UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

"Diseño de un sistema de riego tecnificado para la comunidad de Cañaribamba, cantón Santa Isabel, provincia del Azuay"

Proyecto de grado previo a

la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Carlos Joaquín Zamora Vázquez

Tomás Andrés Proaño Fernández

DIRECTOR:

Ing. Carlos Javier Fernández de Córdova Webster

COTUTOR:

Ing. Daniel Orlando Tenelanda Patiño

CUENCA-ECUADOR

2026

Dedicatorias:

Este trabajo de titulación quiero dedicarlo a Dios y a la Virgen Guardiana de la Fe, quienes me han cuidado y guiado desde el primer día en la Universidad.

A mi familia, mi novia y mis amigos, quienes han sido muy importantes en este camino, por su apoyo, comprensión y paciencia en todo momento.

De manera especial, al ingeniero Juan Carlos Malo, quien ha sido una guía dentro de la universidad, pues siempre tuvo las palabras adecuadas para motivarme en cada etapa de la carrera; sin duda alguna, una maravillosa persona.

A mis amigos y compañeros de carrera, con quienes supimos superar cada obstáculo, compartiendo momentos buenos y malos a lo largo de este camino.

Carlos Joaquín Zamora Vázquez.

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por brindarme esta oportunidad y por guiarme siempre para culminar esta etapa tan importante en mi vida.

A mis papás Juan y Lala, a quienes les debo profundamente esta oportunidad. Gracias por su amor incondicional, por cada sacrificio que han realizado y por haberme formado con valores y principios que me han convertido en la persona que soy hoy. Su apoyo, su confianza y su guía han sido fundamentales en cada paso de este camino. Este logro no es solo mío, también es de ustedes.

A mis hermanas Alejandra y Amalia, por su cariño, compañía y apoyo constante a lo largo de este camino. A mis abuelos Gerard, Patricio y Susana, por sus enseñanzas, consejos y valores que han dejado una huella importante en mi vida. De manera muy especial, a mi abuela Lala, quien siempre fue un ejemplo a seguir para mí. Aunque ya no estás físicamente conmigo, tu amor y la perseverancia que me enseñaste para nunca rendirme han sido y serán indispensables para este y cualquier logro futuro en mi vida.

A mi familia, amigos y novia, por su apoyo, comprensión y por acompañarme tanto en los momentos buenos como en los difíciles.

Todos ustedes hicieron esto posible. Con todo mi cariño y gratitud.

Tomás Andrés Proaño Fernández.

Agradecimientos:

Queremos agradecer principalmente a Dios y a la Virgen Guardiana de la Fe, por guiarnos y acompañarnos durante toda nuestra etapa universitaria.

A la Universidad, por brindarnos la oportunidad de formarnos profesionalmente y permitirnos adquirir los conocimientos necesarios a lo largo de la carrera.

A todos nuestros profesores, por compartir sus conocimientos, experiencias y enseñanzas, las cuales fueron fundamentales para nuestra formación académica y personal.

De manera especial, agradecemos al ingeniero Javier Fernández de Córdova, por habernos guiado y acompañado durante el proceso de desarrollo de nuestra tesis, brindándonos su apoyo y conocimientos en cada etapa.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional, paciencia y confianza en cada etapa de este camino.

A nuestros amigos y compañeros, con quienes compartimos momentos de esfuerzo, aprendizaje y crecimiento a lo largo de la universidad, formando amistades y recuerdos que nos llevaremos para toda la vida.

Finalmente, agradecemos a todas las personas que de una u otra forma aportaron y nos acompañaron para hacer posible la culminación de este trabajo de titulación.

INTRODUCCIÓN: 1
PROBLEMÁTICA Y JUSTIFICACIÓN 2
MARCO TEÓRICO 2
OBJETIVO GENERAL 4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS 4
METODOLOGÍA 4
1. CAPÌTULO 1: RECOPILACION DE INFORMACION SOBRE EL PROYECTO 6
1.1. Descripción del área de estudio 6
1.1.1 Ubicación Geográfica 8
1.1.2 Tipo de sistema 9
1.1.3 Uso de suelo 10
1.2 Criterios de calidad del agua 11
1.3 Características Físicas del Suelo 13
1.4 Clima 15
1.5 Topografía 19
2. CAPÍTULO 2: CRITERIOS DE DISEÑO 20
2.1. Diseño Agronómico: 20
2.1.1. Precipitaciones: 21
2.1.2. Evapotranspiración 24
2.1.3 Necesidades netas de riego 31
2.1.4 Parámetros de riego 32
2.1.5 Caudal necesario 36
2.1.6 Riesgo por aspersión 37
2.2 Diseño Hidráulico 43
2.2.1 Definiciones Generales 43
2.2.2 Hidrostática 44
2.2.3 Hidrodinámica 44
2.2.4 Parámetros de línea de conducción 46
2.2.5 Estructuras complementarias 51
2.2.6 Elementos especiales de una instalación 51
3. CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO PRESURIZADO 52
3.1. Diseño Agronómico: 52

3.1.1. Estudios preliminares 52
3.1.2. Características climáticas 54
3.1.3. Evapotranspiración potencial 57
3.1.4 Características del cultivo 57
3.1.5 Evapotranspiración de cultivo 58
3.1.6 Necesidades netas de riego 59
3.1.7 Parámetros de riego 61
3.1.8 Caudal necesario 64
3.2 Diseño Hidráulico 65
3.2.1 Diseño hidráulico de la red de distribución: 65
Conclusiones 76
Recomendaciones 77
4. Anexos 83

Índice de figuras:

Figura 1-1 Ubicación geográfica del cantón Oña y Provincia del Azuay 6
Figura 1-2 Mapa de ubicación de la parroquia Cañaribamba en el Azuay 7
Figura 1-3 Mapa parroquia San Salvador de Cañaribamba 8
Figura 1-4 Unidades Catastrales Cañaribamba 9
Figura 1-5 Cobertura de vegetal Cañaribamba 11
Figura 1-6 Triángulo de texturas del suelo 15
Figura 1-7 Datos históricos de temperatura media anual de la cobertura de la tierra en el centro de San Salvador de Cañaribamba 1981-2024 16
Figura 1-8 Datos históricos de temperaturas medias máximas, medias y mínimas mensuales anuales en el centro de San Salvador de Cañaribamba 1981-2024 16
Figura 1-9 Mapa temperatura de la parroquia Cañaribamba 17
Figura 1-10 Mapa pendientes de la parroquia de Cañaribamba 20
Figura 3-1 Vista del área de estudio 53
Figura 3-2 Mapa geo pedológico suelo Franco Arcilloso presente en la zona 54
Figura 3-3 Datos programa Crowpat 57
Figura 3-4 Balance hídrico sin riego 59
Figura 3-5 Balance hídrico con riego 61
Figura 3-6 Trazado oficial 66
Figura 3-7 Presiones red de distribución sin tanques rompe presiones 71
Figura 3-8 Pérdidas unitarias red de distribución sin tanques rompe presiones. 72
Figura 3-9 Velocidades red de distribución sin tanques rompe presiones 73
Figura 3-10 Presiones red de distribución con tanques rompe presiones. 73

Figura 3-11 Velocidades red de distribución con tanques rompe presiones. 74
Figura 3-12 Pérdidas unitarias red de distribución con tanques rompe presiones. 74
Figura 3-13 Línea piezométrica y perfil del tramo 1 75
Figura 3-14 Línea piezométrica y perfil del tramo 2 76

Índice de tablas:

Tabla 1-1 Criterios de Calidad del agua para uso agrícola en riego 12
Tabla 1-2 Parámetros de los niveles de Calidad del Agua para riego 13
Tabla 1-3 Clasificación de las partículas del suelo 14
Tabla 2-1 Eficiencias de riego estimadas en función del método de riego 35
Tabla 2-2 Factores de reducción por pendiente 36
Tabla 2-3 Coeficientes de rugosidad de la tubería nueva 50
Tabla 3-1 Propiedades hidro físicas de los suelos en función de su textura 53
Tabla 3-2 Precipitación promedio mensual 55
Tabla 3-3 Prefectura del Azuay-dirección de riego 55
Tabla 3-4 Temperatura promedio mensual 56
Tabla 3-5 Cultivos de predominantes Cañaribamba 57
Tabla 3-6 Coeficientes de cultivo 58
Tabla 3-7 Balance hídrico sin riego 59
Tabla 3-8 Balance hídrico con riego 60
Tabla 3-9 Parámetros de riego. 64
Tabla 3-10 Estados de los nudos de la red sin tanque rompe presiones. 67
Tabla 3-11 Estado de los nudos de la red con tanques rompe presiones. 67
Tabla 3-12Estado de las líneas de la red sin tanque rompe presiones 68
Tabla 3-13 Estado de las líneas de la red con tanques rompe presiones 69
Tabla 3-14 Presión antes y después de los tanques rompe presiones 70

Índice de ecuaciones:

Ecuación 1 22
Ecuación 2 22
Ecuación 3 23
Ecuación 4 23
Ecuación 5 23
Ecuación 6 24
Ecuación 7 25
Ecuación 8 25
Ecuación 9 25
Ecuación 10 26
Ecuación 11 26
Ecuación 12 26

