedo Santillan, Gino, «Estudio del “Proyecto de Ampliación de la Línea de Impulsión, Sistema de Bombeo y Tanque Elevado para Agua Potable en el Centro Poblado Rural (CPR) Picapiedra Distrito de Pachacamac»». [En línea]. Disponible en: [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/salcedo\\_sg/cap03.pdf](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/salcedo_sg/cap03.pdf)
- [20] «¿Qué es el levantamiento Topográfico?», Cientec. Accedido: 11 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://cientecinstrumentos.cl/que-es-un-levantamiento-topografico/>
- [21] «Tuberías», Ferrovial. Accedido: 18 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.ferrovial.com/es/recursos/tuberias/>
- [22] «Manual de Diseño de Redes de AAPP Interagua | PDF | Alcantarillado | Bomba», Scribd. Accedido: 3 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/436115566/Manual-de-Diseno-de-Redes-de-AAPP-Interagua>
- [23] G. Acura, «Tanques superficiales o de almacenamiento en superficie», Grupo Acura. Accedido: 7 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://grupoacura.com/es/blog/tanques-superficiales/>
- [24] admin, «Sistema de bombeo: Tipos y sus funciones», Geohidraulica. Accedido: 8 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://geohidraulica.com/sistema-de-bombeo-tipos-y-sus-funciones/>
- [25] «CPE INEN 5: Diseño de Sistemas de Agua Potable y Aguas Residuales», studylib.es. Accedido: 3 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://studylib.es/doc/9218150/norma-ecuatoriana-cpe-inen-5-parte-9-1-1992>
- [26] U. C. Bureau, «Cambios en las poblaciones urbanas y rurales tras el Censo del 2020», Census.gov. Accedido: 20 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.census.gov/newsroom/press-releases/2022/urban-rural-populations/urban-rural-populations-spanish.html>

- [27] M. A. Monge, «Velocidad del agua en tubos de goteo», hutech. Accedido: 20 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.hutech.es/single-post/velocidad-del-agua-en-tubos-de-goteo>
- [28] OPS/CEPIS/05.161 y UNATSABAR, «Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable». [En línea]. Disponible en: [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/OPS%202005b%20Guia%20dise%C3%B1o%20de%20bombeo.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005b%20Guia%20dise%C3%B1o%20de%20bombeo.pdf)
- [29] admin, «Sistema de bombeo: Tipos y sus funciones», Geohidraulica. Accedido: 17 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://geohidraulica.com/sistema-de-bombeo-tipos-y-sus-funciones/>
- [30] M. V. Zubicaray, *Bombas: teoría, diseño y aplicaciones*. Editorial Limusa, 2003.
- [31] «fluidos-mott-6ed.pdf». Accedido: 18 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://avdiaz.wordpress.com/wp-content/uploads/2008/10/fluidos-mott-6ed.pdf>
- [32] «Bombas centrífugas y su uso en instalaciones hidráulicas». Accedido: 17 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.seguas.com/bombas-centrifugas-instalaciones-hidraulicas/>
- [33] «<https://cidta.usal.es/cursos/redes/modulos/libros/unidad%209/acoplamiento.PDF>». Accedido: 17 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://cidta.usal.es/cursos/redes/modulos/libros/unidad%209/acoplamiento.PDF>
- [34] V. L. STREETER, E. B. WYLIE, y K. W. BEDFORD, *Mecánica de fluidos*, NOVENA EDICIÓN. MC GRAW HILL. [En línea]. Disponible en: [file:///C:/Users/SURFACE/Downloads/pdf-mecanica-fluidos-streeter-9-ed\\_compress.pdf](file:///C:/Users/SURFACE/Downloads/pdf-mecanica-fluidos-streeter-9-ed_compress.pdf)
- [35] Septiembre 18 y 2022 por Charles Kolstad, «Que es una válvula de pie?», Tameson.es. Accedido: 21 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://tameson.es/pages/valvulas-de-pie>
- [36] «Inicio», FIMACA. Accedido: 21 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://fimaca.com/>
- [37] «Snapshot». Accedido: 21 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://fimaca.com/>

- [38] Mayo 18 y 2021 por Charles Kolstad, «Manómetro de Agua - Cómo Funciona», Tameson.es. Accedido: 21 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://tameson.es/pages/manometro-de-agua>
- [39] A. Pedraza y R. Rosas, *Evaluación para sistemas de bombeo de agua: Manual de eficiencia energética*. Inter-American Development Bank, 2011.
- [40] «Snapshot». Accedido: 21 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://tameson.es/pages/valvulas-de-pie>
- [41] M. V. Zubicaray, *Bombas: teoría, diseño y aplicaciones*. Editorial Limusa, 2003.
- [42] «Metodología de la investigación cuantitativa». Accedido: 20 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.questionpro.com/blog/es/metodologia-de-la-investigacion-cuantitativa/>
- [43] «El Esquema Metodologico | PDF | Caso de uso | Software», Scribd. Accedido: 20 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/362975167/El-Esquema-Metodologico>
- [44] «(PDF) Software para el análisis de redes hidráulicas. El programa EPANET». Accedido: 20 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/291165569\\_Software\\_para\\_el\\_analisis\\_de\\_redes\\_hidraulicas\\_El\\_programa\\_EPANET](https://www.researchgate.net/publication/291165569_Software_para_el_analisis_de_redes_hidraulicas_El_programa_EPANET)
- [45] «127-curso\_aforadores\_agua.pdf». Accedido: 3 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: [https://www.produccion-animal.com.ar/agua\\_bebida/127-curso\\_aforadores\\_agua.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/agua_bebida/127-curso_aforadores_agua.pdf)
- [46] A. CHADWICK, J. MORFETT, y M. BOTHWICK, *Hydraulics in Civil and environmental Engineering*, vol. 5TH EDITION. CRC PRESS TAYLOR Y FANCIS GROUP. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/358363510/HYDRAULICS-IN-CIVIL-AND-ENVIRONMENTAL-ENGINEERING>
- [47] «MIDUVI – Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda – Somos la entidad del Estado que ejerce la rectoría e implementación de la política pública de las ciudades, garantizando a la ciudadanía el acceso al hábitat seguro y saludable, a la vivienda digna y al espacio público integrador.» Accedido: 20 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/>

- [48] Y. A. GENCEL y J. M. CIMBALA, *Mecánica de fluidos, fundamentos y aplicaciones*, vol. 1RA EDICIÓN. MC GRAW HILL. [En línea]. Disponible en: 2. Cengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2014). \*Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications (3rd Edition).\*\*
- [49] beprime, «La curva característica de una bomba centrífuga - Debem». Accedido: 17 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.debem.com/es/curva-caracteristica-de-bomba-centrifuga/>
- [50] J. Marín, «TIR Y VAN», Accedido: 30 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: [https://www.academia.edu/74334839/TIR\\_Y\\_VAN](https://www.academia.edu/74334839/TIR_Y_VAN)
- [51] «VAN y TIR: fórmulas para evaluar la rentabilidad en inversión», Universidad Virtual. | UNIR Ecuador - Maestrías y Grados virtuales. Accedido: 30 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://ecuador.unir.net/actualidad-unir/van-tir-formulas/>
- [52] TIXE SALVADOR, «Guía de diseño para líneas de conducción e impulsión de sistemas de Abastecimineto de aguas rural». UNATSABAR, 2004. [En línea]. Disponible en:  
[https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/TIXE%202004.%20Dise%C3%B1o%20de%20conducci%C3%B3n%20e%20impulsi%C3%B3n.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/TIXE%202004.%20Dise%C3%B1o%20de%20conducci%C3%B3n%20e%20impulsi%C3%B3n.pdf)
- [53] J. Genes, «Volumen 13–III Cálculo hidráulico de tuberías Emisión Original Manual de Ingeniería de Diseño», jun. 2014, Accedido: 18 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en:  
[https://www.academia.edu/7283051/VOLUMEN\\_13\\_III\\_C%C3%81LCULO\\_HIDR%C3%81ULICO\\_DE\\_TUBERIAS\\_Emisi%C3%B3n\\_Original\\_MANUAL\\_DE\\_INGENIERIA\\_DE\\_DISE%C3%91O](https://www.academia.edu/7283051/VOLUMEN_13_III_C%C3%81LCULO_HIDR%C3%81ULICO_DE_TUBERIAS_Emisi%C3%B3n_Original_MANUAL_DE_INGENIERIA_DE_DISE%C3%91O)
- [54] «Análisis de precios unitarios (apu) e ítems de construcción en Bolivia». Accedido: 27 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.insucons.com/ec/analisis-precio-unitario>

## 8 ANEXOS

### ANEXO A



Figura A 1 Equipo topográfico



Figura A 2. Nivelación equipo topográfico



Figura A 3. Toma de datos topográficos



Figura A 4. Ojo de agua



Figura A 5. Limpieza de la vertiente

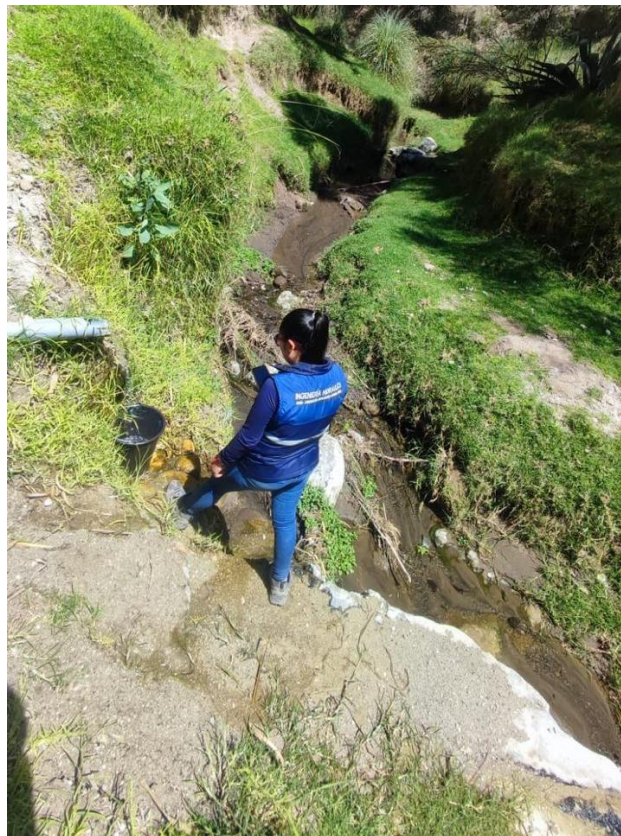


Figura A 6. Aforamiento

## 1.1. ANEXO B



FIGURA B 1. Aforamiento



Figura B 2. Tiempos de aforamiento

Carrera de Hidráulica

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**ENCUESTA PARA EL ESTUDIO SOCIO ECONOMICO DEL PROYECTO "DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA LA JUNTA LOMA DE COFRES, CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI"**

Tramo: \_\_\_\_\_

Cantón: Latacunga Sector: Loma de Cofre

Nombre del encuestador: \_\_\_\_\_

Edad: 60 Sexo: Masculino  Femenino

Telf./Cel: \_\_\_\_\_

Parentesco (respecto al jefe del hogar): Baño Gamboy Velmo

Nombre del jefe hogar: \_\_\_\_\_  
(Jefe del hogar: Persona que toma las decisiones, dirige y es el mayor aporte en el hogar)

Tiempo de permanencia en el cantón: Latacunga Lugar de residencia anterior: Pueñito

**1.- DATOS DE VIVIENDA**

1.1. Posesión de la vivienda Propia  Alquilada  Otros: \_\_\_\_\_

1.2. Infraestructura de la vivienda (Según la respuesta indicar con el número correspondiente)

Número de pisos	Estructura	Paredes	Pisos	Cubierta	Estado	Uso
1= de 1 piso	1= Hierro	1= Hierro	1= Tierra	1= Zinc	1= Bueno	1= Vivienda
2= de 2 pisos	2=Ladrillo	2=Ladrillo	2= Madera	2= Losa	2=Regular	2= Negocio
3= de pisos	3=Bloque	3=Bloque	3=Cemento	3=Mixto	3= Malo	3= Bodega
	4=Mixto	4=Mixto	4= Baldosa	4= Otro		4= Mixto
			5= Mixto			5= Otro

a.1. Dimensiones totales del terreno: 415 m<sup>2</sup>

**1.3. Servicios Básicos o alternos que posee la vivienda**

SERVICIOS DE AGUA	S	NO
Agua Potable		
Posee Medidor		<input checked="" type="checkbox"/>
OBTENCIÓN DEL AGUA	S	NO
Carro repartidor	<input checked="" type="checkbox"/>	
Agua de pozo		
Agua entubada		
Agua de vertiente/río		
Otro:		

TELÉFONO	SI	NO
Telefonía fija	<input checked="" type="checkbox"/>	
Telefonía móvil	<input checked="" type="checkbox"/>	
ALCANTARILLADO PLUVIAL	SI	NO
ALCANTARILLADO SANITARIO	<input checked="" type="checkbox"/>	
Red pública		
Pozo séptico		
Pozo ciego	<input checked="" type="checkbox"/>	
Otro		

18 / Marzo 92 bnd

Latacunga - Ecuador  
 Av. Simón Rodríguez s/n Barrio El Ejido / San Felipe. Tel: (03) 2252346 - 2252307 - 2252205

Figura C 1. Encuesta población

<b>FORMA DE ELIMINACIÓN DE BASURA</b>	S	NO
Carro recolector de basura		<input checked="" type="checkbox"/>
Incineradora		
<b>Clasifica/recicla</b>	S	NO
Bota al terreno baldío/río	<input checked="" type="checkbox"/>	
Otro _____		
<b>CON CUANTOS BAÑOS CUENTA SU HOGAR</b>		
3		
2		
1		<input checked="" type="checkbox"/>
Ninguno		

<b>CON QUE FRECUENCIA EXPERIMENTA PROBLEMAS DE SUMINISTRO DE AGUA</b>	
Siempre	
Casi siempre	<input checked="" type="checkbox"/>
Nunca	

<b>EDADES DE LOS USUARIOS</b>		
Entre 5 y 10 años	3	
Entre 11 y 15 años	2	
Entre 16 y 20 años	3	
Más de 20 años		
<b>FAMILIARES CON ALGUNA DISCAPACIDAD</b>	SI	NO
	<input checked="" type="checkbox"/>	

1.4. Suministro de agua (Según la respuesta indicar con el número correspondiente)

PRESIÓN DEL AGUA	DISTRIBUCIÓN DEL AGUA	CUANTAS VECES A LA SEMANA SE ABASTECEN DE AGUA	CUANTAS HORAS AL DÍA SE ABASTECEN DE AGUA
1= Buena 2= Mala 3= No se tiene presión <input checked="" type="checkbox"/>	1= Satisfecho 2= Medianamente satisfecho 3= Insatisfecho <input checked="" type="checkbox"/>	1= Una vez a la semana <input checked="" type="checkbox"/> 3= Dos veces por semana 4= Tres veces por semana 5= Ningún día a la semana	1= Media hora <input checked="" type="checkbox"/> 2= Una a dos horas 3= Tres a cuatro horas <input checked="" type="checkbox"/>

Está de acuerdo con la construcción de un Sistema de Bombeo	SI	NO
	<input checked="" type="checkbox"/>	
Estaría dispuesto a contribuir financieramente para mejorar el sistema de bombeo	SI	NO
	<input checked="" type="checkbox"/>	

<b>Con cuanto estaría dispuesto a aportar</b>
1= \$5 - 3 -
2= \$ 10
3= \$30
4= Otro _____