Ecuación 13 27
Ecuación 14 27
Ecuación 15 27
Ecuación 16 28
Ecuación 17 28
Ecuación 18 28
Ecuación 19 29
Ecuación 20 30
Ecuación 21 32
Ecuación 22 32
Ecuación 23 33
Ecuación 24 33
Ecuación 25 34
Ecuación 26 34
Ecuación 27 35
Ecuación 28 36
Ecuación 29 37
Ecuación 30 40
Ecuación 31 40
Ecuación 32 41
Ecuación 33 41
Ecuación 34 41
Ecuación 35 42
Ecuación 36 42
Ecuación 37 43
Ecuación 38 43
Ecuación 39 45
Ecuación 40 45
Ecuación 41 45
Ecuación 42 47
Ecuación 43 48
Ecuación 44 48
Ecuación 45 49
Ecuación 46 49
Ecuación 47 50

Índice de anexos

Anexo 1 Resumen configuracion de tramo 1 83
Anexo 2 Resumen configuración tramo 2 88
Anexo 3 Plano Tanque rompe presiones 91

Resumen:

En la presente tesis se realizó el diseño de un sistema de riego tecnificado para la comunidad de Cañaribamba, ubicada en la parroquia San Salvador de Cañaribamba, cantón Santa Isabel, provincia del Azuay, con el propósito de optimizar la distribución y aprovechamiento del recurso hídrico en aproximadamente 32 hectáreas destinadas a actividades agrícolas y ganaderas. A través de un diseño agronómico se determinaron las necesidades hídricas de los cultivos predominantes mediante el análisis de precipitación, evapotranspiración y coeficientes de cultivo. Posteriormente, el diseño hidráulico permitió establecer las características técnicas de la red de distribución, utilizando parámetros de presión, caudal, pérdidas de carga y comportamiento hidráulico del sistema mediante modelación en EPANET. Además, se definieron estructuras complementarias como tanques rompe presión para garantizar la seguridad y funcionamiento adecuado de la conducción. Finalmente, se verificó la viabilidad técnica del sistema, asegurando una distribución eficiente del agua y contribuyendo al desarrollo productivo y sostenible de la comunidad.

Palabras clave:

Riego tecnificado, Diseño agronómico, Diseño hidráulico, Aspersión, Evapotranspiración, EPANET.

Abstract:

In this thesis, the design of a technified irrigation system for the community of Cañaribamba, located in the parish of San Salvador de Cañaribamba, Santa Isabel canton, Azuay province, was carried out with the purpose of optimizing the distribution and use of water resources over approximately 32 hectares dedicated to agricultural and livestock activities. Through an agronomic design, the water requirements of the predominant crops were determined by analyzing precipitation, evapotranspiration, and crop coefficients. Subsequently, the hydraulic design made it possible to establish the technical characteristics of the distribution network, using parameters such as pressure, flow rate, head losses, and the hydraulic behavior of the system through EPANET modeling. In addition, complementary structures such as pressure-break tanks were defined to ensure the safety and proper operation of the pipeline system. Finally, the technical feasibility of the system was verified, ensuring an efficient distribution of water and contributing to the productive and sustainable development of the community.

Key Words:

Technified irrigation, Agronomic design, Hydraulic design, Sprinkler Irrigation, Evapotranspiration, EPANET

"DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO PARA LA COMUNIDAD DE CAÑARIBAMBA, CANTÓN SANTA ISABEL, PROVINCIA DEL AZUAY"

INTRODUCCIÓN:

Hoy en día la producción agrícola en las comunidades rurales del Ecuador se ha visto afectadas por la falta de acceso a agua de riego de manera controlada y eficiente, lo que limita directamente el rendimiento de los cultivos y la sostenibilidad de las actividades agropecuarias. Sabiendo esto, para el agricultor resulta fundamental contar con infraestructura hídrica apropiada que permita regar sus terrenos a un bajo costo y con criterios técnicos que protejan su inversión y productividad, siendo el sistema de riego tecnificado una de las alternativas más viables para lograrlo.

Existen diversos tipos de sistemas de riego, todos orientados hacia la misma finalidad, aunque con distintos niveles de eficiencia dependiendo del tipo de cultivo y de las condiciones que presenta el terreno. Uno de los sistemas más tradicionales es el riego por gravedad o superficial, el cual no requiere tecnificación ni preparación especializada del usuario; sin embargo, es el menos eficiente debido a las pérdidas significativas de agua que se generan tanto en la red de distribución como en las parcelas (Cadena, 2016).

Por otro lado, el sistema de riego por aspersión representa una de las alternativas más óptimas, dado que emplea tuberías que conducen el agua a presión, aprovechando los desniveles topográficos del terreno para accionar elementos de riego como aspersores, garantizando una distribución uniforme y controlada del recurso hídrico en función de las necesidades de los cultivos (García Arpi y Samaniego Delgado, 2020).

Con respecto a la comunidad para la que se diseña el sistema de riego, la parroquia San Salvador de Cañaribamba se caracteriza por un relieve predominantemente montañoso, con marcadas variaciones en las altitudes, presencia de laderas y valles estrechos propios de la región andina, y pendientes medias a fuertes que condicionan tanto la dinámica hidrológica como el uso del suelo. Estas características topográficas, combinadas con una precipitación media anual de 470 mm concentrada principalmente entre enero y mayo, generan períodos de déficit hídrico significativos durante el resto del año, haciendo que sea indispensable la implementación de un sistema de riego tecnificado que garantice el suministro continuo de agua a los cultivos (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Salvador de Cañaribamba, 2023).

En este sentido, o en virtud de lo mencionado, el presente trabajo de titulación tiene como objetivo diseñar un sistema de riego tecnificado para la comunidad de Cañaribamba, ubicada en el cantón Santa Isabel, provincia del Azuay. De esta manera, se busca garantizar una distribución eficiente y controlada del recurso hídrico, contribuyendo al desarrollo agrícola y ganadero de la zona, y mejorando directamente la calidad de vida de sus habitantes.

PROBLEMÁTICA Y JUSTIFICACIÓN

Las comunidades rurales del Ecuador han dependido históricamente del acceso al agua como un recurso fundamental para su desarrollo. Este elemento constituye la base para las actividades productivas que sostienen la economía local, como la agricultura y la ganadería. En este contexto, la comunidad de Cañaribamba enfrenta actualmente limitaciones en el acceso a agua de riego, lo que restringe su capacidad de producir de manera eficiente y sostenible. La ausencia de infraestructura hídrica eficiente no solo compromete el rendimiento de los cultivos y la crianza de animales, sino que también limita el bienestar social y económico de la población, generando una necesidad urgente de tecnificar la zona.

La problemática central que aborda este trabajo de titulación se enfoca en el diseño de un sistema de riego eficiente, que integre de manera coherente el análisis de materiales, la infraestructura requerida y los costos pertinentes. El reto consiste en garantizar que la propuesta sea técnicamente viable, socialmente pertinente y ambientalmente responsable, asegurando así que el sistema cumpla con los criterios de funcionalidad y sostenibilidad.

El desarrollo de un sistema de riego tecnificado en esta comunidad constituye una alternativa estratégica para responder a la problemática. Desde una perspectiva social, la implementación de esta obra permitirá ampliar y diversificar la producción agrícola y ganadera, y mejorar directamente la calidad de vida de los habitantes.

MARCO TEÓRICO

El diseño hidráulico de un sistema de riego constituye el eje fundamental para garantizar una conducción eficiente y segura del agua destinada a la producción agrícola. Su objetivo principal es

transportar el caudal requerido desde la captación hasta las áreas de riego, minimizando pérdidas por fricción, filtraciones o desbordamientos, y manteniendo las condiciones de presión y velocidad dentro de parámetros analizados. En el contexto de Cañaribamba, la propuesta de un sistema de riego se sustenta en principios de la hidráulica, hidrología aplicada y normativas ecuatorianas para obras de conducción de agua.

Los sistemas de riego por gravedad, utilizados normalmente en el país, aprovechan la energía potencial del agua para su desplazamiento sin necesidad de bombeo. Su operación se basa en las leyes de la hidrostática y la hidrodinámica, que relacionan el caudal, la pendiente y la rugosidad del canal. El análisis hidráulico se apoya en fórmulas como Manning para calcular el caudal y la velocidad, considerando factores como el radio hidráulico, el coeficiente de rugosidad y la pendiente longitudinal. La ecuación de Manning permite dimensionar la sección de la conducción para que transporte el caudal de diseño.

Por otra parte, los sistemas de riego a presión son aquellos que usan energía hidráulica o mecánica para impulsar el agua a través de la red de tuberías, permitiendo su distribución uniforme en el área de cultivo. Este tipo de sistema, que incluye modalidades como el riego por aspersión y el riego por goteo, ofrece un mayor control sobre la cantidad y frecuencia del agua aplicada, reduciendo pérdidas por infiltración y evaporación. Además, su implementación favorece la eficiencia en el uso del recurso hídrico y mejora el rendimiento de los cultivos, siendo una alternativa sostenible frente a los sistemas comunes por gravedad.

El trazo de la conducción principal y distribuciones del sistema es otro elemento crítico. Se selecciona una ruta que utilice la topografía natural, minimizando movimientos de tierra y evitando puntos de inestabilidad. La pendiente debe ser suficiente para mantener el flujo, pero sin exceder los límites que provocan erosión. En caso de pendientes fuertes, se incorporan estructuras disipadoras de energía, como caídas, rompe -presiones o escalones, que permiten reducir la velocidad.

En conclusión, el marco teórico para el sistema de riego en Cañaribamba contiene los fundamentos de hidrología, hidráulica y normativa ambiental, sustentado en experiencias técnicas comprobadas en la provincia del Azuay. Esta base científica y práctica respalda la propuesta de un sistema que asegure un transporte confiable del caudal, minimice pérdidas y contribuya al desarrollo agrícola sostenible de la comunidad.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de riego tecnificado para la comunidad de Cañaribamba ubicada en el cantón Santa Isabel, provincia del Azuay.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Recopilar información necesaria para el diseño.

Obtener las necesidades hídricas de los cultivos a través de un diseño agronómico.

Realizar el diseño hidráulico del sistema de riego tecnificado.

METODOLOGÍA

La presente investigación es de tipo aplicado, ya que busca desarrollar un diseño técnico de un sistema de riego en la comunidad de Cañaribamba, cantón Santa Isabel, provincia del Azuay. Se utilizó un enfoque descriptivo y cuantitativo, orientado a estudiar las condiciones del terreno, el caudal disponible y la viabilidad técnica del proyecto. El trabajo siguió una secuencia lógica que empezó con la recopilación y análisis de información topográfica e hidrológica obtenida del catastro del lugar y de los recorridos de campo en la ruta prevista del canal.

Para la recolección y procesamiento de datos se aplicaron técnicas de medición directa y análisis digital. El software QGIS se usó para representar el área de influencia y definir el trazado del canal. La aplicación SW Maps servió para georreferenciar puntos de interés durante los recorridos de campo. Además, se empleó Excel para organizar y procesar los datos. De manera complementaria, se utilizó Epanet y software de dimensionamiento de canales para simular el comportamiento del flujo y verificar la eficiencia del sistema propuesto.

El estudio agronómico permite determinar con precisión las necesidades hídricas de los cultivos y optimizar el aprovechamiento del recurso agua. Este análisis comprende la evaluación de las condiciones climáticas, las características del suelo, la topografía y el tipo de cultivos predominantes en la zona. Mediante la recopilación de datos de precipitación, temperatura, humedad relativa y radiación solar, se calcula la evapotranspiración potencial y, posteriormente, la evapotranspiración del cultivo, lo que permite establecer las necesidades de riego. De esta manera,

se garantiza que el sistema propuesto suministre el caudal adecuado en función del ciclo vegetativo y la demanda real de los cultivos, favoreciendo a una gestión eficiente y sostenible del agua, así como al incremento de la productividad agrícola local.

Finalmente, se realizó el diseño hidráulico del sistema, para determinar las dimensiones adecuadas según el caudal, la pendiente y las condiciones del terreno. Se diseñaron obras menores, garantizando un desempeño eficiente y cumpliendo las normas técnicas actuales. Con esto se obtuvo una propuesta técnica sustentada, segura y funcional para la conducción del agua hacia la comunidad.

1. CAPÌTULO 1: RECOPILACION DE INFORMACION SOBRE EL PROYECTO

1.1. Descripción del área de estudio

El proyecto de sistema de riego tecnificado está ubicado en el sector de Cañaribamba, situado en la parroquia de San Salvador de Cañaribamba que pertenece al cantón Santa Isabel, al sur oeste de la provincia del Azuay. En la siguiente figura se muestra la ubicación del cantón Santa Isabel dentro de la provincia del Azuay.

Figura 1-1 *Ubicación geográfica del cantón Oña y Provincia del Azuay*

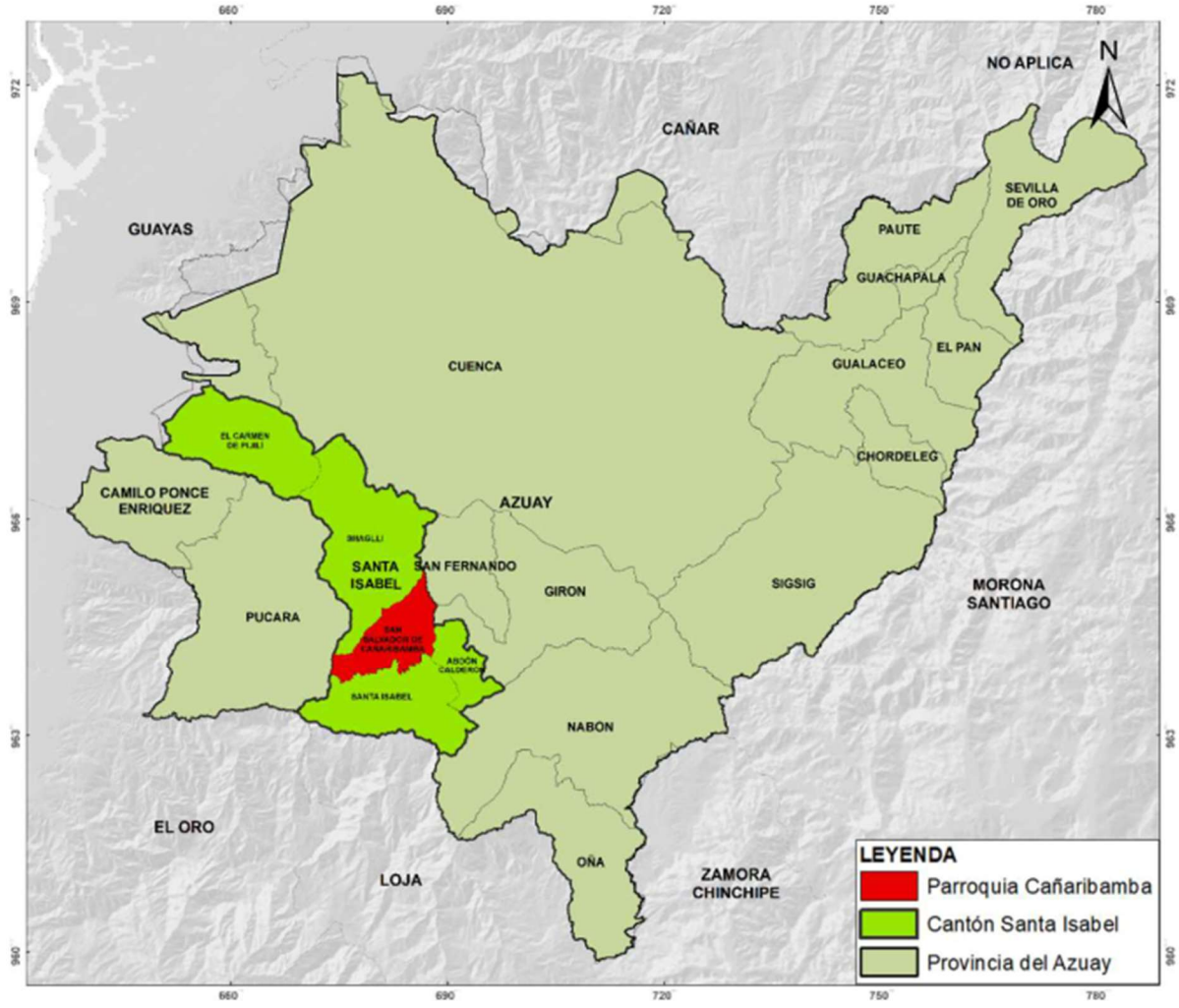


Nota: Tomado de *PROVINCIA DEL AZUAY,* por CONALI, 2019, en Atlas Cantonal de Santa Isabel (p. 10), Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador – IERSE, Universidad del Azuay, 2023

Según el *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Santa Isabel 2020–2030*, el rol productivo predominante del cantón es el agrícola, actividad que se desarrolla principalmente en las parroquias Santa Isabel, Cañaribamba y El Carmen de Pijilí; seguido de la actividad ganadera, localizada principalmente en las parroquias Cañaribamba, Shaglli y El Carmen de Pijilí. Esta distribución evidencia que la agricultura y la ganadería constituyen las actividades productivas

principales del cantón (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Salvador de Cañaribamba [GAD Cañaribamba], 2023). En este contexto, la predominancia de dichas actividades hace necesario el análisis de un sistema de riego adecuado que contribuya a la sostenibilidad de la producción agropecuaria.