Manuel  
FIRMA DEL ENCUESTADOR

Figura C 2. Encuesta población

## ANEXO D RESULTADOS SIMULACIÓN EPANET

Estado de los Nudos de la Red			
ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Nudo n1	0,00	2931,89	108,39
Nudo n2	0,00	2931,81	107,01
Nudo n3	0,00	2931,79	107,19
Nudo n4	0,00	2931,72	106,92
Nudo n5	0,00	2931,68	107,88
Nudo n6	0,00	2931,66	107,76
Nudo n7	0,00	2931,64	107,74
Nudo n8	0,00	2931,62	108,12
Nudo n9	0,00	2931,59	107,29
Nudo n10	0,00	2931,56	107,36
Nudo n11	0,00	2931,53	106,73
Nudo n12	0,00	2931,50	106,80
Nudo n13	0,00	2931,48	106,48
Nudo n14	0,00	2931,46	105,86
Nudo n15	0,00	2931,42	105,42
Nudo n16	0,00	2931,41	105,71
Nudo n17	0,00	2931,39	107,09

Figura D 1. Resultado de presiones, del nodo 1 al nodo 17

Estado de los Nudos de la Red			
ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Nudo n18	0,00	2931,40	105,30
Nudo n19	0,00	2931,38	105,28
Nudo n20	0,00	2931,35	105,05
Nudo n21	0,00	2931,33	104,83
Nudo n22	0,00	2931,30	104,50
Nudo n23	0,00	2931,27	104,57
Nudo n24	0,00	2931,24	104,34
Nudo n25	0,00	2931,19	104,49
Nudo n26	0,00	2931,16	104,06
Nudo n27	0,00	2931,13	103,63
Nudo n28	0,00	2931,09	102,99
Nudo n29	0,00	2931,05	102,35
Nudo n30	0,00	2931,03	101,73
Nudo n31	0,00	2931,01	101,11
Nudo n32	0,00	2930,98	99,98
Nudo n33	0,00	2930,96	99,56
Nudo n34	0,00	2930,93	98,83

Figura D 2. Resultado de presiones, del nodo 18 al nodo 34

Estado de los Nudos de la Red			
ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Nudo n35	0,00	2930,88	98,38
Nudo n36	0,00	2930,80	97,50
Nudo n37	0,00	2930,79	96,59
Nudo n38	0,00	2930,76	95,96
Nudo n39	0,00	2930,72	95,22
Nudo n40	0,00	2930,67	94,17
Nudo n41	0,00	2930,61	93,22
Nudo n42	0,00	2930,57	91,57
Nudo n43	0,00	2930,52	90,32
Nudo n44	0,00	2930,48	88,78
Nudo n45	0,00	2930,43	87,23
Nudo n46	0,00	2930,39	85,69
Nudo n47	0,00	2930,34	84,94
Nudo n48	0,00	2930,27	83,97
Nudo n49	0,00	2930,21	82,91
Nudo n50	0,00	2930,15	82,05
Nudo n51	0,00	2930,15	81,05

Figura D 3. Resultado de presiones, del nodo 35 al nodo 51

Estado de los Nudos de la Red			
ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Nudo n52	0,00	2930,09	79,39
Nudo n53	0,00	2930,05	76,45
Nudo n54	0,00	2929,96	76,66
Nudo n55	0,00	2929,90	76,00
Nudo n56	0,00	2929,82	75,22
Nudo n57	0,00	2929,74	74,24
Nudo n58	0,00	2929,63	73,13
Nudo n59	0,00	2929,56	72,16
Nudo n60	0,00	2929,45	71,15
Nudo n61	0,00	2929,35	70,15
Nudo n62	0,00	2929,24	69,14
Nudo n63	0,00	2929,15	68,65
Nudo n64	0,00	2929,15	68,05
Nudo n65	0,00	2928,95	67,05
Nudo n66	0,00	2928,79	65,89
Nudo n67	0,00	2928,69	65,29
Nudo n68	0,00	2928,54	65,44

Figura D 4. Resultado de presiones, del nodo 52 al nodo 68

Estado de los Nudos de la Red			
ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Nudo n69	0,00	2928,42	66,12
Nudo n70	0,00	2928,30	66,60
Nudo n71	0,00	2928,13	67,83
Nudo n72	0,00	2927,97	68,67
Nudo n73	0,00	2927,83	69,93
Nudo n74	0,00	2927,67	71,47
Nudo n75	0,00	2927,50	74,60
Nudo n76	0,00	2927,39	74,79
Nudo n77	0,00	2927,25	74,75
Nudo n78	0,00	2927,07	74,47
Nudo n79	0,00	2926,93	74,63
Nudo n80	0,00	2926,78	73,58
Nudo n81	0,00	2926,66	72,26
Nudo n82	0,00	2926,46	71,76
Nudo n83	0,00	2926,28	70,38
Nudo n84	0,00	2926,20	67,90
Nudo n85	0,00	2926,13	66,03

Figura D 5. Resultado de presiones, del nodo 69 al nodo 85

Estado de los Nudos de la Red			
ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Nudo n86	0,00	2925,98	64,38
Nudo n87	0,00	2925,82	63,02
Nudo n88	0,00	2925,66	62,66
Nudo n89	0,00	2925,48	62,58
Nudo n90	0,00	2925,39	63,79
Nudo n91	0,00	2925,24	64,84
Nudo n92	0,00	2925,24	64,04
Nudo n93	0,00	2925,14	61,14
Nudo n94	0,00	2925,03	59,93
Nudo n95	0,00	2924,90	58,40
Nudo n96	0,00	2924,76	57,96
Nudo n97	0,00	2924,57	57,77
Nudo n98	0,00	2924,43	58,63
Nudo n99	0,00	2924,26	59,76
Nudo n100	0,00	2924,11	61,41
Nudo n101	0,00	2923,91	60,61
Nudo n102	0,00	2923,76	60,46

Figura D 6. Resultado de presiones, del nodo 86 al nodo 102

Estado de los Nudos de la Red			
ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Nudo n103	0,00	2923,56	60,16
Nudo n104	0,00	2923,56	59,76
Nudo n105	0,00	2923,43	59,13
Nudo n106	0,00	2923,30	58,30
Nudo n107	0,00	2923,17	56,97
Nudo n108	0,00	2923,05	55,75
Nudo n109	0,00	2922,80	54,10
Nudo n110	0,00	2922,62	53,12
Nudo n111	0,00	2922,46	53,56
Nudo n112	0,00	2922,29	54,69
Nudo n113	0,00	2922,08	54,98
Nudo n114	0,00	2921,89	52,79
Nudo n115	0,00	2921,72	48,52
Nudo n116	0,00	2921,32	46,02
Nudo n117	0,00	2921,14	43,84
Nudo n118	0,00	2921,01	43,81
Nudo n119	0,00	2920,89	43,79

Figura D 7. Resultado de presiones, del nodo 103 al nodo 119

Estado de los Nudos de la Red			
ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Nudo n120	0,00	2920,72	44,42
Nudo n121	0,00	2920,53	44,33
Nudo n122	0,00	2920,41	43,01
Nudo n123	0,00	2920,23	40,43
Nudo n124	0,00	2920,05	37,45
Nudo n125	0,00	2920,05	34,85
Nudo n126	0,00	2919,95	33,35
Nudo n127	0,00	2919,83	29,73
Nudo n128	0,00	2919,70	28,30
Nudo n129	0,00	2919,53	29,13
Nudo n130	0,00	2919,36	29,46
Nudo n131	0,00	2919,22	29,32
Nudo n132	0,00	2919,10	26,40
Nudo n133	0,00	2918,84	23,74
Nudo n134	0,00	2918,67	19,87
Nudo n135	0,00	2918,50	20,80
Nudo n136	0,00	2918,30	21,80

Figura D 8. Resultado de presiones, del nodo 120 al nodo 136

Estado de los Nudos de la Red			
ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Nudo n137	0,00	2918,19	22,88
Nudo n138	0,00	2918,07	24,17
Nudo n139	0,00	2917,92	24,72
Nudo n140	0,00	2917,77	23,47
Nudo n141	0,00	2917,58	21,58
Nudo n142	0,00	2917,37	19,57
Nudo n143	0,00	2917,24	18,94
Nudo n144	0,00	2917,05	17,85
Nudo n145	0,00	2916,92	16,02
Nudo n146	0,00	2916,73	13,63
Nudo n147	0,00	2916,59	11,89
Nudo n148	0,00	2916,45	9,95
Nudo n149	0,00	2916,30	9,50
Nudo n150	0,00	2916,17	8,77
Nudo n151	0,00	2915,97	6,87
Nudo n152	0,00	2915,80	5,90
Nudo n153	0,00	2915,61	5,21

Figura D 9. Resultado de presiones, del nodo 137 al nodo 153

Estado de los Nudos de la Red			
ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Nudo n154	0,00	2915,38	4,78
Nudo n155	0,00	2914,98	4,28
Nudo n156	0,00	2914,76	4,26
Nudo n157	0,00	2914,57	4,47
Nudo n158	0,00	2914,39	3,99
Nudo n159	0,00	2914,23	3,03
Nudo n160	0,00	2914,02	1,92
Nudo n161	0,00	2913,90	1,60
Nudo n162	0,00	2913,70	1,40
Nudo n163	0,00	2913,70	1,70
Nudo n164	0,00	2913,41	0,31
Nudo n165	0,00	2913,20	-0,60
Nudo n166	0,00	2913,06	-1,44
Nudo n167	0,00	2912,84	-1,86
Nudo n168	0,00	2912,46	-2,44
Nudo n169	0,00	2912,32	-2,88
Nudo n170	0,00	2912,13	-3,07

Figura D 10. Resultado de presiones, del nodo 154 al nodo 170

Estado de los Nudos de la Red			
ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Nudo n171	0,00	2911,95	-3,55
Nudo n172	0,00	2911,73	-3,47
Nudo n173	0,00	2911,55	-5,95
Nudo n174	0,00	2911,55	-6,45
Nudo n175	0,00	2911,30	-6,60
Nudo n176	0,00	2910,88	-6,42
Nudo n177	0,00	2910,73	-6,17
Nudo n178	0,00	2910,66	-6,74
Nudo n179	0,00	2910,60	-8,20
Nudo n180	0,00	2910,52	-8,48
Nudo n181	0,00	2910,49	-7,81
Nudo n182	0,00	2910,40	-4,50
Nudo n183	0,00	2910,35	-3,45
Nudo n184	0,00	2910,26	-2,84
Nudo n185	0,00	2910,21	-1,79
Nudo n186	0,00	2910,21	-0,99
Nudo n187	0,00	2910,15	-0,55

Figura D 11. Resultado de presiones, del nodo 171 al nodo 187

Estado de los Nudos de la Red			
ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Nudo n188	0,00	2910,08	0,78
Nudo n189	0,00	2910,02	1,62
Nudo n190	0,00	2909,94	2,64
Nudo n191	0,00	2909,89	3,49
Nudo n192	0,00	2909,83	2,53
Nudo n193	0,00	2909,79	0,39
Nudo n194	0,00	2909,73	-4,17
Nudo n195	0,00	2909,68	-3,02
Nudo n196	0,00	2909,62	-3,28
Nudo n197	0,00	2909,56	-3,84
Nudo n198	0,00	2909,50	-4,40
Nudo n199	0,00	2909,43	-4,77
Nudo n200	0,00	2909,37	-5,23
Nudo n201	0,00	2909,32	-5,58
Nudo n202	0,00	2909,26	-6,24
Nudo n203	0,00	2909,21	-6,39
Nudo n204	0,00	2909,14	-6,46

Figura D 12. Resultado de presiones, del nodo 188 al nodo 204

Estado de los Nudos de la Red			
ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Nudo n205	0,00	2909,09	-5,91
Nudo n206	0,00	2909,04	-5,26
Nudo n207	0,00	2909,00	-4,60
Nudo n208	0,00	2908,91	-3,79
Nudo n209	0,00	2908,86	-3,14
Nudo n210	0,00	2908,81	-2,59
Nudo n211	0,00	2908,76	-2,24
Nudo n212	0,00	2908,69	-1,91
Nudo n213	0,00	2908,66	-1,64
Nudo n214	0,00	2908,61	-1,19
Nudo n215	0,00	2908,58	-0,82
Nudo n216	0,00	2908,53	-0,47
Nudo n217	0,00	2908,49	0,09
Nudo n218	0,00	2908,45	0,55
Nudo n219	0,00	2908,40	0,70
Nudo n220	0,00	2908,37	1,17
Nudo n221	0,00	2908,33	1,53

Figura D 13. Resultado de presiones, del nodo 205 al nodo 221

Estado de los Nudos de la Red			
ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Nudo n222	0,00	2908,29	1,79
Nudo n223	0,00	2908,25	1,95
Nudo n224	0,00	2908,19	2,19
Nudo n225	0,00	2908,14	2,24
Nudo n226	0,00	2908,09	2,49
Nudo n227	0,00	2908,04	2,64
Nudo n228	0,00	2907,99	2,79
Nudo n229	0,00	2907,93	2,93
Nudo n230	0,00	2907,87	3,47
Nudo n231	0,00	2907,83	3,43
Nudo n232	0,00	2907,78	3,48
Nudo n233	0,00	2907,71	3,41
Nudo n234	0,00	2907,66	3,56
Nudo n235	0,00	2907,60	3,60
Nudo n236	0,00	2907,56	3,56
Nudo n237	0,00	2907,47	3,47
Nudo n238	0,00	2907,43	3,33

Figura D 14. Resultado de presiones, del nodo 206 al nodo 238

Estado de los Nudos de la Red			
ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Nudo n239	0,00	2907,39	3,19
Nudo n240	0,00	2907,34	3,04
Nudo n241	0,00	2907,29	2,89
Nudo n242	0,00	2907,24	-26134,76
Nudo n243	0,00	2907,18	3,08
Nudo n244	0,00	2907,12	3,12
Nudo n245	0,00	2907,06	3,16
Nudo n246	0,00	2907,06	3,26
Nudo n247	0,00	2906,98	3,28
Nudo n248	0,00	2906,93	3,83
Nudo n249	0,00	2906,85	4,15
Nudo n250	0,00	2906,79	4,49
Nudo n251	0,00	2906,72	5,12
Nudo n252	0,00	2906,66	5,66
Nudo n253	0,00	2906,58	6,28
Nudo n254	0,00	2906,55	6,55
Nudo n255	0,00	2906,45	7,15

Figura D 15. Resultado de presiones, del nodo 239 al nodo 256

Estado de los Nudos de la Red			
ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Nudo n256	0,00	2906,45	7,65
Nudo n257	0,00	2906,34	8,04
Nudo n258	0,00	2906,20	8,50
Nudo n259	0,00	2905,84	8,54
Nudo n260	0,00	2905,83	8,73
Nudo n261	0,00	2905,68	8,78
Nudo n262	0,00	2905,50	8,80
Nudo n263	0,00	2905,50	9,10
Nudo n264	0,00	2905,28	9,48
Nudo n265	0,00	2905,13	8,23
Nudo n266	0,00	2904,93	6,53
Nudo RESV-2	3,35	2904,79	5,39

Figura D 16. Resultado de presiones, del nodo 256 al nodo tanque de almacenamiento

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Longitud m	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería T-1	9,37	3,35	1,08
Tubería T-2	2,418	3,35	1,08
Tubería T-3	6,937	3,35	1,08
Tubería T-4	4,597	3,35	1,08
Tubería T-6	2,551	3,35	1,08
Tubería T-7	2,604	3,35	1,08
Tubería T-8	3,005	3,35	1,08
Tubería T-9	3,051	3,35	1,08
Tubería T-10	3,493	3,35	1,08
Tubería T-11	3,136	3,35	1,08
Tubería T-12	2,507	3,35	1,08
Tubería T-13	2,48	3,35	1,08
Tubería T-14	4,028	3,35	1,08
Tubería T-15	1,49	3,35	1,08
Tubería T-16	2,386	3,35	1,08
Tubería T-17	1,486	3,35	1,08
Tubería T-18	2,885	3,35	1,08