Figura 1-2 *Mapa de ubicación de la parroquia Cañaribamba en el Azuay*



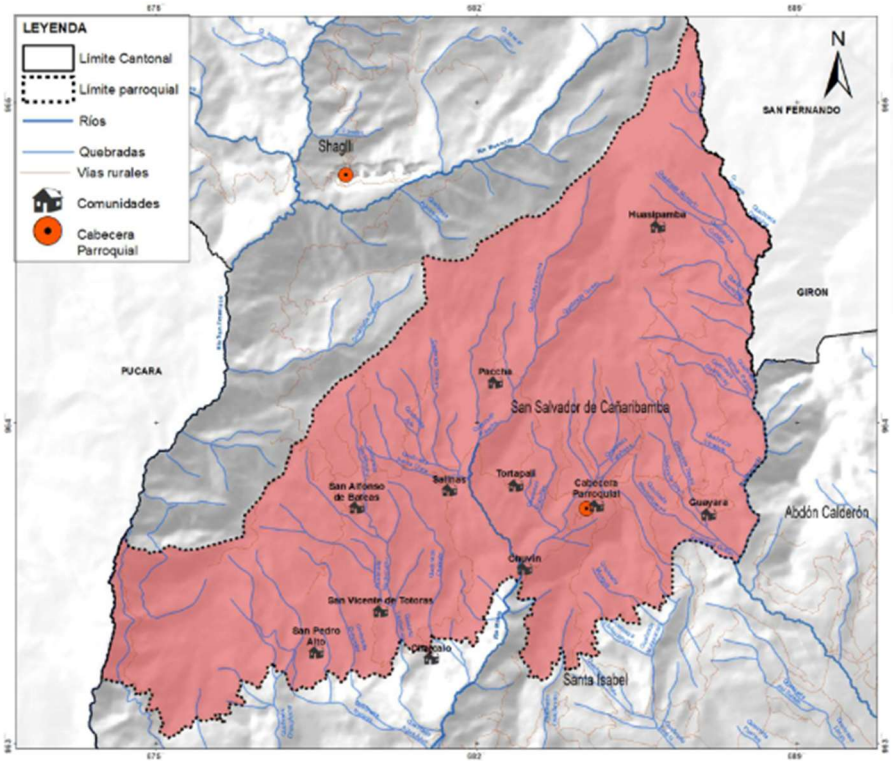
Nota: Tomado de *Mapa de ubicación de la parroquia Cañaribamba en el Azuay,* por CONALI, 2020, en Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de San Salvador de Cañaribamba 2023-2027 (p. 43), Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Salvador de Cañaribamba, 2023.

En la Figura 1.2 se presenta la ubicación geográfica del cantón Santa Isabel y de la parroquia San Salvador de Cañaribamba. El cantón Santa Isabel limita al norte con el cantón Cuenca y la provincia del Guayas; al oeste con los cantones Camilo Ponce Enríquez y Pucará; al sur con el cantón Nabón y la provincia de Loja; y al este con los cantones San Fernando y Girón. Por su parte, la parroquia

Cañaribamba limita al norte con la parroquia Shaglli, al sur con la parroquia Santa Isabel y la parroquia Abdón Calderón.

Adicionalmente, la Figura 1.3 muestra el mapa político de la parroquia San Salvador de Cañaribamba, donde se identifican sus límites, los principales cauces de agua, la red vial y las comunidades que conforman el territorio parroquial.

Figura 1-3 *Mapa parroquia San Salvador de Cañaribamba*



Nota: Tomado de *Mapa de división política de la parroquia Cañaribamba,* CONALI, 2020, en Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de San Salvador de Cañaribamba 2023-2027 (p. 43), Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Salvador de Cañaribamba, 2023.

En la Figura 1.4 se identifican los predios correspondientes al proyecto. Considerando únicamente estos predios como beneficiarios, el área de influencia analizada es de aproximadamente 32 hectáreas.

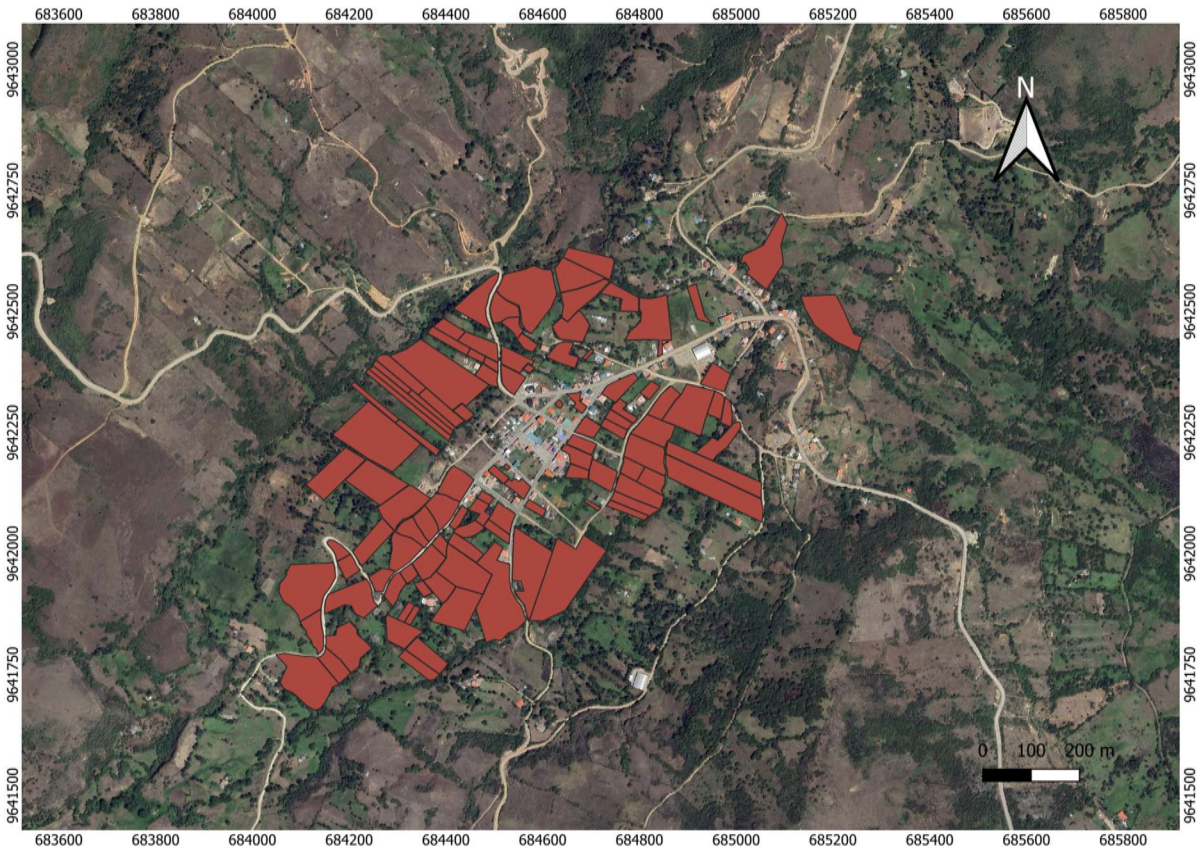
1.1.1 Ubicación Geográfica

Cañaribamba es un sector perteneciente a la parroquia San Salvador de Cañaribamba, ubicada en el cantón Santa Isabel, provincia del Azuay. La localización del sector se define mediante

coordenadas UTM en el sistema de referencia WGS 84, Zona 17 Sur, con coordenadas 684 605,00 m E y 9 642 241,00 m N.

En la Figura 1.4 se presenta la delimitación del área de riego, la cual se encuentra subdividida en catastros.

Figura 1-4 Unidades Catastrales Cañaribamba



Nota: Elaboración propia (2026).

1.1.2 Tipo de sistema

El sistema de riego propuesto para la comunidad de Cañaribamba corresponde a un sistema de riego tecnificado**,** cuyo objetivo es garantizar una distribución eficiente y controlada del recurso hídrico en las áreas agrícolas de la comunidad. Este tipo de sistema permite maximizar el uso del agua mediante la regulación de caudales y presiones, reduciendo pérdidas por infiltración,

evaporación o fugas, y asegurando que el suministro llegue de manera adecuada a cada sector de cultivo.

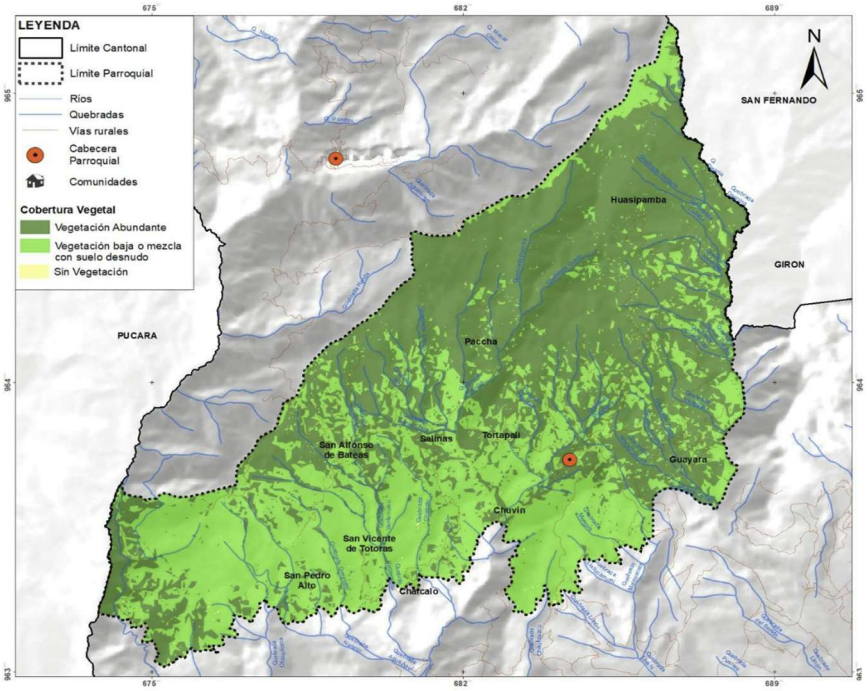
El diseño contempla una conducción cerrada mediante tuberías, lo que contribuye a reducir desperdicios y a mantener condiciones hidráulicas apropiadas a lo largo del trayecto. Dependiendo de la topografía y las necesidades de los cultivos, el sistema puede operar por gravedad o mediante presurización, incorporando accesorios y elementos como válvulas, uniones, hidrantes y posibles puntos de control. Esta modalidad tecnificada mejora significativamente la eficiencia en comparación con los sistemas tradicionales abiertos, y se ajusta a las características productivas de Cañaribamba, donde se cultivan especies que requieren una aplicación precisa del riego.