FIGURA D 17. Resultado de longitud, caudal, velocidad, de la tubería 1 a la 18

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Longitud m	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería T-18	2,885	3,35	1,08
Tubería T-19	3,274	3,35	1,08
Tubería T-20	2,3	3,35	1,08
Tubería T-21	2,478	3,35	1,08
Tubería T-22	3,576	3,35	1,08
Tubería T-23	3,108	3,35	1,08
Tubería T-24	5,777	3,35	1,08
Tubería T-25	3,69	3,35	1,08
Tubería T-26	3,782	3,35	1,08
Tubería T-27	3,883	3,35	1,08
Tubería T-28	4,39	3,35	1,08
Tubería T-29	2,097	3,35	1,08
Tubería T-30	2,938	3,35	1,08
Tubería T-31	3,118	3,35	1,08
Tubería T-32	2,779	3,35	1,08
Tubería T-33	3,126	3,35	1,08
Tubería T-34	5,093	3,35	1,08

Figura D 18. Resultado de longitud, caudal, velocidad, de la tubería 19 a la 34

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Longitud m	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería T-35	9,128	3,35	1,08
Tubería T-36	1,366	3,35	1,08
Tubería T-37	3,673	3,35	1,08
Tubería T-38	4,466	3,35	1,08
Tubería T-39	4,865	3,35	1,08
Tubería T-40	6,514	3,35	1,08
Tubería T-41	5,579	3,35	1,08
Tubería T-42	5,139	3,35	1,08
Tubería T-43	3,897	3,35	1,08
Tubería T-44	6,304	3,35	1,08
Tubería T-45	4,584	3,35	1,08
Tubería T-46	4,888	3,35	1,08
Tubería T-47	8,592	3,35	1,08
Tubería T-48	6,829	3,35	1,08
Tubería T-49	5,896	3,35	1,08
Tubería T-51	7,568	3,35	1,08
Tubería T-52	4,752	3,35	1,08

Figura D 19. Resultado de longitud, caudal, velocidad, de la tubería 35 a la 52

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Longitud m	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería T-53	9,703	3,35	1,08
Tubería T-54	6,579	3,35	1,08
Tubería T-55	8,511	3,35	1,08
Tubería T-56	9,074	3,35	1,08
Tubería T-57	12,55	3,35	1,08
Tubería T-58	7,683	3,35	1,08
Tubería T-59	12,82	3,35	1,08
Tubería T-60	10,75	3,35	1,08
Tubería T-61	12,26	3,35	1,08
Tubería T-62	11,01	3,35	1,08
Tubería T-64	22,6	3,35	1,08
Tubería T-65	17,17	3,35	1,08
Tubería T-66	12,03	3,35	1,08
Tubería T-67	15,78	3,35	1,08
Tubería T-68	14,13	3,35	1,08
Tubería T-69	13,17	3,35	1,08
Tubería T-70	19,04	3,35	1,08

Figura D 20. Resultado de longitud, caudal, velocidad, de la tubería 53 a la 70

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Longitud m	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería T-71	18,33	3,35	1,08
Tubería T-72	15,96	3,35	1,08
Tubería T-73	17,53	3,35	1,08
Tubería T-74	19,31	3,35	1,08
Tubería T-75	12,31	3,35	1,08
Tubería T-76	15,28	3,35	1,08
Tubería T-77	20,11	3,35	1,08
Tubería T-78	16,37	3,35	1,08
Tubería T-79	16,71	3,35	1,08
Tubería T-80	13,88	3,35	1,08
Tubería T-81	21,71	3,35	1,08
Tubería T-82	20,68	3,35	1,08
Tubería T-83	9,195	3,35	1,08
Tubería T-84	7,128	3,35	1,08
Tubería T-85	17,55	3,35	1,08
Tubería T-86	18,06	3,35	1,08
Tubería T-87	17,28	3,35	1,08

Figura D 21. Resultado de longitud, caudal, velocidad, de la tubería 71 a la 87

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Longitud m	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería T-88	20,02	3,35	1,08
Tubería T-89	11,01	3,35	1,08
Tubería T-90	16,57	3,35	1,08
Tubería T-92	10,61	3,35	1,08
Tubería T-93	13,3	3,35	1,08
Tubería T-94	13,83	3,35	1,08
Tubería T-95	15,83	3,35	1,08
Tubería T-96	21,62	3,35	1,08
Tubería T-97	15,74	3,35	1,08
Tubería T-98	19,53	3,35	1,08
Tubería T-99	16,39	3,35	1,08
Tubería T-100	22,37	3,35	1,08
Tubería T-101	16,87	3,35	1,08
Tubería T-102	22,03	3,35	1,08
Tubería T-104	15,25	3,35	1,08
Tubería T-105	14,19	3,35	1,08
Tubería T-106	14,86	3,35	1,08

Figura D 22. Resultado de longitud, caudal, velocidad, de la tubería 88 a la 106

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Longitud m	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería T-107	13,76	3,35	1,08
Tubería T-108	28,36	3,35	1,08
Tubería T-109	19,72	3,35	1,08
Tubería T-110	17,98	3,35	1,08
Tubería T-111	19,58	3,35	1,08
Tubería T-112	22,73	3,35	1,08
Tubería T-113	21,89	3,35	1,08
Tubería T-114	19,23	3,35	1,08
Tubería T-115	44,69	3,35	1,08
Tubería T-116	20,34	3,35	1,08
Tubería T-117	14,05	3,35	1,08
Tubería T-118	13,46	3,35	1,08
Tubería T-119	19,4	3,35	1,08
Tubería T-120	21,33	3,35	1,08
Tubería T-121	13,87	3,35	1,08
Tubería T-122	19,42	3,35	1,08
Tubería T-123	21,16	3,35	1,08

Figura D 23. Resultado de longitud, caudal, velocidad, de la tubería 107 a la 123

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Longitud m	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería T-125	11,36	3,35	1,08
Tubería T-126	12,59	3,35	1,08
Tubería T-127	14,99	3,35	1,08
Tubería T-128	18,63	3,35	1,08
Tubería T-129	19,39	3,35	1,08
Tubería T-130	15,52	3,35	1,08
Tubería T-131	14,04	3,35	1,08
Tubería T-132	28,57	3,35	1,08
Tubería T-133	19,18	3,35	1,08
Tubería T-134	18,87	3,35	1,08
Tubería T-135	22,72	3,35	1,08
Tubería T-136	13,2	3,35	1,08
Tubería T-137	13,09	3,35	1,08
Tubería T-138	17,08	3,35	1,08
Tubería T-139	16,82	3,35	1,08
Tubería T-140	21,03	3,35	1,08
Tubería T-141	24,02	3,35	1,08

Figura D 24 . Resultado de longitud, caudal, velocidad, de la tubería 124 a la 141

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Longitud m	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería T-142	14,23	3,35	1,08
Tubería T-143	21,72	3,35	1,08
Tubería T-144	13,62	3,35	1,08
Tubería T-145	21,97	3,35	1,08
Tubería T-146	15,22	3,35	1,08
Tubería T-147	15,63	3,35	1,08
Tubería T-148	17,73	3,35	1,08
Tubería T-149	13,9	3,35	1,08
Tubería T-150	22,73	3,35	1,08
Tubería T-151	19,16	3,35	1,08
Tubería T-152	21,51	3,35	1,08
Tubería T-153	25,93	3,35	1,08
Tubería T-154	44,64	3,35	1,08
Tubería T-155	24,49	3,35	1,08
Tubería T-156	20,97	3,35	1,08
Tubería T-157	20,97	3,35	1,08
Tubería T-158	18,27	3,35	1,08

Figura D 25. Resultado de longitud, caudal, velocidad, de la tubería 142 a la 158

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Longitud m	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería T-157	20,97	3,35	1,08
Tubería T-158	18,27	3,35	1,08
Tubería T-159	22,55	3,35	1,08
Tubería T-160	13,69	3,35	1,08
Tubería T-161	22,44	3,35	1,08
Tubería T-163	32,93	3,35	1,08
Tubería T-164	23,06	3,35	1,08
Tubería T-165	15,82	3,35	1,08
Tubería T-166	25,59	3,35	1,08
Tubería T-167	42,3	3,35	1,08
Tubería T-168	15,72	3,35	1,08
Tubería T-169	21,24	3,35	1,08
Tubería T-170	20,15	3,35	1,08
Tubería T-171	24,5	3,35	1,08
Tubería T-172	20,17	3,35	1,08
Tubería T-174	27,96	3,35	1,08
Tubería T-175	47,75	3,35	1,08

Figura D 26. Resultado de longitud, caudal, velocidad, de la tubería 157 a la 175

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Longitud m	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería T-176	16,9	3,35	1,08
Tubería T-177	7,796	3,35	1,08
Tubería T-178	7,177	3,35	1,08
Tubería T-179	7,986	3,35	1,08
Tubería T-180	4,338	3,35	1,08
Tubería T-181	9,515	3,35	1,08
Tubería T-182	5,731	3,35	1,08
Tubería T-183	9,764	3,35	1,08
Tubería T-184	5,906	3,35	1,08
Tubería T-186	7,41	3,35	1,08
Tubería T-187	6,861	3,35	1,08
Tubería T-188	7,802	3,35	1,08
Tubería T-189	8,514	3,35	1,08
Tubería T-190	5,636	3,35	1,08
Tubería T-191	6,172	3,35	1,08
Tubería T-192	5,255	3,35	1,08
Tubería T-193	6,841	3,35	1,08

figura D 27. Resultado de longitud, caudal, velocidad, de la tubería 176 a la 193

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Longitud m	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería T-194	5,141	3,35	1,08
Tubería T-195	7,154	3,35	1,08
Tubería T-196	6,883	3,35	1,08
Tubería T-197	6,505	3,35	1,08
Tubería T-198	7,567	3,35	1,08
Tubería T-199	6,947	3,35	1,08
Tubería T-200	6,031	3,35	1,08
Tubería T-201	6,684	3,35	1,08
Tubería T-202	5,633	3,35	1,08
Tubería T-203	7,06	3,35	1,08
Tubería T-204	5,381	3,35	1,08
Tubería T-205	6,51	3,35	1,08
Tubería T-206	4,176	3,35	1,08
Tubería T-207	9,598	3,35	1,08
Tubería T-208	5,987	3,35	1,08
Tubería T-209	5,853	3,35	1,08
Tubería T-210	5,505	3,35	1,08

Figura D 28. Resultado de longitud, caudal, velocidad, de la tubería 194 a la 210

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Longitud m	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería T-211	7,379	3,35	1,08
Tubería T-212	4,34	3,35	1,08
Tubería T-213	4,659	3,35	1,08
Tubería T-214	3,691	3,35	1,08
Tubería T-215	5,416	3,35	1,08
Tubería T-216	4,341	3,35	1,08
Tubería T-217	4,999	3,35	1,08
Tubería T-218	5,214	3,35	1,08
Tubería T-219	3,408	3,35	1,08
Tubería T-220	4,821	3,35	1,08
Tubería T-221	4,557	3,35	1,08
Tubería T-222	4,924	3,35	1,08
Tubería T-223	5,787	3,35	1,08
Tubería T-224	6,477	3,35	1,08
Tubería T-225	5,093	3,35	1,08
Tubería T-226	5,576	3,35	1,08
Tubería T-227	6,304	3,35	1,08

Figura D 29. Resultado de longitud, caudal, velocidad, de la tubería 211 a la 227

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Longitud m	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería T-228	5,662	3,35	1,08
Tubería T-229	7,353	3,35	1,08
Tubería T-230	4,805	3,35	1,08
Tubería T-231	5,661	3,35	1,08
Tubería T-232	7,429	3,35	1,08
Tubería T-233	6,212	3,35	1,08
Tubería T-234	6,399	3,35	1,08
Tubería T-235	4,071	3,35	1,08
Tubería T-236	10,65	3,35	1,08
Tubería T-237	4,33	3,35	1,08
Tubería T-238	4,709	3,35	1,08
Tubería T-239	5,718	3,35	1,08
Tubería T-240	5,51	3,35	1,08
Tubería T-241	5,45	3,35	1,08
Tubería T-242	5,964	3,35	1,08
Tubería T-243	7,432	3,35	1,08
Tubería T-244	6,834	3,35	1,08

Figura D 30 Resultado de longitud, caudal, velocidad, de la tubería 228 a la 244

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Longitud m	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería T-247	5,734	3,35	1,08
Tubería T-248	8,023	3,35	1,08
Tubería T-249	6,736	3,35	1,08
Tubería T-250	7,865	3,35	1,08
Tubería T-251	6,772	3,35	1,08
Tubería T-252	9,416	3,35	1,08
Tubería T-253	3,838	3,35	1,08
Tubería T-254	10,43	3,35	1,08
Tubería T-256	12,43	3,35	1,07
Tubería T-257	16,29	3,35	1,07
Tubería T-258	40,14	3,35	1,07
Tubería T-259	1,583	3,35	1,07
Tubería T-260	16,74	3,35	1,07
Tubería T-261	19,41	3,35	1,07
Tubería T-263	25,59	3,35	1,07
Tubería T-264	16,14	3,35	1,07
Tubería T-265	22,75	3,35	1,07

Figura D 31. Resultado de longitud, caudal, velocidad, de la tubería 247 a la 265

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Diámetro mm	Rugosidad	Factor Fricción
Tubería T-1	75	140	0,033
Tubería T-2	75	140	0,061
Tubería T-3	75	140	0,036
Tubería T-4	75	140	0,043
Tubería T-5	75	140	0,060
Tubería T-6	75	140	0,059
Tubería T-7	75	140	0,058
Tubería T-8	75	140	0,054
Tubería T-9	75	140	0,053
Tubería T-10	75	140	0,049
Tubería T-11	75	140	0,052
Tubería T-12	75	140	0,060
Tubería T-13	75	140	0,060
Tubería T-14	75	140	0,046
Tubería T-15	75	140	0,085
Tubería T-16	75	140	0,062
Tubería T-17	75	140	0,085

Figura D 32. Resultado de diámetro, rugosidad, factor de fricción, de la tubería 1 a la 17

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Diámetro mm	Rugosidad	Factor Fricción
Tubería T-18	75	140	0,055
Tubería T-19	75	140	0,051
Tubería T-20	110	140	0,083
Tubería T-21	75	140	0,060
Tubería T-22	75	140	0,049
Tubería T-23	75	140	0,053
Tubería T-24	75	140	0,039
Tubería T-25	75	140	0,048
Tubería T-26	75	140	0,048
Tubería T-27	75	140	0,047
Tubería T-28	75	140	0,044
Tubería T-29	75	140	0,067
Tubería T-30	75	140	0,055
Tubería T-31	75	140	0,053
Tubería T-32	75	140	0,056
Tubería T-33	75	140	0,053
Tubería T-34	75	140	0,041

Figura D 33. Resultado de diámetro, rugosidad, factor de fricción, de la tubería 18 a la 134

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Diámetro mm	Rugosidad	Factor Fricción
Tubería T-35	75	140	0,033
Tubería T-36	75	140	0,091
Tubería T-37	75	140	0,048
Tubería T-38	75	140	0,044
Tubería T-39	75	140	0,042
Tubería T-40	75	140	0,037
Tubería T-41	75	140	0,040
Tubería T-42	75	140	0,041
Tubería T-43	75	140	0,047
Tubería T-44	75	140	0,038
Tubería T-45	75	140	0,044
Tubería T-46	75	140	0,042
Tubería T-47	75	140	0,034
Tubería T-48	75	140	0,037
Tubería T-49	75	140	0,039
Tubería T-50	75	140	0,036
Tubería T-51	75	140	0,036

Figura D 34. Resultado de diámetro, rugosidad, factor de fricción, de la tubería 35 a la 51

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Diámetro mm	Rugosidad	Factor Fricción
Tubería T-52	75	140	0,043
Tubería T-53	75	140	0,033
Tubería T-54	75	140	0,038
Tubería T-55	75	140	0,034
Tubería T-56	75	140	0,034
Tubería T-57	75	140	0,031
Tubería T-58	75	140	0,036
Tubería T-59	75	140	0,031
Tubería T-60	75	140	0,032
Tubería T-61	75	140	0,031
Tubería T-62	75	140	0,032
Tubería T-63	75	140	0,028
Tubería T-64	75	140	0,028
Tubería T-65	75	140	0,029
Tubería T-66	75	140	0,031
Tubería T-67	75	140	0,030
Tubería T-68	75	140	0,030

Figura D 35. Resultado de diámetro, rugosidad, factor de fricción, de la tubería 52 a la 68

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Diámetro mm	Rugosidad	Factor Fricción
Tubería T-69	75	140	0,031
Tubería T-70	75	140	0,029
Tubería T-71	75	140	0,029
Tubería T-72	75	140	0,030
Tubería T-73	75	140	0,029
Tubería T-74	75	140	0,029
Tubería T-75	75	140	0,031
Tubería T-76	75	140	0,030
Tubería T-77	75	140	0,029
Tubería T-78	75	140	0,030
Tubería T-79	75	140	0,029
Tubería T-80	75	140	0,031
Tubería T-81	75	140	0,028
Tubería T-82	75	140	0,029
Tubería T-83	75	140	0,034
Tubería T-84	75	140	0,037
Tubería T-85	75	140	0,029

Figura D 36. Resultado de diámetro, rugosidad, factor de fricción, de la tubería 85 a la 69

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Diámetro mm	Rugosidad	Factor Fricción
Tubería T-86	75	140	0,029
Tubería T-87	75	140	0,029
Tubería T-88	75	140	0,029
Tubería T-89	75	140	0,033
Tubería T-90	75	140	0,030
Tubería T-91	75	140	0,030
Tubería T-92	75	140	0,033
Tubería T-93	75	140	0,031
Tubería T-94	75	140	0,031
Tubería T-95	75	140	0,030
Tubería T-96	75	140	0,029
Tubería T-97	75	140	0,030
Tubería T-98	75	140	0,029
Tubería T-99	75	140	0,030
Tubería T-100	75	140	0,029
Tubería T-101	75	140	0,030
Tubería T-102	75	140	0,029

Figura D 37. Resultado de diámetro, rugosidad, factor de fricción, de la tubería 86 a la 102

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Diámetro mm	Rugosidad	Factor Fricción
Tubería T-103	75	140	0,032
Tubería T-104	75	140	0,031
Tubería T-105	75	140	0,031
Tubería T-106	75	140	0,031
Tubería T-107	75	140	0,031
Tubería T-108	75	140	0,028
Tubería T-109	75	140	0,029
Tubería T-110	75	140	0,030
Tubería T-111	75	140	0,029
Tubería T-112	75	140	0,029
Tubería T-113	75	140	0,029
Tubería T-114	75	140	0,029
Tubería T-115	75	140	0,027
Tubería T-116	75	140	0,029
Tubería T-117	75	140	0,031
Tubería T-118	75	140	0,032
Tubería T-119	75	140	0,030

Figura D 38. Resultado de diámetro, rugosidad, factor de fricción, de la tubería 103 a la 119

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Diámetro mm	Rugosidad	Factor Fricción
Tubería T-120	75	140	0,029
Tubería T-121	75	140	0,031
Tubería T-122	75	140	0,030
Tubería T-123	75	140	0,029
Tubería T-124	75	140	0,035
Tubería T-125	75	140	0,033
Tubería T-126	75	140	0,032
Tubería T-127	75	140	0,031
Tubería T-128	75	140	0,030
Tubería T-129	75	140	0,030
Tubería T-130	75	140	0,031
Tubería T-131	75	140	0,032
Tubería T-132	75	140	0,028
Tubería T-133	75	140	0,030
Tubería T-134	75	140	0,030
Tubería T-135	75	140	0,029
Tubería T-136	75	140	0,032

Figura D 39. Resultado de diámetro, rugosidad, factor de fricción, de la tubería 120 a la 136

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Diámetro mm	Rugosidad	Factor Fricción
Tubería T-137	75	140	0,033
Tubería T-138	75	140	0,031
Tubería T-139	75	140	0,031
Tubería T-140	75	140	0,030
Tubería T-141	75	140	0,029
Tubería T-142	75	140	0,032
Tubería T-143	75	140	0,030
Tubería T-144	75	140	0,032
Tubería T-145	75	140	0,030
Tubería T-146	75	140	0,032
Tubería T-147	75	140	0,031
Tubería T-148	75	140	0,031
Tubería T-149	75	140	0,032
Tubería T-150	75	140	0,030
Tubería T-151	75	140	0,030
Tubería T-152	75	140	0,030
Tubería T-153	75	140	0,029

Figura D 40. Resultado de diámetro, rugosidad, factor de fricción, de la tubería 137 a la 153

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Diámetro mm	Rugosidad	Factor Fricción
Tubería T-154	75	140	0,028
Tubería T-155	75	140	0,029
Tubería T-156	75	140	0,030
Tubería T-157	75	140	0,030
Tubería T-158	75	140	0,031
Tubería T-159	75	140	0,030
Tubería T-160	75	140	0,033
Tubería T-161	75	140	0,030
Tubería T-162	75	140	0,032
Tubería T-163	75	140	0,029
Tubería T-164	75	140	0,030
Tubería T-165	75	140	0,032
Tubería T-166	75	140	0,030
Tubería T-167	75	140	0,028
Tubería T-168	75	140	0,032
Tubería T-169	75	140	0,031
Tubería T-170	75	140	0,031

Figura D 41. Resultado de diámetro, rugosidad, factor de fricción, de la tubería 154 a la 170

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Diámetro mm	Rugosidad	Factor Fricción
Tubería T-171	75	140	0,030
Tubería T-172	75	140	0,031
Tubería T-173	75	140	0,031
Tubería T-174	75	140	0,030
Tubería T-175	75	140	0,029
Tubería T-176	75	140	0,032
Tubería T-177	75	140	0,039
Tubería T-178	75	140	0,039
Tubería T-179	75	140	0,038
Tubería T-180	75	140	0,049
Tubería T-181	75	140	0,036
Tubería T-182	75	140	0,043
Tubería T-183	75	140	0,037
Tubería T-184	75	140	0,043
Tubería T-185	75	140	0,034
Tubería T-186	75	140	0,039
Tubería T-187	75	140	0,040

Figura D 42. Resultado de diámetro, rugosidad, factor de fricción, de la tubería 171 a la 187

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Diámetro mm	Rugosidad	Factor Fricción
Tubería T-188	75	140	0,039
Tubería T-189	75	140	0,038
Tubería T-190	75	140	0,043
Tubería T-191	75	140	0,042
Tubería T-192	75	140	0,045
Tubería T-193	75	140	0,041
Tubería T-194	75	140	0,045
Tubería T-195	75	140	0,040
Tubería T-196	75	140	0,042
Tubería T-197	75	140	0,040
Tubería T-198	75	140	0,040
Tubería T-199	75	140	0,042
Tubería T-200	75	140	0,044
Tubería T-201	75	140	0,042
Tubería T-202	75	140	0,043
Tubería T-203	75	140	0,041
Tubería T-204	75	140	0,045

Figura D 43. Resultado de diámetro, rugosidad, factor de fricción, de la tubería 188 a la 204

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Diámetro mm	Rugosidad	Factor Fricción
Tubería T-205	75	140	0,043
Tubería T-206	75	140	0,049
Tubería T-207	75	140	0,038
Tubería T-208	75	140	0,044
Tubería T-209	75	140	0,044
Tubería T-210	75	140	0,045
Tubería T-211	75	140	0,042
Tubería T-212	75	140	0,050
Tubería T-213	75	140	0,048
Tubería T-214	75	140	0,054
Tubería T-215	75	140	0,045
Tubería T-216	75	140	0,049
Tubería T-217	75	140	0,048
Tubería T-218	75	140	0,048
Tubería T-219	75	140	0,057
Tubería T-220	75	140	0,047
Tubería T-221	75	140	0,052

Figura D 44. Resultado de diámetro, rugosidad, factor de fricción, de la tubería 205 a la 221

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Diámetro mm	Rugosidad	Factor Fricción
Tubería T-222	75	140	0,045
Tubería T-223	75	140	0,049
Tubería T-224	75	140	0,029
Tubería T-225	75	140	0,050
Tubería T-226	75	140	0,047
Tubería T-227	75	140	0,044
Tubería T-228	75	140	0,046
Tubería T-229	75	140	0,046
Tubería T-230	75	140	0,044
Tubería T-231	75	140	0,046
Tubería T-232	75	140	0,043
Tubería T-233	75	140	0,047
Tubería T-234	75	140	0,048
Tubería T-235	75	140	0,046
Tubería T-236	75	140	0,042
Tubería T-237	75	140	0,049
Tubería T-238	75	140	0,048

Figura D 45. Resultado de diámetro, rugosidad, factor de fricción, de la tubería 222 a la 238

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Diámetro mm	Rugosidad	Factor Fricción
Tubería T-239	75	140	0,052
Tubería T-240	75	140	0,047
Tubería T-241	75	140	0,051
Tubería T-242	75	140	0,050
Tubería T-243	75	140	0,043
Tubería T-244	75	140	0,038
Tubería T-245	75	140	0,041
Tubería T-246	75	140	0,045
Tubería T-247	75	140	0,058
Tubería T-248	75	140	0,046
Tubería T-249	75	140	0,040
Tubería T-250	75	140	0,038
Tubería T-251	75	140	0,049
Tubería T-252	75	140	0,059
Tubería T-253	75	140	0,054
Tubería T-254	75	140	0,045
Tubería T-255	75	140	0,064

Figura D 46. Resultado de diámetro, rugosidad, factor de fricción, de la tubería 239 a la 255

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Diámetro mm	Rugosidad	Factor Fricción
Tubería T-256	75	140	0,025
Tubería T-257	75	140	0,045
Tubería T-258	75	140	0,043
Tubería T-259	75	140	0,000
Tubería T-260	75	140	0,039
Tubería T-261	75	140	0,042
Tubería T-262	75	140	0,062
Tubería T-263	75	140	0,056
Tubería T-264	75	140	0,000
Tubería T-265	75	140	0,000
Tubería T-266	75	140	0,000

Figura D 47. Resultado de diámetro, rugosidad, factor de fricción, de la tubería 256 a la 266

# ANEXO DE PLANOS

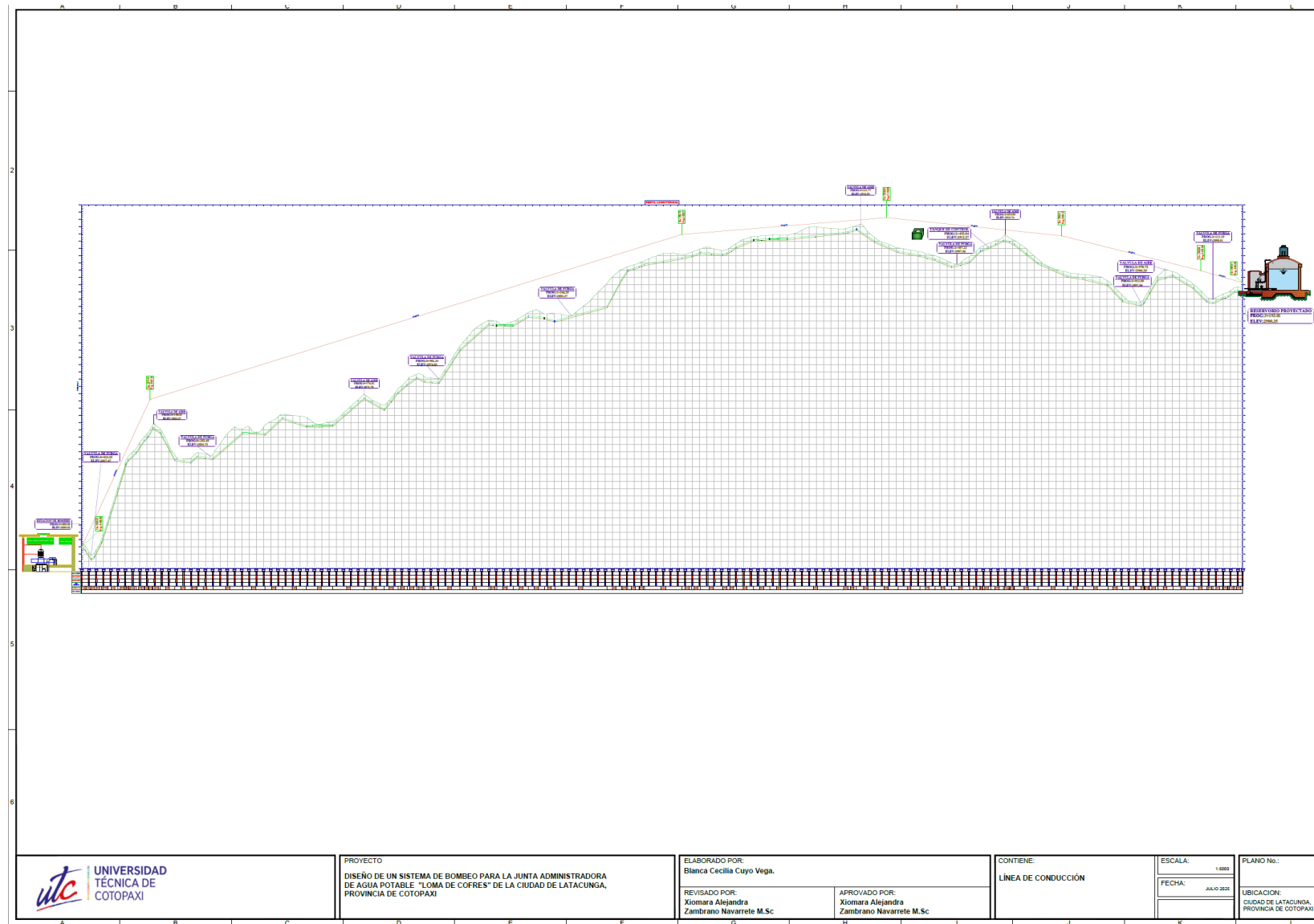
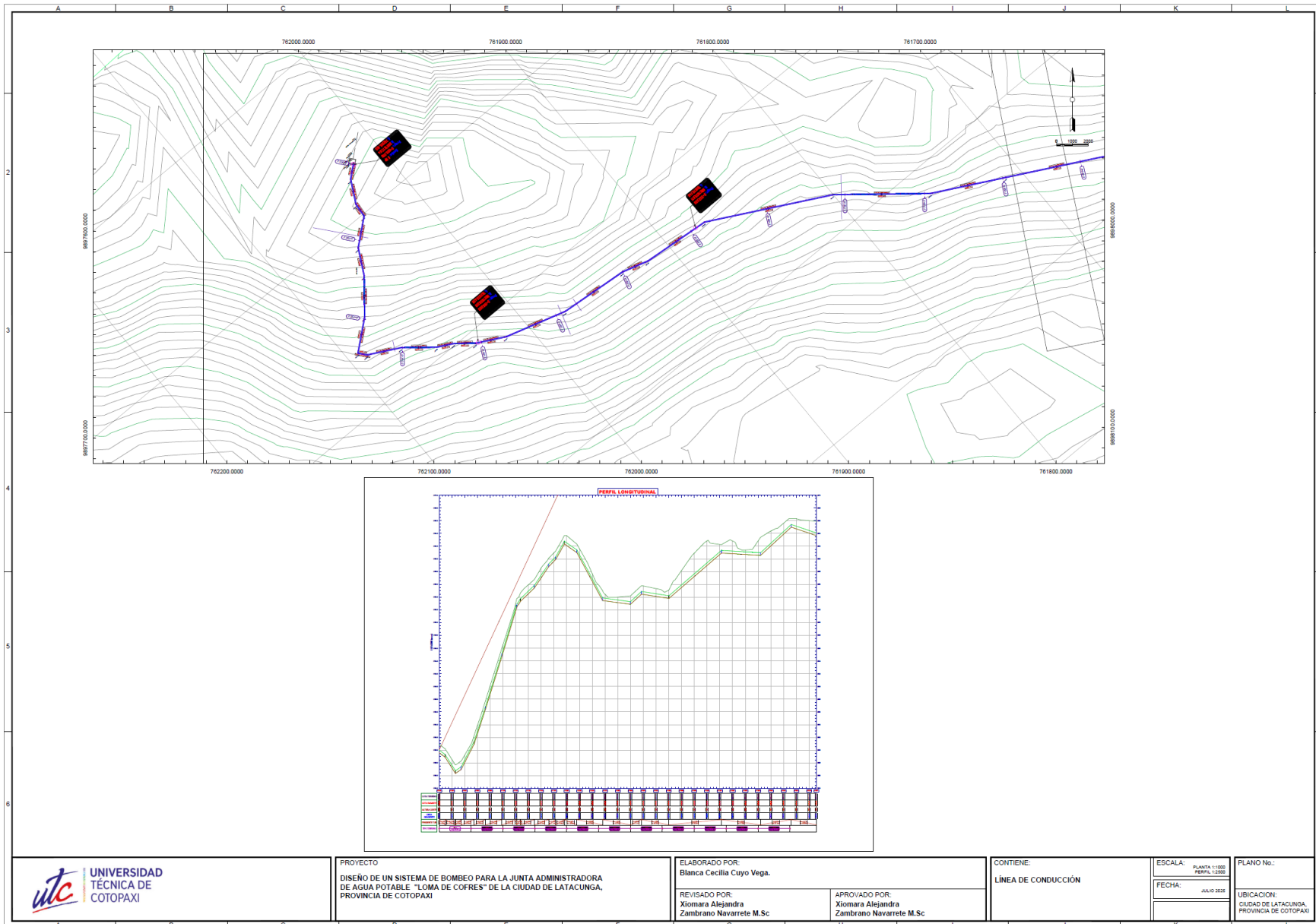


Figura E 1 Perfil general del proyecto



PROYECTO  
 DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE "LOMA DE COFRES" DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI

ELABORADO POR:  
 Blanca Cecilia Cuyo Vega.