1.1.3 Uso de suelo

Según con la información recopilada para el cantón Santa Isabel y la zona que comprende la comunidad de Cañaribamba, el territorio presenta una combinación diversa de coberturas y formas de uso del suelo. Entre las principales se identifican áreas agrícolas de ciclo corto y permanente, pastizales destinados a la ganadería, zonas de vegetación arbustiva, remanentes de bosque natural, así como sectores con presencia de cuerpos de agua y superficies intervenidas por la actividad humana. La actividad agrícola constituye una parte importante del territorio, en función de la producción del cantón y su importancia dentro de la cuenca del río Jubones.

En cuanto al uso del agua dentro del sistema de riego proyectado para la comunidad, este se orienta principalmente al abastecimiento de pastizales para el ganado, así como al riego de cultivos de ciclo corto y frutales, los cuales son fundamentales para el sostenimiento de la economía local.

Figura 1-5 *Cobertura de vegetal Cañaribamba*



Nota: Tomado de Mapa de *Cobertura de vegetal de la parroquia Cañaribamba,* por Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, en Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de San Salvador de Cañaribamba 2023-2027 (p. 100), Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Salvador de Cañaribamba, 2023.

1.2 Criterios de calidad del agua

Es fundamental que el agua destinada al riego de cultivos cumpla con criterios mínimos de calidad, con el fin de prevenir afectaciones al suelo, a las plantas y a la producción agrícola. De acuerdo con el Ministerio del Ambiente del Ecuador, el agua de uso agrícola se define como aquella utilizada para la irrigación de cultivos y para actividades complementarias relacionadas con la producción agropecuaria, conforme a lo establecido en el Libro VI, Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria. (2015)

En este sentido, se prohíbe el uso de aguas servidas para fines agrícolas, salvo en aquellos casos en los que dichas aguas hayan sido sometidas a procesos de tratamiento y cumplan con los parámetros de calidad establecidos por la normativa ambiental vigente como se muestra en la **Tabla 1-1** Criterios de Calidad del agua para uso agrícola en riego en la **Tabla 1-2** Parámetros de los niveles de Calidad del Agua para riego. El cumplimiento de estos criterios resulta fundamental para garantizar un uso adecuado del recurso hídrico y la sostenibilidad de las actividades productivas en el área de estudio (Ministerio del Ambiente, 2015)

Tabla 1-1 *Criterios de Calidad del agua para uso agrícola en riego*

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	PelículaVisible		Ausencia
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2,0
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Cromo	Cr^{+6}	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Huevos de parásitos			Ausencia
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Manganeso	Mn	mg/ l	0, 2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Nitritos	NO_2	mg/l	0,5
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	3
pH	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	5,0
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sulfatos	SO_4^{-2}	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0,1

Nota. Tomado de *Registro Oficial N° 387,* Edición Especial (p. 15), por Ministerio del Ambiente, 2015.

Tabla 1-2 *Parámetros de los niveles de Calidad del Agua para riego*

PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	*GRADO DE RESTRICCIÓN.			
		Ninguno	Ligero	Moderado	Severo
Salinidad (1):					
CE (2)	Milimhos/cm	0,7	0,7	3,0	>3,0
SDT (3)	mg/l	450	450	2000	>2000
Infiltración (4):					
RAS = 0 – 3 y CE		0,7	0,7	0,2	< 0,2
RAS = 3 – 6 y CE		1,2	1,2	0,3	< 0,3
RAS = 6 – 12 y CE		1,9	1,9	0,5	< 0,5
RAS = 12 – 20 y CE		2,9	2,9	1,3	<1,3
RAS = 20 – 40 y CE		5,0	5,0	2,9	<2,9
Toxicidad por ión específico (5):					
- Sodio:					
Irrigación superficial RAS (6)		3,0	3,0	9	> 9,0
Aspersión	meq/l	3,0	3,0		
- Cloruros					
Irrigación superficial	meq/l	4,0	4,0	10,0	>10,0
Aspersión	meq/l	3,0	3,0		
- Boro	mg/l	0,7	0,7	3,0	> 3,0
Efectos misceláneos (7):					
- Nitrógeno (N-NO3)	mg/l	5,0	5,0	30,0	>30,0
- Bicarbonato (HCO3)	meq/l	1,5	1,5	8,5	> 8,5
pH	Rango normal	6,5 –8,4			

Nota: Tomado de *Registro Oficial N° 387,* Edición Especial (p. 16), por Ministerio del Ambiente, 2015.

El nivel de calidad del agua representa un grado de limitación que indica el rango de factibilidad para su uso en riego.

(1) Afecta a la disponibilidad de agua para los cultivos.

(2) Conductividad eléctrica del agua: regadío (1 milimhos/cm = 1000 microhmos/cm).

(3) Sólidos disueltos totales.

(4) Afecta a la tasa de infiltración del agua en el suelo.

(5) Afecta a la sensibilidad de los cultivos.

(6) RAS, relación de absorción de sodio ajustada.

1.3 Características Físicas del Suelo

El suelo está constituido por partículas minerales provenientes de la desintegración de las rocas, así como por partículas de origen orgánico derivadas de restos animales y vegetales, conocidas como materia orgánica. A simple vista, estas partículas pueden parecer compactas y sin espacios entre sí; sin embargo, entre ellas existen pequeños vacíos denominados poros, los cuales

desempeñan un papel clave en el movimiento y almacenamiento del agua en el suelo (Carrazón, 2007).

Las principales características físicas del suelo que influyen en el comportamiento del agua son la textura, la estructura, la porosidad, la densidad aparente y el contenido de agua en el suelo. Estas propiedades establecen la capacidad de infiltración, retención y disponibilidad del agua para las plantas, siendo factores clave en el diseño y manejo de sistemas de riego.

Textura del suelo: La textura del suelo se refiere a la proporción relativa de partículas de diferente tamaño, tales como arena, limo y arcilla. De acuerdo con Carrazón (2007), esta característica permite clasificar los suelos según el diámetro de sus partículas, lo cual influye directamente en la velocidad de infiltración del agua, la capacidad de retención hídrica y la aireación del suelo. Suelos con mayor contenido de arena muestran alta infiltración y baja retención, mientras que los suelos arcillosos retienen mayor cantidad de agua, pero con menor permeabilidad.

En la **Tabla 1-3** Clasificación de las partículas del suelo, se presenta la clasificación del suelo junto con los diámetros correspondientes de cada uno de sus componentes.

Tabla 1-3 *Clasificación de las partículas del suelo*

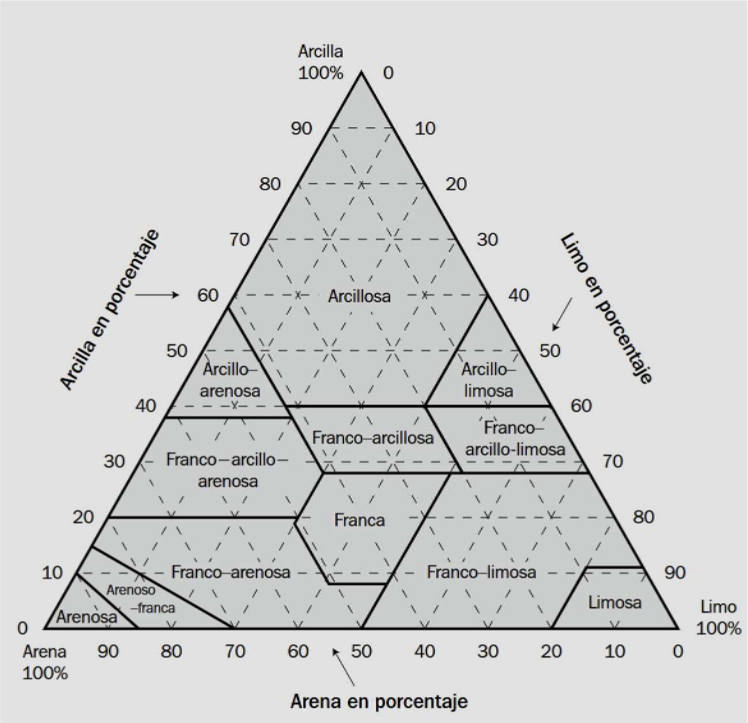
Partículas de suelo	Diámetro (mm)
Gravas y piedras	> 2.0
Arena	0.05 – 2.0
Limo	0.002 – 0.05
Arcilla	< 0.002

Nota: Tomado de *Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego (p. 52*), por Carrazón Alocén, J., 2007, FAO/PESA Honduras.