REVISADO POR:  
 Xiomara Alejandra Zambrano Navarrete M.Sc

APROBADO POR:  
 Xiomara Alejandra Zambrano Navarrete M.Sc

CONTIENE:  
 LÍNEA DE CONDUCCIÓN

ESCALA: PLANTA 1:1000  
 PERFL 1:2500

FECHA: JULIO 2024

PLANO No.:

UBICACION:  
 CIUDAD DE LATACUNGA,  
 PROVINCIA DE COTOPAXI

Figura E 2. Diseño hidráulico, perfil

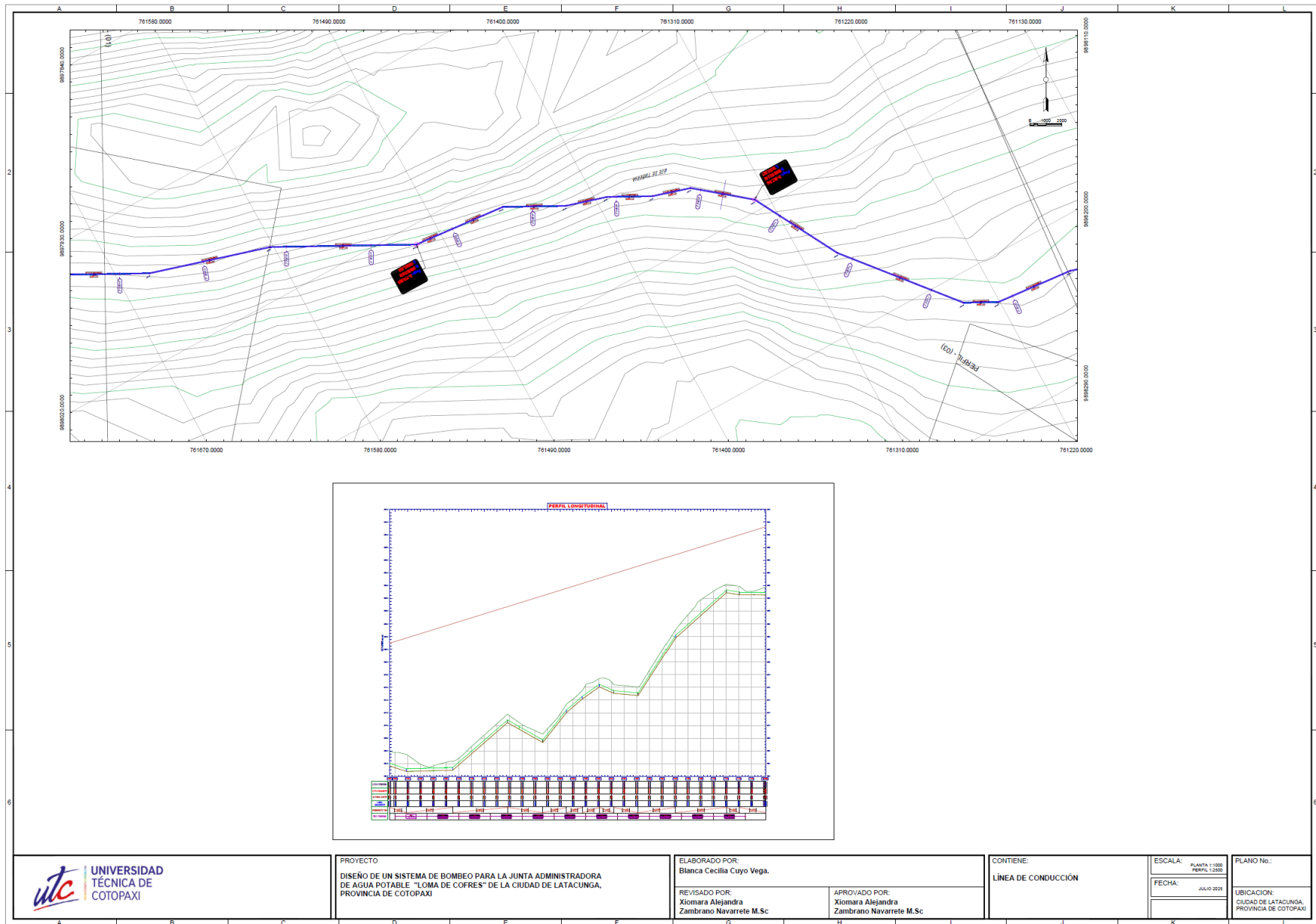


Figura E 3. Diseño hidráulico, perfil

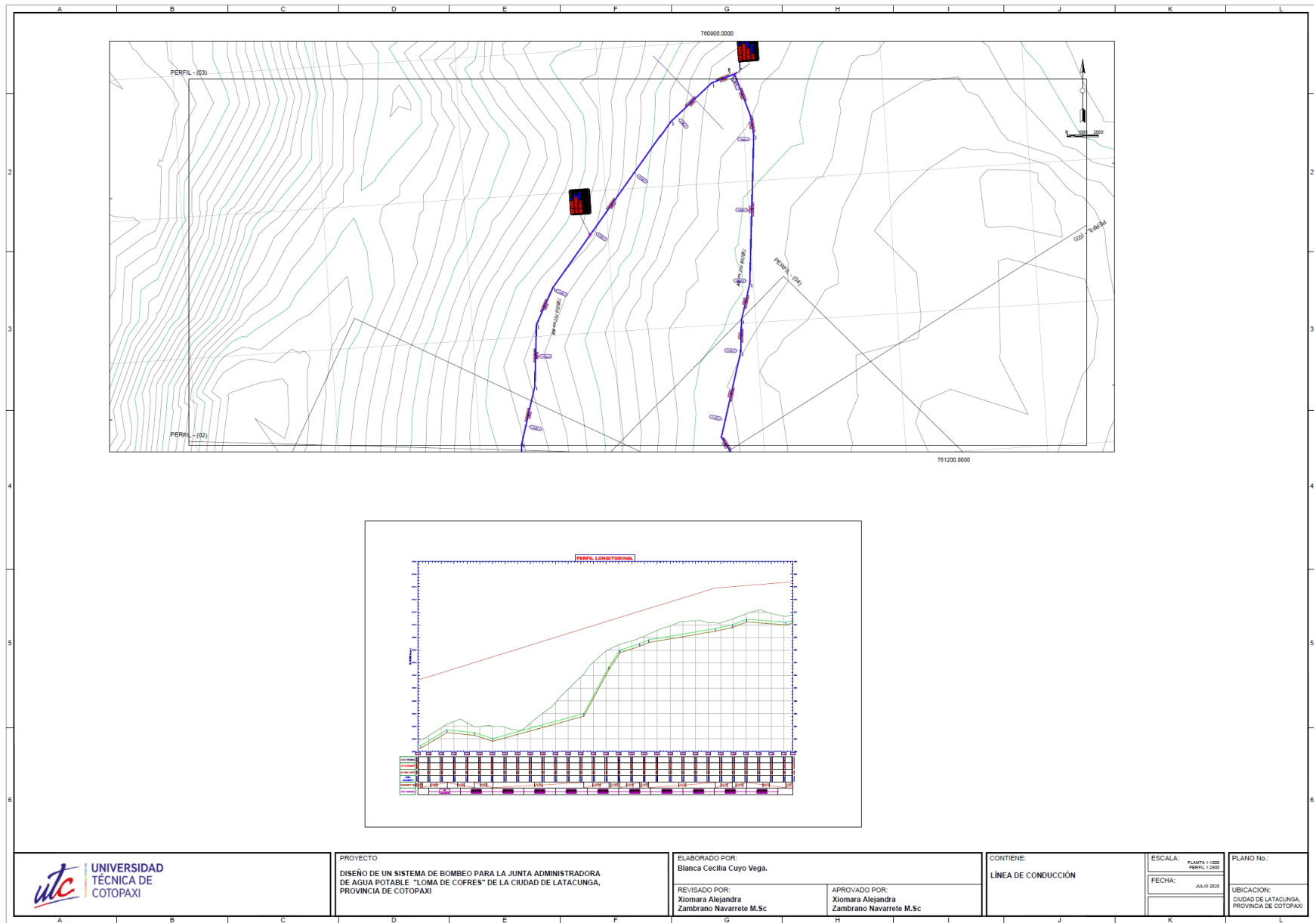


Figura E 4. Diseño hidráulico, perfil

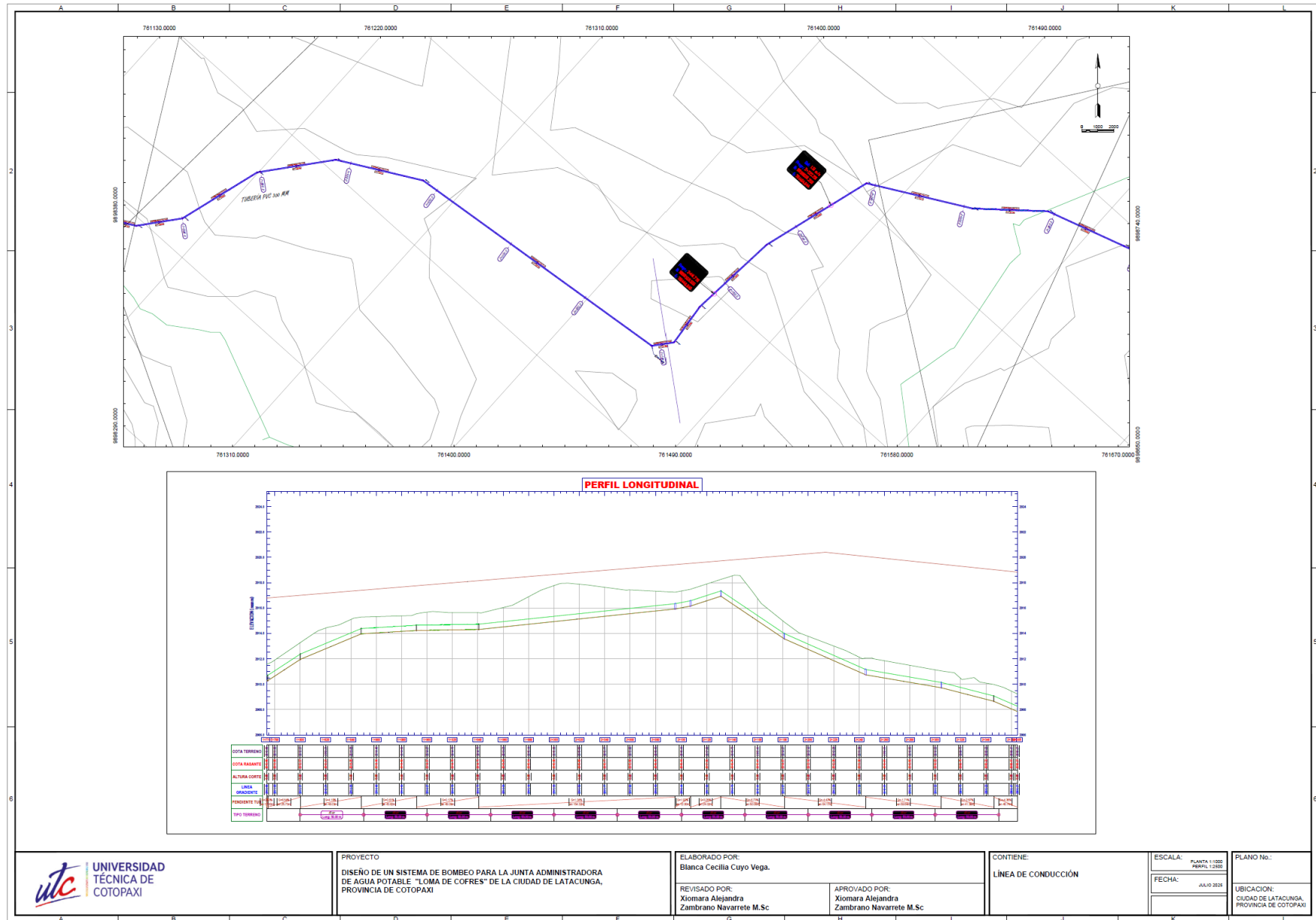


Figura E 5. Diseño hidráulico, perfil



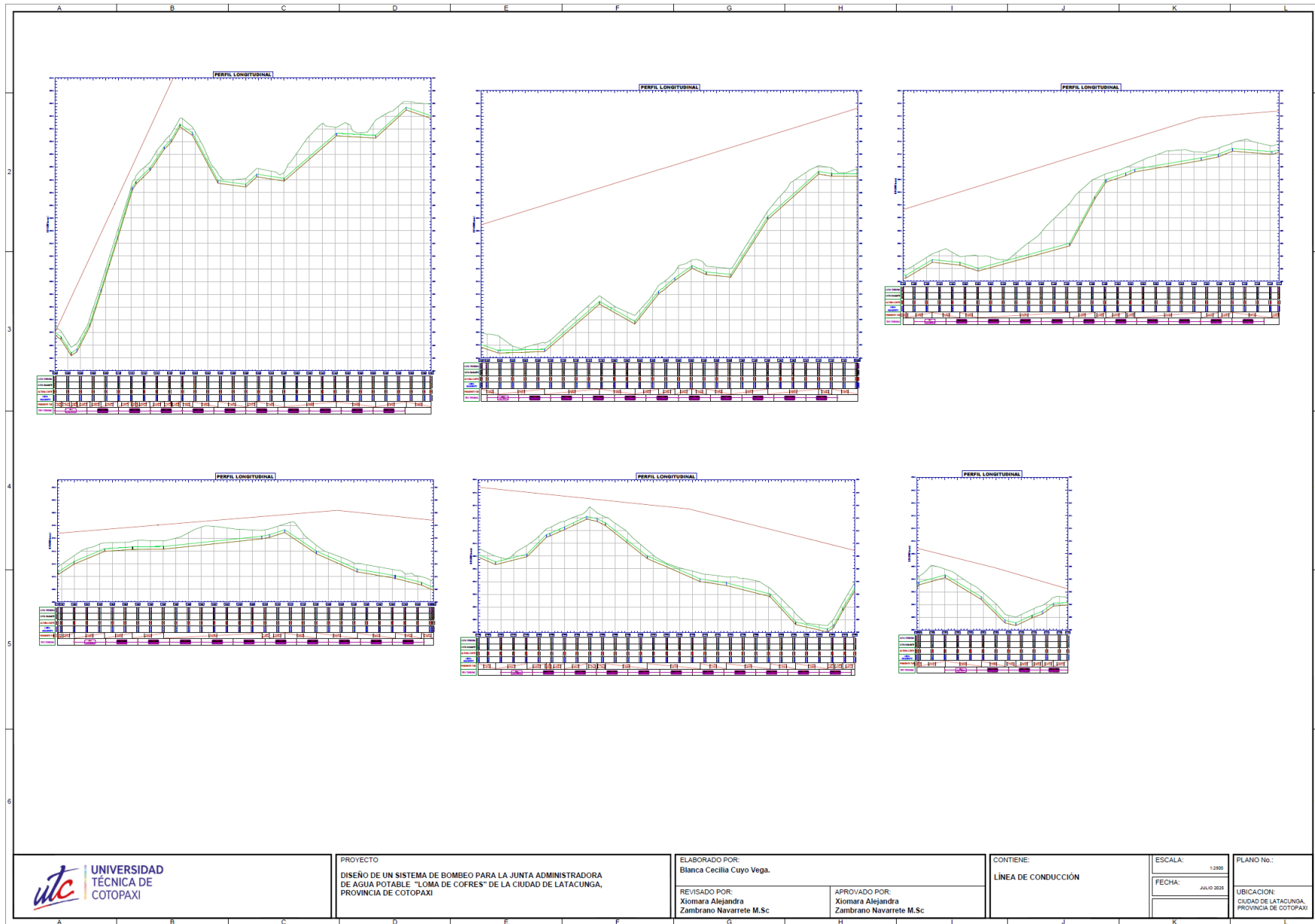


Figura E 7. Diseño hidráulico, perfil

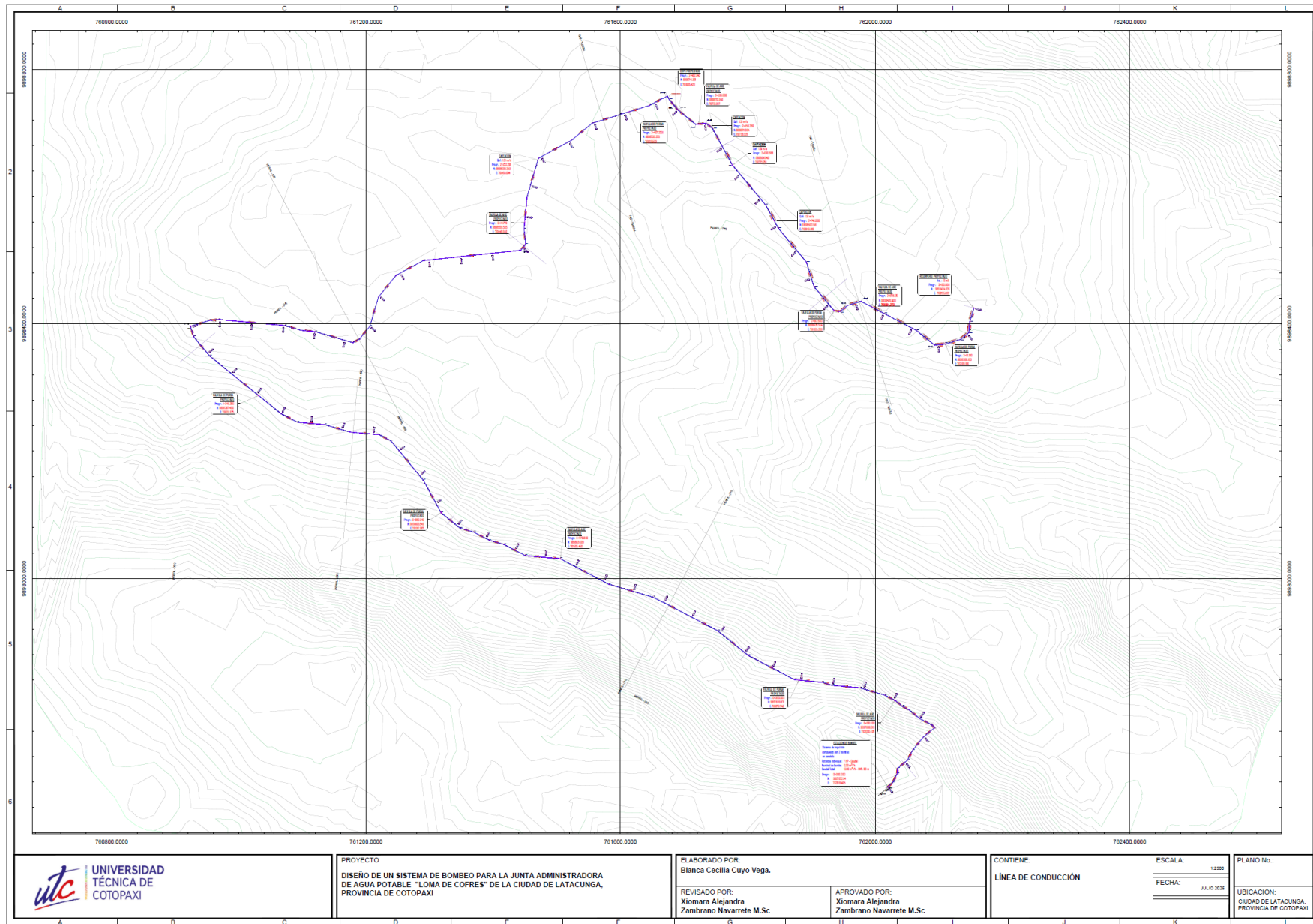


Figura E 8. Línea de conducción

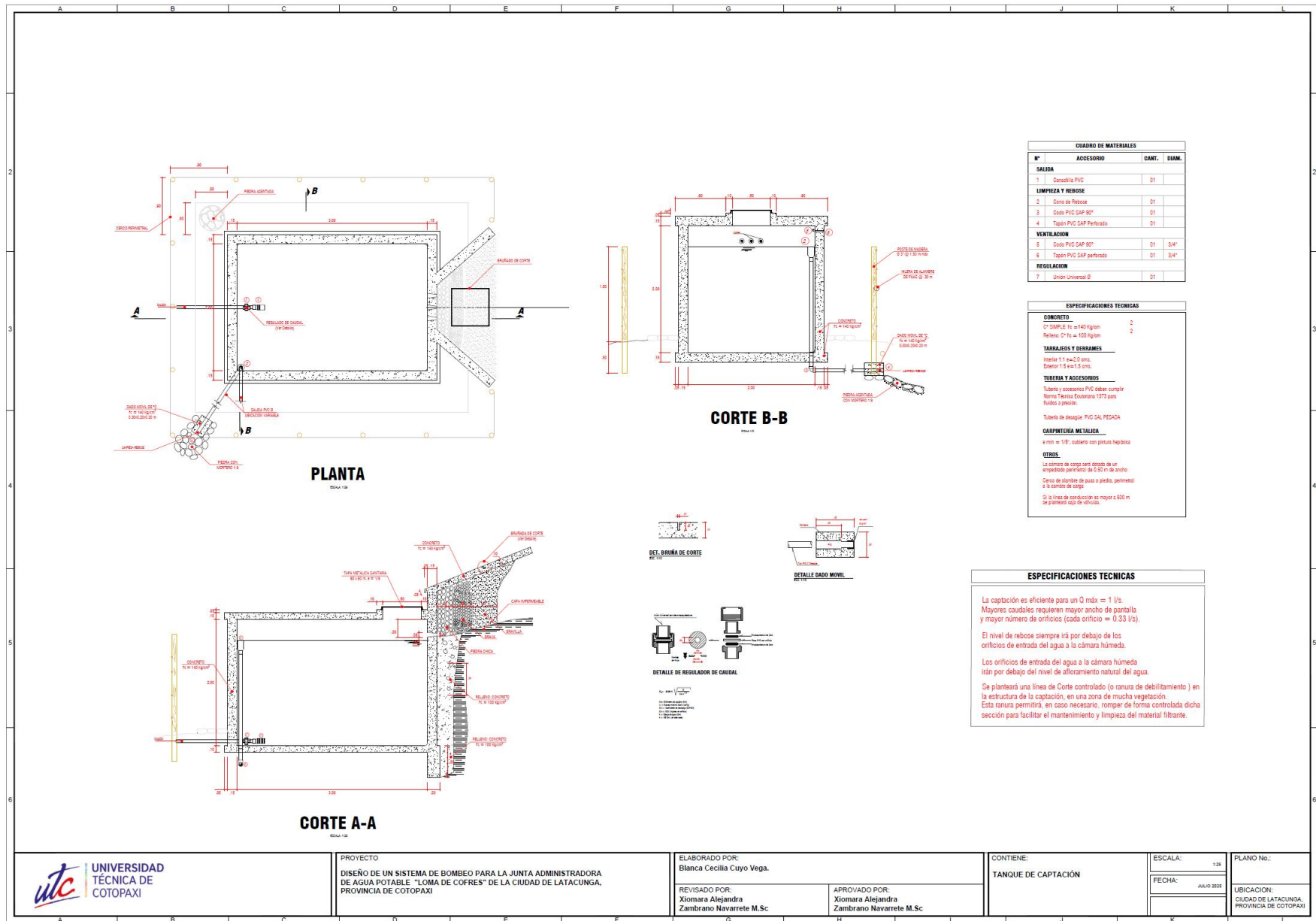


Figura E. 9. Tanque de captación

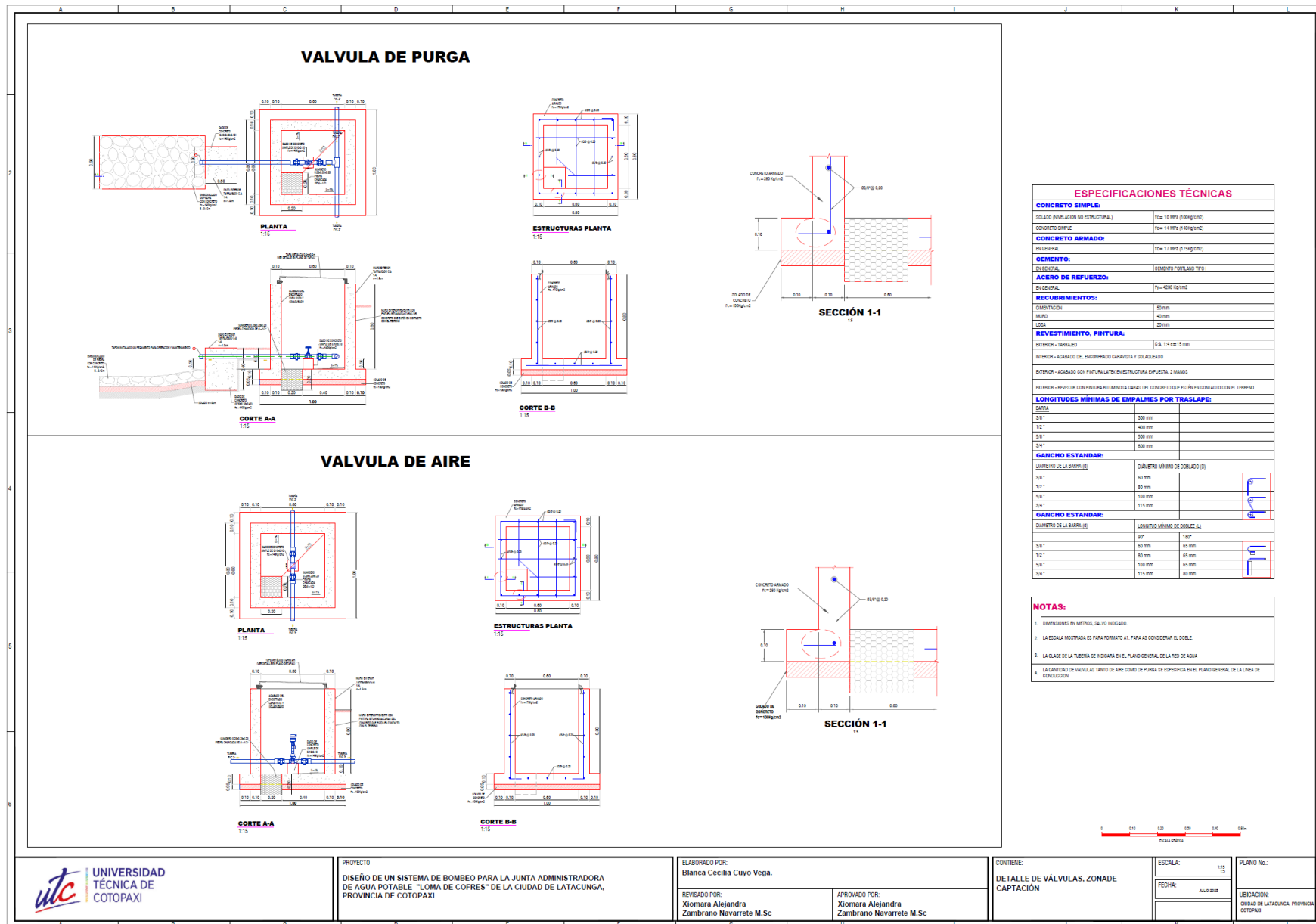


Figura E 10. Detalle de válvula

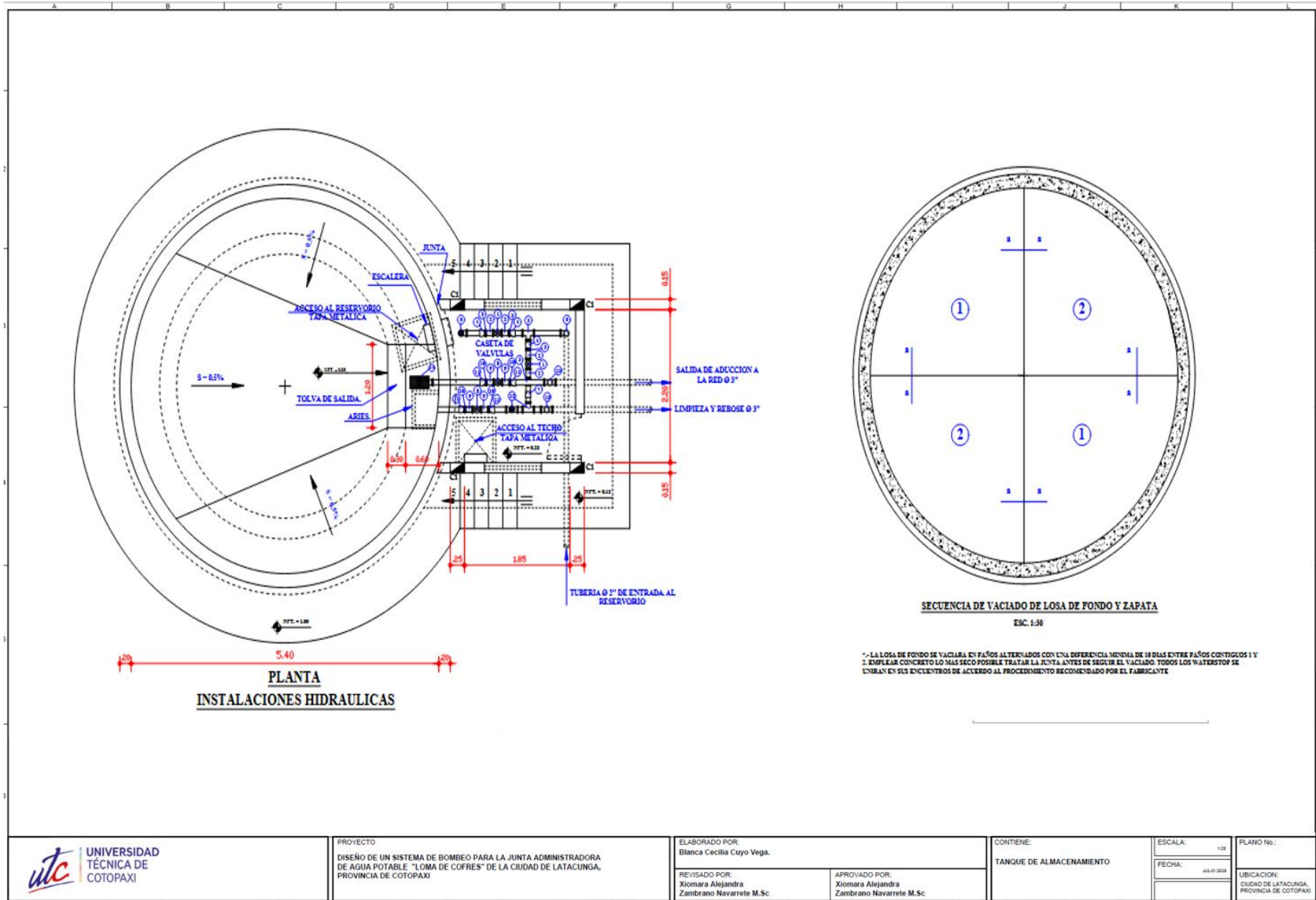


Figura E 11. Tanque de almacenamiento P.