A partir de un análisis granulométrico, el suelo puede clasificarse según su curva granulométrica y la proporción predominante de material en su composición.

Por su parte, la **Figura 1-6** Triángulo de texturas del suelomuestra el triángulo de texturas del suelo, el cual se construye con base en dicho análisis granulométrico.

Figura 1-6 *Triángulo de texturas del suelo*



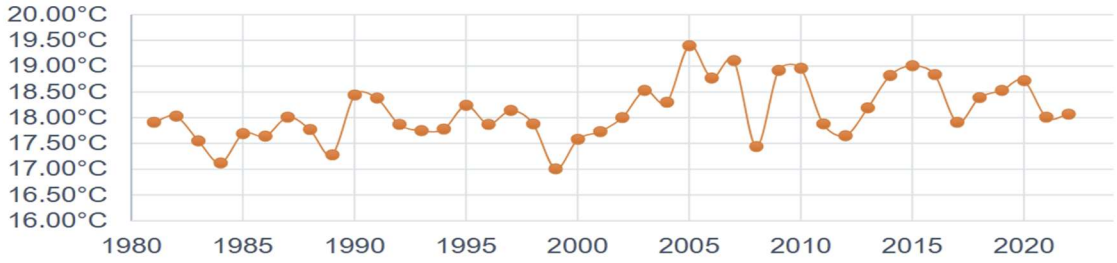
Nota: Tomado de *Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego (p. 53),* por Carrazón Alocén, J., 2007, FAO/PESA Honduras.

1.4 Clima

La parroquia San Salvador de Cañaribamba se localiza en la región Sierra, por lo tanto, presenta un clima característico de zonas andinas, con temperaturas moderadas a bajas durante la mayor parte del año; sin embargo, existen sectores donde la temperatura puede aumentar levemente debido a su ubicación dentro de la cuenca del río Jubones y a la influencia de valles cercanos. Además, la parroquia presenta vientos moderados a fuertes como resultado de su topografía montañosa y su altitud sobre el nivel del mar (GAD Cañaribamba, 2023). La zona específica de estudio se encuentra en la parte alta de la cuenca, donde el clima es predominantemente frío y ventoso, aun cuando se ubica relativamente cerca de zonas con condiciones térmicas más cálidas. La temperatura en la parroquia oscila aproximadamente entre 12 °C y 20 °C, registrándose un valor medio cercano a los 15 °C durante la mayor parte del año (**Figura 1-7** Datos históricos de temperatura media anual de la cobertura de la tierra en el centro de San Salvador de Cañaribamba 1981-2024, tal como se observa en la información climática del PDOT [Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial]; la estación lluviosa se presenta principalmente entre los meses de enero

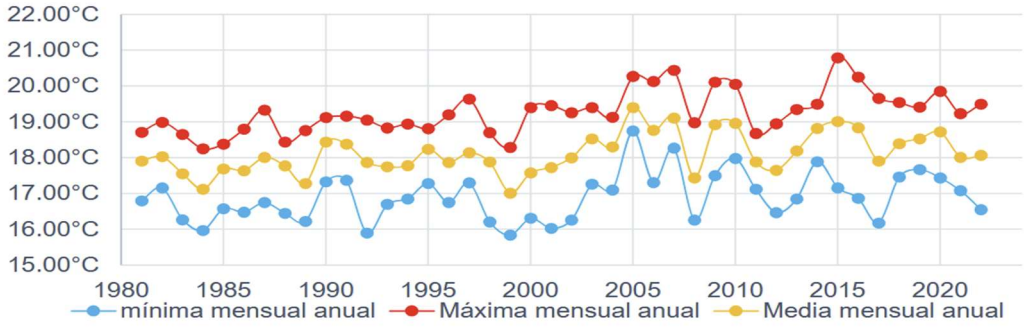
y mayo (**Figura 1-8** Datos históricos de temperaturas medias máximas, medias y mínimas mensuales anuales en el centro de San Salvador de Cañaribamba 1981-2024**y Figura 1-9** Mapa temperatura de la parroquia Cañaribamba.).

Figura 1-7 *Datos históricos de temperatura media anual de la cobertura de la tierra en el centro de San Salvador de Cañaribamba 1981-2024*



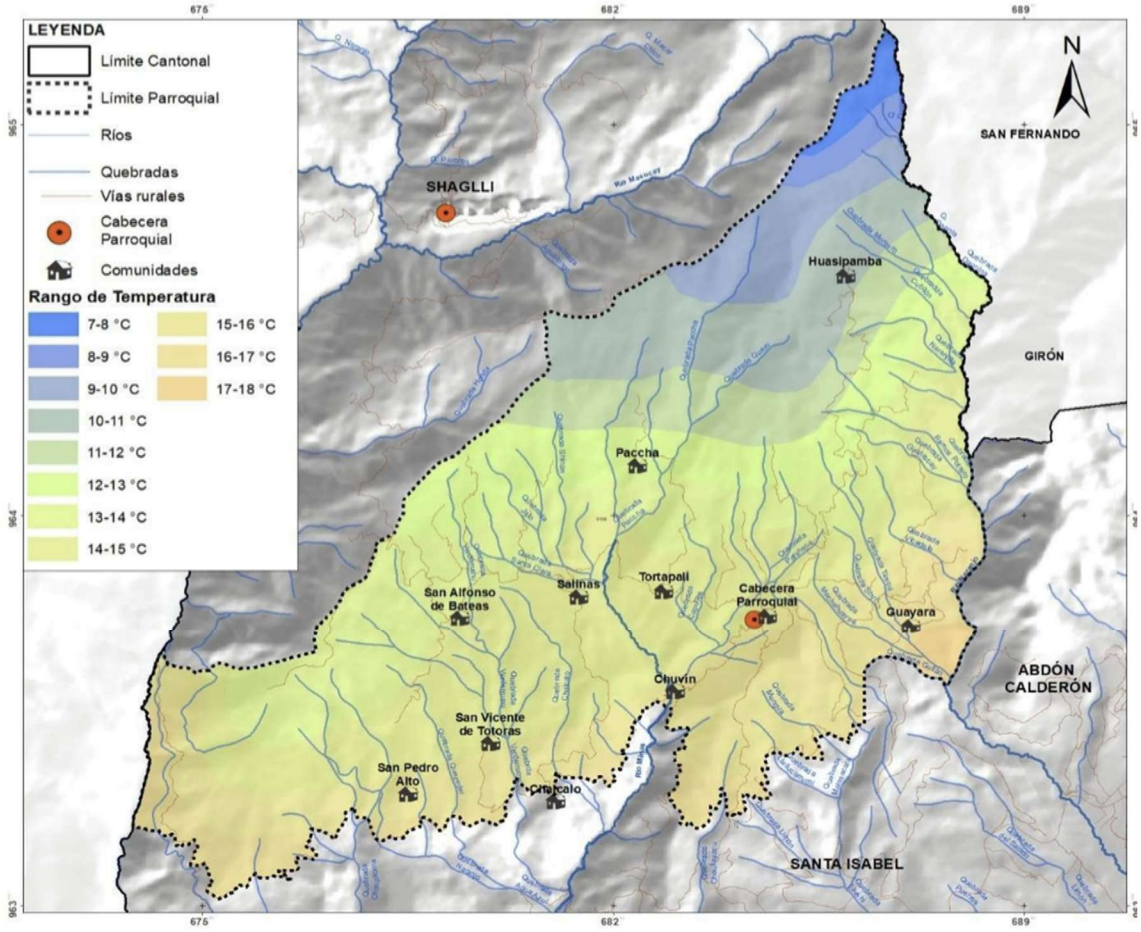
Nota: Tomado de Datos históricos de temperatura media anual de la cobertura de la tierra en el centro de San Salvador de Cañaribamba 1981-2024, por NASA POWER, 2024, en Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de San Salvador de Cañaribamba 2023-2027 (p. 116), Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Salvador de Cañaribamba, 2023

Figura 1-8 *Datos históricos de temperaturas medias máximas, medias y mínimas mensuales anuales en el centro de San Salvador de Cañaribamba 1981-2024*



Nota: Tomado de *Datos históricos de temperaturas medias, máximas y mínimas mensuales anuales en el centro de San Salvador de Cañaribamba 1981-2024*, por NASA POWER, 2024, en Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de San Salvador de Cañaribamba 2023-2027 (p. 116), Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Salvador de Cañaribamba, 2023.

Figura 1-9 *Mapa temperatura de la parroquia Cañaribamba.*



Nota: Tomado de *Mapa de temperatura de la parroquia Cañaribamba,* por Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, s.f., en Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de San Salvador de Cañaribamba 2023-2027 (p. 117), Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Salvador de Cañaribamba, 2023.

Estructura del suelo: La estructura del suelo corresponde a la disposición y agrupación de las partículas individuales para formar agregados de mayor tamaño. El tamaño y estabilidad de estos agregados dependen de factores como la presión a la que está sometido el suelo, su composición y el manejo agrícola aplicado. El uso de maquinaria pesada y prácticas incorrectas de labranza pueden provocar la compactación del suelo y la destrucción de los agregados, afectando directamente a la infiltración y la circulación del agua (Fuentes Yagüe y García Legaspi, 1996).

Porosidad: La porosidad se define como la fracción del volumen total del suelo que no está ocupada por materia sólida, es decir, el conjunto de espacios vacíos existentes entre las partículas del suelo. Cuando el suelo está seco, estos poros están ocupados por aire; mientras que en condiciones de humedad se llenan parcial o totalmente con agua. En suelos arcillosos, la saturación

provoca un cierre temporal de los poros debido al hinchamiento del material, lo que dificulta la infiltración y el drenaje del agua (Carrazón, 2007; Fuentes Yagüe y García Legaspi, 1996).

Densidad aparente: La densidad aparente hace referencia a la relación entre el peso del suelo seco y el volumen total que ocupa, incluyendo los espacios porosos. Se obtiene dividiendo la masa de una muestra de suelo seco entre su volumen total. Este parámetro es de suma importancia en los sistemas de riego, ya que permite estimar la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo y varía en función de factores como el contenido de materia orgánica, el grado de compactación y las prácticas de manejo del terreno (Carrazón, 2007; Fuentes Yagüe y García Legaspi, 1996).

Contenido de agua en el suelo: El contenido de agua en el suelo representa la reserva hídrica disponible para las plantas y constituye un elemento fundamental para determinar la frecuencia y la lámina de riego que se necesita. Según Carrazón (2007), el conocimiento de esta variable permite optimizar el uso del agua y mejorar la eficiencia del sistema de riego.

Niveles de humedad en el suelo: El contenido de agua en el suelo se analiza mediante tres niveles principales:

a) **Saturación:** Sucede cuando todos los poros del suelo se encuentran llenos de agua, generalmente después de lluvias intensas o riegos excesivos. Mantener el suelo en este estado por periodos prolongados puede provocar la asfixia radicular y la muerte de las plantas (Fuentes Yagüe y García Legaspi, 1996).

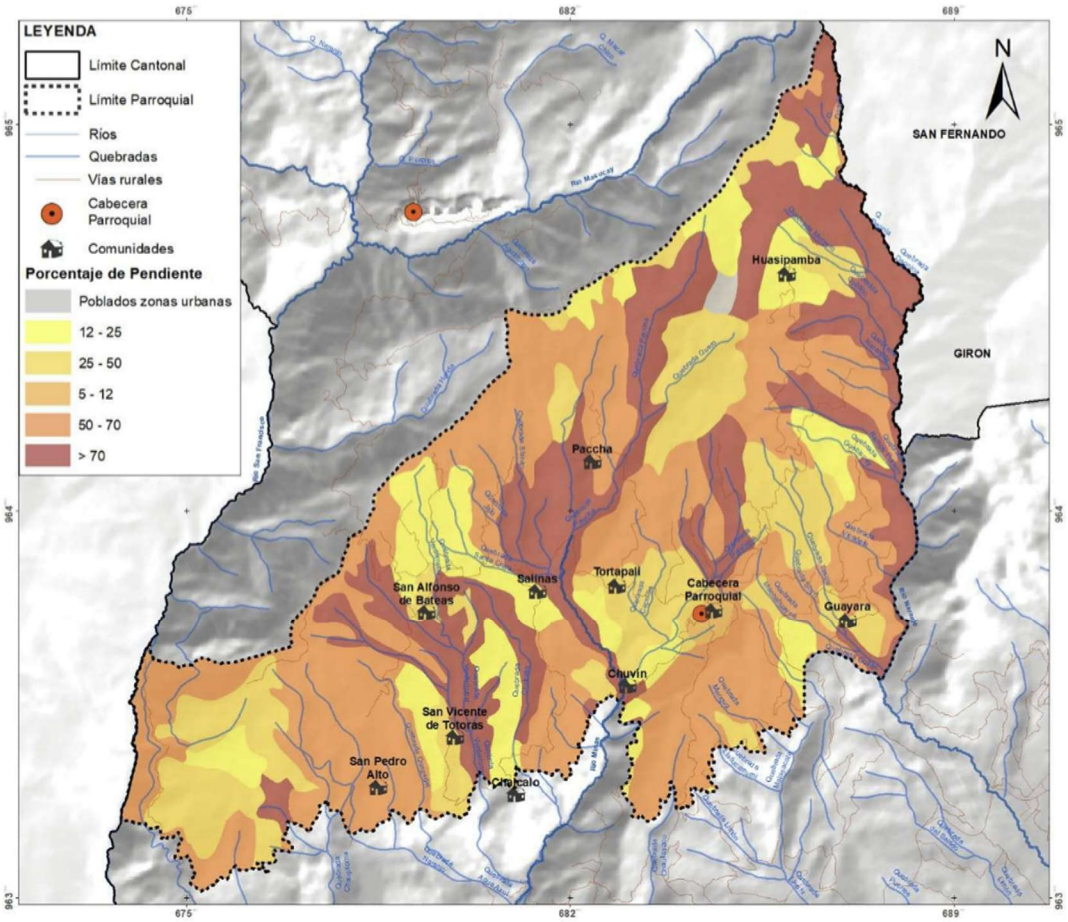
b) **Capacidad de Campo (CC):** Corresponde al nivel máximo de humedad que el suelo puede retener después de que el exceso de agua ha drenado por gravedad. Este nivel es óptimo para el desarrollo de los cultivos y suele expresarse como porcentaje de volumen de agua en el suelo (Carrazón, 2007).

c) **Punto de Marchitez Permanente (PMP):** Es el nivel de humedad en el cual las plantas ya no pueden extraer agua del suelo, aun cuando está todavía se encuentre presente. Al llegar a este punto, los cultivos se marchitan de forma irreversible debido a que el agua disponible se ha perdido por percolación, evaporación o ha sido absorbida previamente por las raíces (Carrazón, 2007).

1.5 Topografía

La topografía de la parroquia San Salvador de Cañaribamba se caracteriza por un relieve predominantemente montañoso, con una importante variación altitudinal y la presencia de laderas, colinas y valles estrechos propios de la región andina. El territorio muestra principalmente pendientes medias y fuertes, lo que condiciona la dinámica hidrológica, ayuda la escorrentía superficial durante la época lluviosa y aumenta la susceptibilidad a procesos de erosión del suelo (**Figura 1-10** Mapa pendientes de la parroquia de Cañaribamba). Estas características topográficas influyen directamente en el uso y ocupación del suelo, la distribución de los asentamientos humanos y la aptitud del territorio para actividades agrícolas, además de constituir un factor determinante en la planificación y diseño de sistemas de riego, donde se requiere un manejo adecuado del agua para minimizar pérdidas y reducir impactos asociados al relieve del terreno.

Figura 1-10 *Mapa pendientes de la parroquia de Cañaribamba*



Nota: Tomado de *Mapa de pendientes de la parroquia Cañaribamba,* por Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, s.f., en Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de San Salvador de Cañaribamba 2023-2027 (p. 106), Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Salvador de Cañaribamba, 2023

2. CAPÍTULO 2: CRITERIOS DE DISEÑO

2.1.Diseño Agronómico:

El diseño agronómico ayuda a determinar la cantidad de agua necesaria para el riego de una superficie determinada, constituyendo la base para el prediseño y el cálculo del sistema de riego. A partir de este análisis se establecen las necesidades hídricas de los cultivos, las cuales condicionan el dimensionamiento y la operación del sistema.

El diseño agronómico del sistema de riego que va a servir al sector de Cañaribamba se fundamenta en el Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego (Carrazón, 2007), así como en

criterios técnicos para la gestión del agua propuestos por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2013). Estas referencias técnicas permiten definir criterios confiables para la estimación de las necesidades de agua de los cultivos, teniendo en cuenta variables climáticas, agronómicas y del suelo.

En el presente capítulo se mencionan los criterios metodológicos empleados para el diseño agronómico del sistema de riego; los valores resultantes de la aplicación de esta metodología a las condiciones específicas del área de estudio se presentan en capítulos posteriores.

2.1.1. Precipitaciones:

La precipitación es un fenómeno atmosférico que consiste en la caída de agua desde la atmósfera hacia la superficie terrestre, en forma líquida o sólida, como resultado de la condensación del vapor de agua en las nubes (FAO, 2013). Este proceso forma parte del ciclo hidrológico y representa una fuente natural de contribución de recursos hídricos para los cultivos.

En el diseño agronómico, la precipitación es parte fundamental para la estimación de las necesidades de riego; sin embargo, no toda la lluvia es aprovechable por las plantas. Por este motivo, para fines de diseño se considera la precipitación efectiva, definida como la fracción de la precipitación total que contribuye directamente a satisfacer los requerimientos hídricos del cultivo (Carrazón, 2007).

2.1.1.1.Precipitación probable

La precipitación probable corresponde a la cantidad de lluvia asociada a un determinado nivel de probabilidad de ocurrencia, la cual se usa en el diseño de sistemas de riego con el fin de minimizar el riesgo de déficit hídrico para los cultivos. Este criterio permite tener en cuenta escenarios conservadores, especialmente en proyectos donde la disponibilidad de agua es un factor limitante (FAO, 2013).