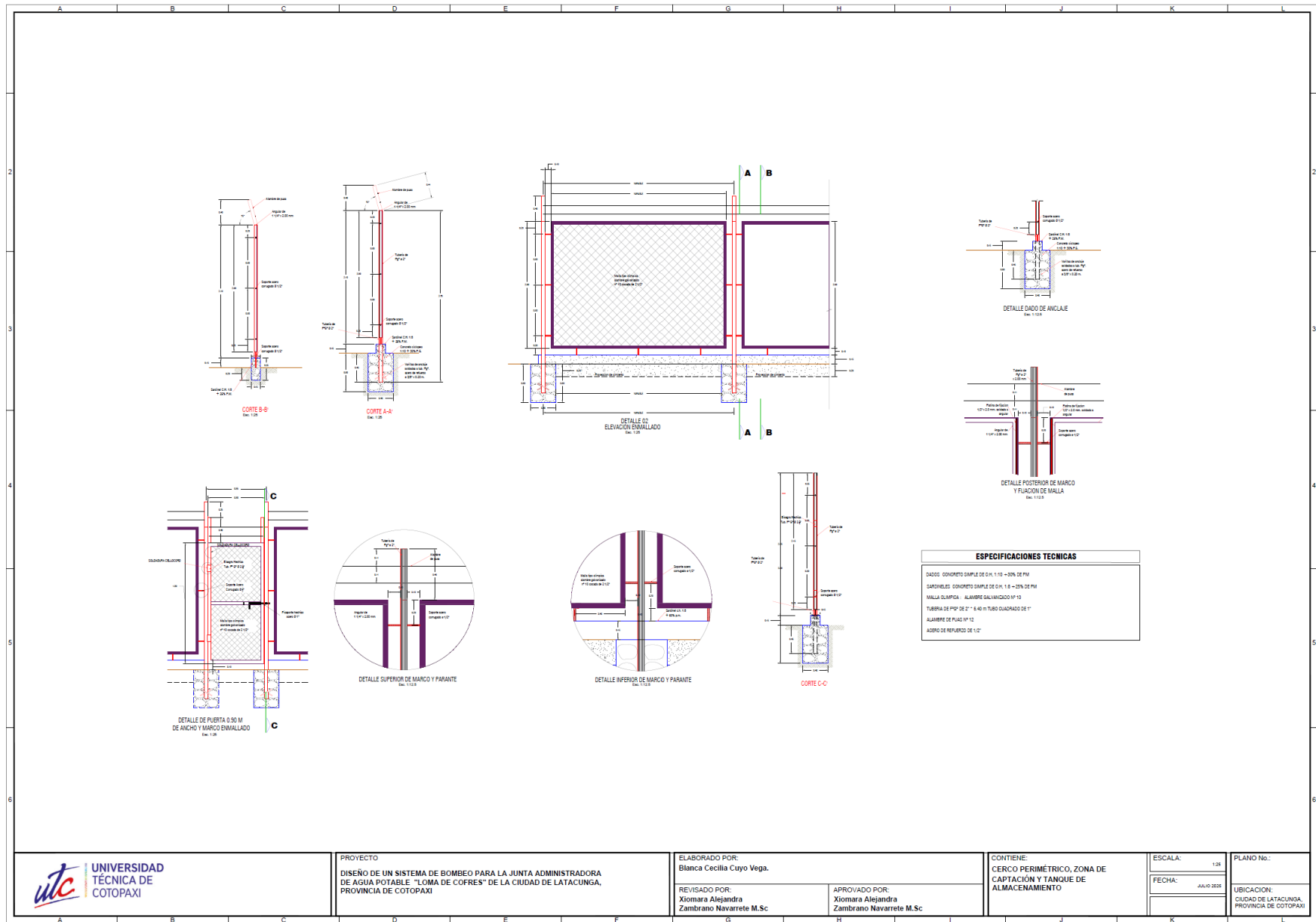
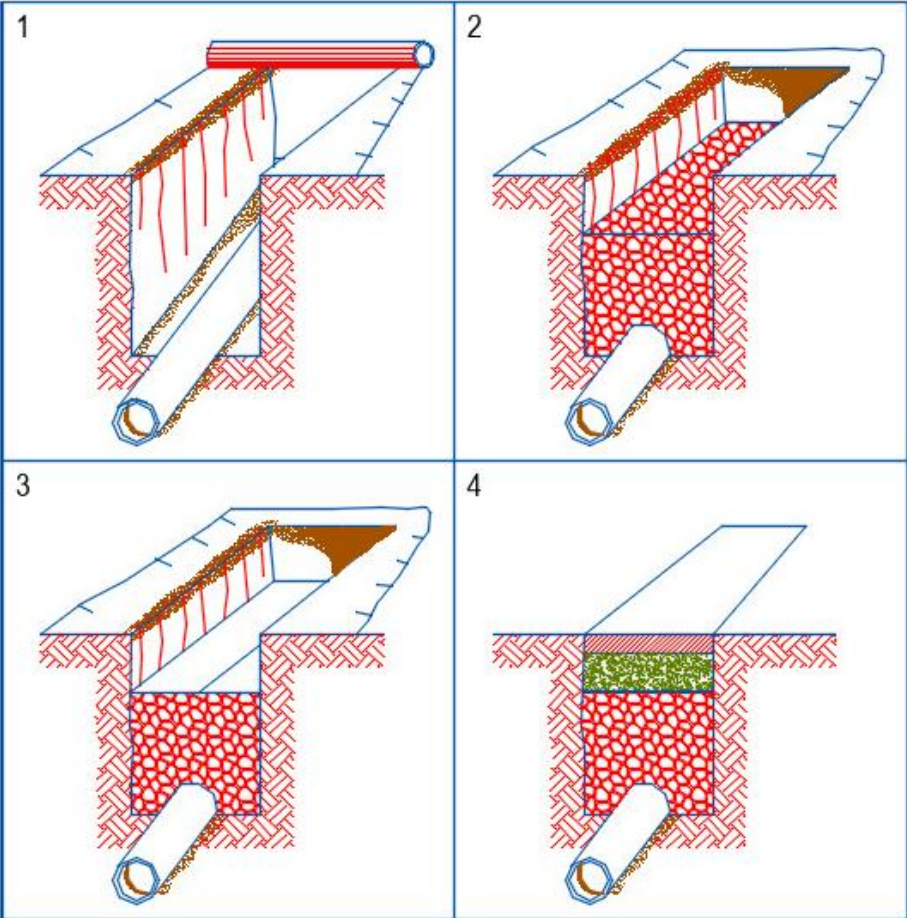
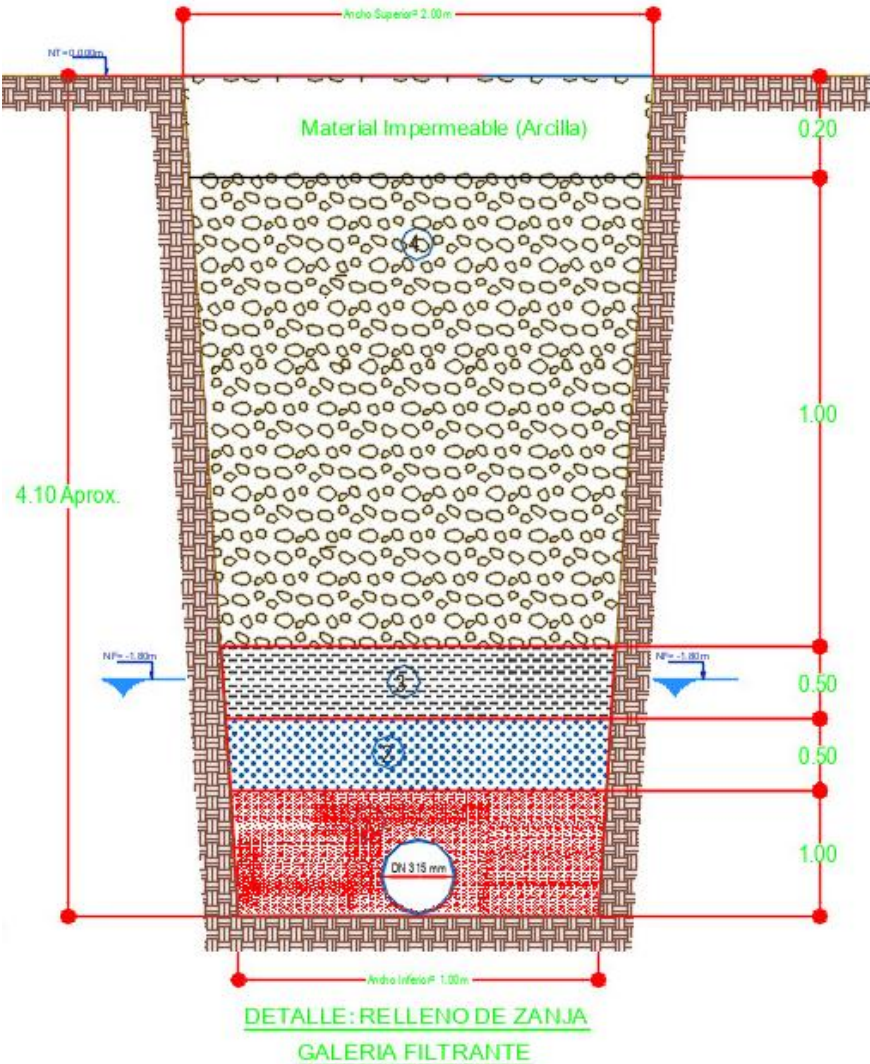


Figura E 13. Mallado o cerco Perimétrico

**ANEXO F. GALERÍA FILTRANTE**



**PROCESO CONSTRUCTIVO DE POZO FILTRANTE**  
ESC. S/E

Figura G 1. Perforación Galería filtrante

## 2CP

### Electrobombas centrífugas con doble rodete

-  Agua limpia
-  Utilizo doméstico
-  Utilizo civil
-  Utilizo industrial



#### CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta **450 l/min** (27 m<sup>3</sup>/h)
- Altura manométrica hasta **112 m**

#### LIMITES DE UTILIZO

- Altura de aspiración manométrica hasta **7 m**
- Temperatura del líquido de **-10 °C** hasta **+90 °C**
- Temperatura ambiente de **-10 °C** hasta **+40 °C**
- Presión máxima en el cuerpo de la bomba **10 bar**
- Funcionamiento continuo **S1**

#### EJECUCION Y NORMAS DE SEGURIDAD

EN 60335-1      EN 60034-1      **CE**  
 IEC 60335-1      IEC 60034-1  
 CEI 61-150      CEI 2-3

#### CERTIFICACIONES

Empresa con sistema de gestión certificado DNV  
 ISO 9001: CALIDAD  
 ISO 14001: AMBIENTE

#### UTILIZOS E INSTALACIONES

Son recomendadas para bombear agua limpia, sin partículas abrasivas y líquidos químicamente no agresivos con los materiales que constituyen la bomba.

Los rendimientos elevados y la adaptabilidad a las más variadas aplicaciones, la convierten en la elección ideal para el sector doméstico, civil e industrial, en particular para la distribución del agua acopladas con tanques de presurización, para el aumento de la presión de la red, para los grupos antiincendio.

La instalación se debe realizar en lugares cerrados o protegidos de la intemperie.

#### EJECUCION BAJO PEDIDO

- Sello mecánico especial
- Otros voltajes
- Protección IP X5 para:
  - 2CP32/200      – 2CP40/180
  - 2CP32/210      – 2CP40/200

#### GARANTIA

2 años según nuestras condiciones generales de venta

Figura G 2. Catálogo de la bomba

**CAMPO DE PRESTACIONES**

**60 Hz n= 3450 rpm HS= 0 m**

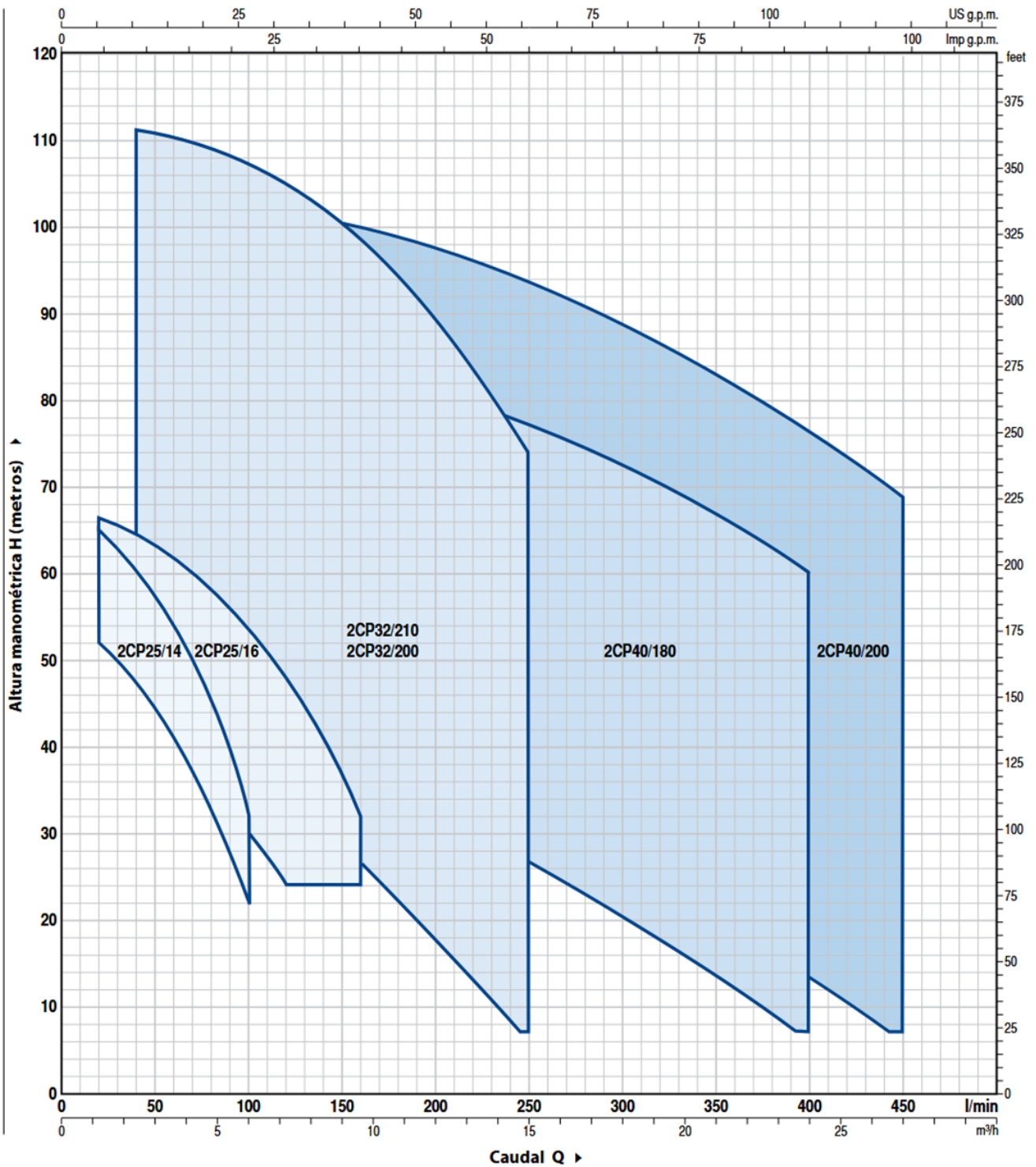
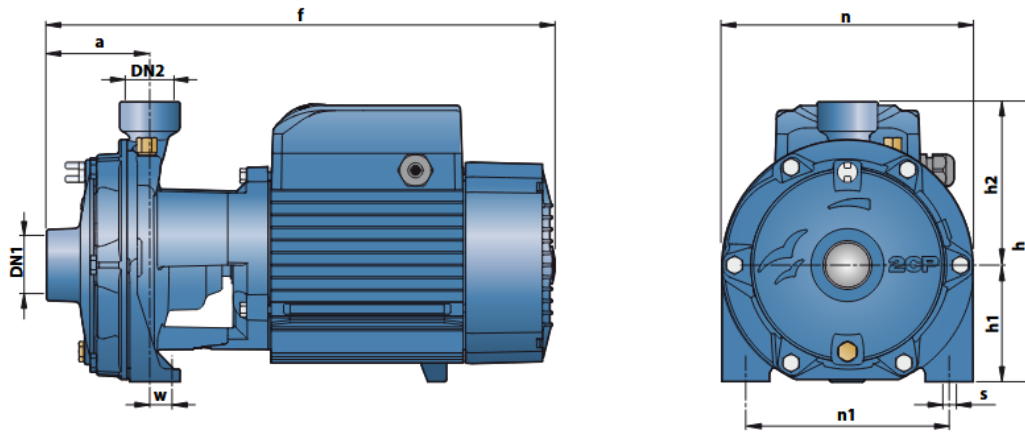


Figura G 3. Curva de la bomba

MODELO	CÓDIGO DE PEDIDO			FASES	POTENCIA		TENSIÓN	CONSUMO		PRESTACIONES		BOCAS	
					HP	▲		Voltaje	Amperios	Hmax Metros	Q.max l/min	S	D
2CP32/200C	1	7	1	3	4	IE3	220/440	14,4/9	70	250	1 1/2"	1 1/4"	
2CP32/200B	1	7	2	3	5,5		220/440	19,9/12,6	85	250	1 1/2"	1 1/4"	
2CP32/210B	1	7	3	3	7,5		220/440	23/13,8	94	250	2"	1 1/4"	
2CP32/210A	1	7	4	3	10		220/440	32/19,5	112	250	2"	1 1/4"	
2CP40/180C	1	7	35	3	5,5		220/440	19/12,9	64	350	2"	1 1/2"	
2CP40/180B	1	7	24	3	7,5		220/440	23/13,8	76	400	2"	1 1/2"	
2CP40/180A	1	7	29	3	10		220/440	31/19	90	400	2"	1 1/2"	
2CP40/200B	1	7	37	3	12,5		220/440	36/20	95	450	2"	1 1/2"	
2CP40/200A	1	7	23	3	15		220/440	40/22	105	450	2"	1 1/2"	

Figura G 4. Datos de prestaciones

## DIMENSIONES Y PESOS



MODELO		BOCAS		DIMENSIONES mm									kg	
Monofásica	Trifásica	DN1	DN2	a	f	h	h1	h2	n	n1	w	s	1~	3~
2CPm 25/14B	2CP 25/14B	1 1/4"	1"	82	404	223	93	130	200	162	17	10	19.3	18.8
2CPm 25/14A	2CP 25/14A					261	110	151	225	185	26	11	24.6	23.5
2CPm 25/16C	2CP 25/16C					223	93	130	200	162	17	10	19.3	18.6
2CPm 25/16B	2CP 25/16B					261	110	151	225	185	26	11	24.4	23.3
2CPm 25/16A	2CP 25/16A			434/404		27.1	24.6							
-	2CP 32/200C	1 1/2"	1 1/4"	95	464	304	132	172	266	206	19	14	-	38.0
-	2CP 32/200B												-	43.0
-	2CP 32/210B												-	54.0
-	2CP 32/210A												-	61.0
-	2CP 40/180C	2"	1 1/2"	108	542	334	139	195	292	232	21	14	-	49.0
-	2CP 40/180B												-	54.0
-	2CP 40/180A												-	60.0
-	2CP 40/200B												-	90.0
-	2CP 40/200A	110	566	355	160	195	298	-	-	-	-	-	91.0	

## CONSUMO EN AMPERIOS

MODELO	TENSION		
	220 V	110 V	127 V
2CPm 25/14B	8.0 A	16.0 A	14.7 A
2CPm 25/14A	11.0 A	22.0 A	20.2 A
2CPm 25/16C	7.7 A	15.4 A	14.1 A
2CPm 25/16B	11.0 A	22.0 A	20.2 A
2CPm 25/16A	14.5 A	-	-

MODELO	TENSION			
	220 V	380 V	220 V	440 V
2CP 25/14B	6.2 A	3.6 A	6.6 A	3.2 A
2CP 25/14A	8.3 A	4.8 A	7.5 A	4.0 A
2CP 25/16C	6.2 A	3.6 A	6.6 A	3.2 A
2CP 25/16B	8.3 A	4.8 A	7.5 A	4.0 A
2CP 25/16A	10.4 A	6.0 A	8.6 A	4.7 A
2CP 32/200C	14.4 A	8.3 A	14.4 A	9.0 A
2CP 32/200B	21.7 A	12.5 A	19.9 A	12.6 A
2CP 32/210B	25.0 A	14.5 A	23.0 A	13.8 A
2CP 32/210A	33.8 A	19.5 A	32.0 A	19.5 A
2CP 40/180C	19.9 A	11.5 A	19.0 A	12.9 A
2CP 40/180B	25.0 A	14.5 A	23.0 A	13.8 A
2CP 40/180A	33.7 A	19.5 A	31.0 A	19.0 A
2CP 40/200B	35.0 A	20.0 A	33.0 A	18.0 A
2CP 40/200A	40.0 A	23.0 A	40.0 A	22.0 A

## PALETIZADO

MODELO		GRUPAJE	CONTAINER
Monofásica	Trifásica	n° bombas	n° bombas
2CPm 25/14B	2CP 25/14B	50	70
2CPm 25/14A	2CP 25/14A	50	70
2CPm 25/16C	2CP 25/16C	50	70
2CPm 25/16B	2CP 25/16B	50	70
2CPm 25/16A	-	35	49
-	2CP 25/16A	50	70
-	2CP 32/200C	18	24
-	2CP 32/200B	18	24
-	2CP 32/210B	12	16
-	2CP 32/210A	12	16
-	2CP 40/180C	12	16
-	2CP 40/180B	12	16
-	2CP 40/180A	12	16
-	2CP 40/200B	6	9
-	2CP 40/200A	6	9

Figura G 5. Modelo de motor

**POS. COMPONENTE**

**CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS**

1	<b>CUERPO DE ASPIRACION</b>	Hierro fundido con boca de aspiración roscada ISO 228/1				
2	<b>CUERPO DE IMPULSION</b>	Hierro fundido con boca de impulsión roscada ISO 228/1				
3	<b>RODETES</b>	Latón				
4	<b>EJE MOTOR</b>	Acero inoxidable EN 10088-3 - 1.4104				
5	<b>SELLO MECANICO</b>	<i>Electrobomba</i>	<i>Sello</i>	<i>Eje</i>	<i>Materiales</i>	
		<i>Modelo</i>	<i>Modelo</i>	<i>Diámetro</i>	<i>Anillo fijo</i>	<i>Anillo móvil</i> <i>Elastómero</i>
		2CP 25/14	FN-18	Ø 18 mm	Grafito	Cerámica    NBR
		2CP 25/16				
		2CP 32/200	FN-20	Ø 20 mm	Grafito	Cerámica    NBR
		2CP 32/210				
		2CP 40/180	FN-24	Ø 24 mm	Grafito	Cerámica    NBR
		2CP 40/200	FN-32 NU	Ø 32 mm	Grafito	Cerámica    NBR
6	<b>RODAMIENTOS</b>	<i>Electrobomba</i>	<i>Modelo</i>			
		2CP 25/14	6204 ZZ - C3 / 6204 ZZ - C3			
		2CP 25/16				
		2CP 32/200	6206 ZZ - C3 / 6206 ZZ - C3			
		2CP 32/210				
		2CP 40/180	6306 ZZ - C3 / 6206 ZZ - C3			
		2CP 40/200	6308 ZZ - C3 / 6308 ZZ - C3			
7	<b>CONDENSADOR</b>	<i>Electrobomba</i>	<i>Capacidad</i>			
		<i>Monofásica</i>	<i>(220 V)</i>	<i>(110 V o 127 V)</i>		
		2CPm 25/14B	25 µF - 450 VL	60 µF - 250 VL		
		2CPm 25/16C				
		2CPm 25/14A	45 µF - 450 VL	80 µF - 250 VL		
		2CPm 25/16B				
		2CPm 25/16A	50 µF - 450 VL	-		
8	<b>MOTOR ELECTRICO</b>	2CPm: monofásica 220 V - 60 Hz con protección térmica incorporada en el bobinado. 2CP: trifásica 220/380 V - 60 Hz o 220/440 V - 60 Hz.				
		<p>→ Las electrobombas trifásicas están equipadas con motores de alto rendimiento en clase IE2 hasta P<sub>2</sub>=1.1 kW y en clase IE3 desde P<sub>2</sub>=1.5 kW (IEC 60034-30)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aislamiento: clase F</li> <li>- Protección: IP X4</li> </ul>				

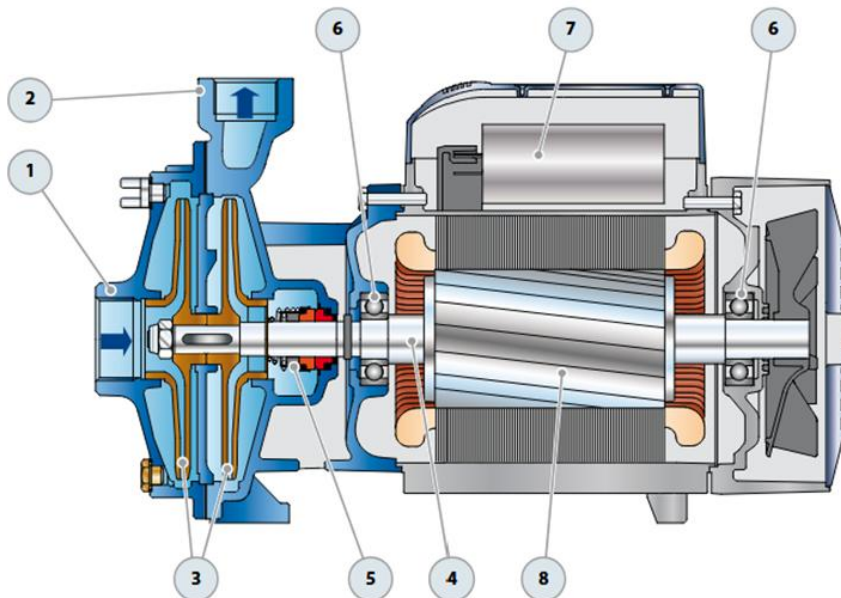


Figura G 6. Especificaciones del motor

# CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 rpm HS= 0 m

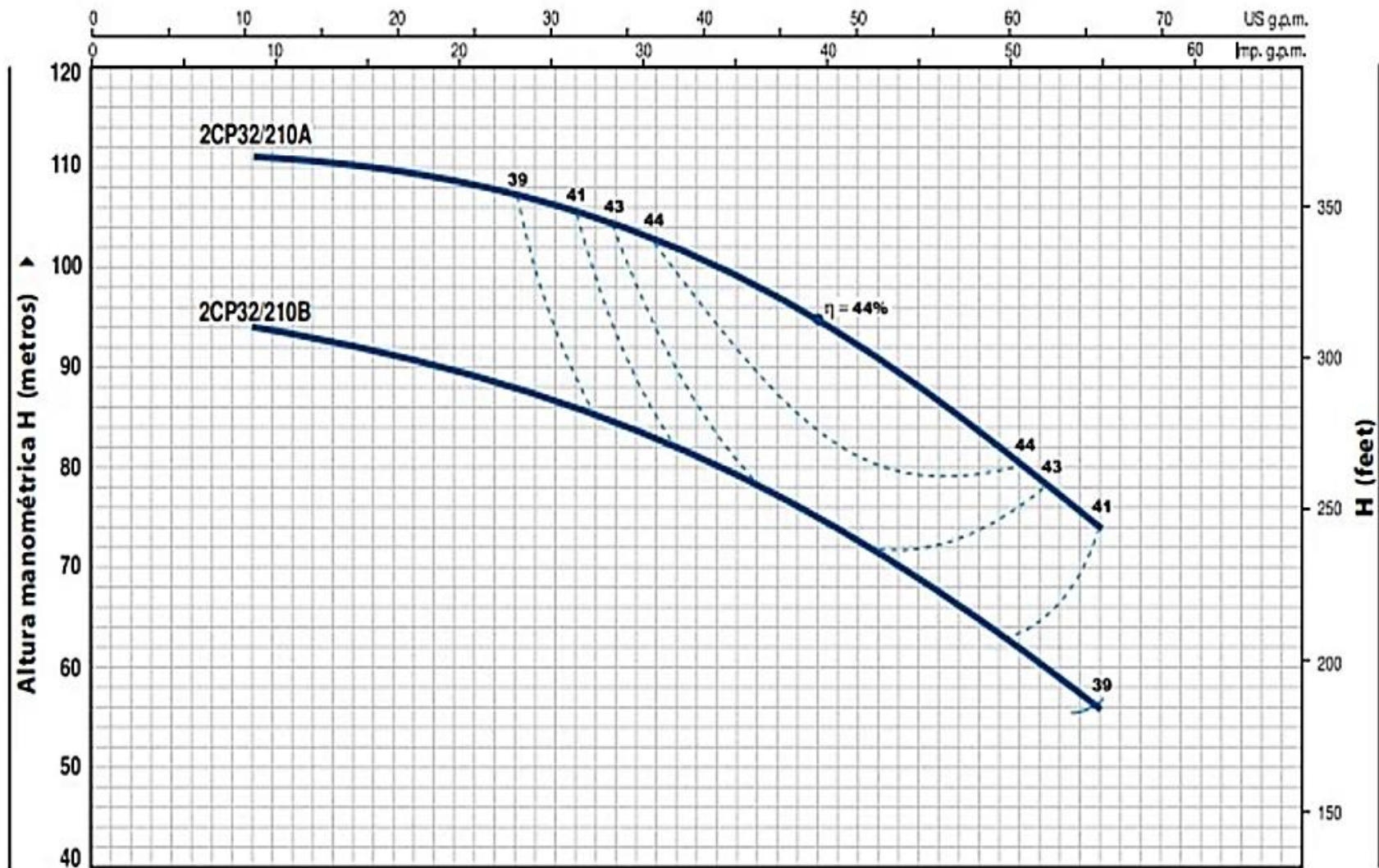


Figura G 7. Curva de la bomba