En el diseño agronómico, el análisis de la precipitación probable depende del tipo de cultivo y de su importancia económica, adaptándose probabilidades mayores para cultivos de alto valor y menores para cultivos de subsistencia. De esta manera, se garantiza que el sistema de riego pueda suplir correctamente las necesidades hídricas del cultivo durante períodos con menor presencia de precipitación (Carrazón, 2007).

Ecuación 1

$$P_{pm} = I_p * P_p$$

Dónde Ppm= Precipitación probable mensual (mm)

Ip= Índice de precipitación

Pp= Precipitación promedio anual (mm)

El índice de precipitación se obtiene según la probabilidad con la que se vaya a trabajar dependiendo del valor económico del cultivo.

Cuando se tiene de datos mensuales de precipitación de varios años provenientes de una estación meteorológica cercana al área de estudio, estos se analizan estadísticamente para calcular el índice de precipitación, el cual permite caracterizar el régimen pluviométrico de la zona y sirve como base para el diseño agronómico del sistema de riego.

- Se ordena los datos de precipitación anual de mayor a menor
- Se calcula el índice de precipitación de cada dato con la ecuación 2.

Ecuación 2

$$Ip = \frac{P}{Pp}$$

Donde;

Ip= Índice de precipitación

P= Precipitación de cada año (mm)

Pp= Precipitación promedio anual (mm)

- Se determinó la probabilidad de ocurrencia de cada valor de precipitación anual con la ecuación 3

$$Pr = \frac{2*m-1}{2*m} * 100$$ *Ecuación 3*

Donde:

Pr= Probabilidad de ocurrencia (mm)

m= Número de orden de cada valor de precipitación anual

N= Número de años de la serie datos

- El índice de precipitación para la probabilidad buscada se obtiene con la Ecuación 4

$$I_p buscado = I_p mayor - \frac{P_r buscado - p_r menor}{P_r mayor - P_r menor} * (I_p mayor - I_p menor)$$ *Ecuación 4*

Cuando se cuenta con datos de precipitación probable de una estación climática ubicada cerca

Cuando no se cuenta con datos de alguna estación meteorológica cercana, se utiliza datos históricos del índice de precipitación

2.1.1.2.Precipitación efectiva

La precipitación efectiva es una fracción de la precipitación total, anual o estacional y se usa para satisfacer las necesidades de agua que tiene el cultivo.

Para un correcto análisis de la precipitación probable mensual, es recomendable usar las siguientes ecuaciones, (Carrazón, 2007).

Para una Precipitación promedio mensual menor a 75mm se propone la Ecuación 5.

$$Pe = (0.6 * Ppm) - 10$$ *Ecuación 5*

Para PPm mayor a 75 mm se propone la Ecuación 6.

$$Pe = 0.8 * Ppm - 25$$ *Ecuación 6*

Donde:

Ppm= Precipitación promedio mensual (mm)

Pe= Precipitación efectiva (mm)

2.1.2. Evapotranspiración

El término hace referencia a la composición de dos procesos distintos: la evaporación y la transpiración (Quinde y Zhagui, 2020). La evaporación corresponde a la transformación del agua en estado líquido a vapor, que se libera desde la superficie hacia la atmósfera. Por otro lado, la transpiración se define como la pérdida de vapor de agua desde las plantas al ambiente, proceso que ocurre principalmente a través de las estomas ubicadas en las hojas.

2.1.2.1.Evapotranspiración Potencial (ETP)

La evapotranspiración potencial constituye un indicador climático que expresa la capacidad evaporativa de la atmósfera (Allen et al., 2006). Se entiende como la tasa a la cual las condiciones climáticas de una zona inducen la pérdida de agua del sistema suelo–vegetación mediante los procesos combinados de evaporación y transpiración (Scheff y Frierson, 2014). Este parámetro es fundamental en el diseño y análisis de proyectos de riego, debido a su influencia directa en la estimación de los requerimientos hídricos de los cultivos (Quinde y Zhagui, 2020).

Para su obtención se empleó la ecuación del método Penman-Monteith propuesta por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). En este método se usan los siguientes parámetros:

Calor latente de vaporización:

$$\lambda = 2.501 - (2.361x10^{-3}) * T$$ *Ecuación 7*

Donde:

λ= Calor latente de vaporización (MJ Kg-1)

T= Temperatura del aire (°C)

- Pendiente de la curva de presión de vapor

$$\Delta = \frac{4098e_a}{(T + 237.3)^2}$$ *Ecuación 8*

Donde:

Δ = Pendiente de la curva de presión de vapor (KPa °C-1)

ea = Presión de vapor de saturación a temperatura T (KPa)

T = Temperatura del aire (°C)

- Constante piezométrica

$$\gamma = 0.00163 * \frac{P}{\lambda}$$ *Ecuación 9*

Donde:

γ = Constante psicrométrica (KPa °C-1)

P = Presión atmosférica (KPa)

λ = Calor latente de vaporización (MJ Kg-1)

- Presión Atmosférica.

$$P = 101.3 * (\frac{193 - 0.0065z}{293})^{5.26}$$ *Ecuación 10*

Donde:

P = Presión atmosférica a una cota z (KPa)

z = Altura sobre el nivel del mar (cota) (m)

- Densidad atmosférica:

$$\rho = 3.486 * \frac{P}{T_{kv}}$$ *Ecuación 11*

Donde:

ρ = Densidad atmosférica (Kg m3)

P = Presión atmosférica a una cota z (KPa)

Tkv = Temperatura (K)

$$T_{kv=Tk(1-0.378*\frac{e_d}{P})^{-1}}$$ *Ecuación 12*

Donde:

Tk = Temperatura absoluta (K) 27+T°C

ed = Presión de vapor en el punto de rocío (KPa)

P = Presión atmosférica a una cota z (KPa)

- Presión de vapor de saturación

$$e_a = 0.611exp\left(\frac{17.27 * T}{T + 237.3}\right)$$ *Ecuación 13*

Donde:

ea = Presión de vapor de saturación (KPa)

T = Temperatura (°C)

- Presión de vapor actual

$$e_d = \frac{e_d(Tmin) + e_d(Tmax)}{2}$$ *Ecuación 14*

Donde:

ed = Presión de vapor actual

Tmin = Temperatura a primera hora de la mañana

Tmax = Temperatura a primera hora de la tarde

- Radiación extraterrestre

$$R_a = \frac{24 * 60}{\pi} G_{sc} * d_r(\omega_s Sin\varphi * Sin\delta + cos\varphi * Cos\delta * Sin\omega_s)$$ *Ecuación 15*

Donde:

Ra = Radiación extraterrestre (MJ m-2 d-1)

Gsc = Constante solar (0.0820)

dr = Distancia relativa tierra – sol

δ = Declinación solar (rad)

φ = Latitud (rad)

ωs = Ángulo a la hora de la puesta del sol (rad)

- Horas de luz

$$N = \frac{24}{\pi}\omega_s \qquad \textit{Ecuación 16}$$

Donde:

N = Horas de luz (h)

ωs = Ángulo a la hora de la puesta del sol (rad)

- Resistencia aerodinámica

$$r_a = \frac{208}{U_2} \qquad \textit{Ecuación 17}$$

Donde:

Ra = Resistencia aerodinámica (s/m)

U2 = velocidad del viento a 2 metros de altura (m/s)

- Flujo térmico del suelo

$$G = C_S d_s(\frac{T_n - T_n - 1}{\Delta t}) \qquad \textit{Ecuación 18}$$

Donde:

G = Flujo térmico del suelo (MJ m-2 d-1)

Tn = Temperatura °C en el día o mes n

Tn-1 = Temperatura °C en el día o mes precedentes n

Δt = Longitud del periodo n (d)

cs = calor específico para un suelo mojado medio (MJ m-3 °C-1)

ds = profundidad estimada del suelo efectivo (m)

- Ecuación de Penman Monteith

La forma original de la ecuación de Penman Monteith puede ser escrita así

$$\lambda ET_0 = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho * C_p(e_a - e_d)/r_a}{\Delta + \gamma(1 + \frac{r_c}{r_a})}$$ *Ecuación 19*

Donde:

λETo = Flujo de calor latente de evaporación (KJ m-2 s-1)

Rn = Flujo de radiación neta en superficie (KJ m-2 s-1)

G = Flujo térmico del suelo (KJ m-2 s-1)

ρ = Densidad atmosférica (Kg m-3)

Cp = Calor específico del aire húmedo (KJ Kg-1 °C-1)

$(ea - ed)$ = Déficit de presión de vapor (KPa)

rc = Resistencia de la cubierta vegetal (s m-1)

ra = Resistencia aerodinámica (s m-1)

Δ = Pendiente de la curva de presión de vapor (KPa °C-1)

γ = Constante psicrométrica (KPa °C-1)

λ = Calor latente de vaporización (MJ Kg-1)

2.1.2.2.Evapotranspiración de cultivo

La evapotranspiración del cultivo es la demanda evaporativa que ejerce la atmósfera sobre cultivos establecidos en superficies extensas, sometido a condiciones óptimas de disponibilidad hídrica en el suelo y con un manejo agronómico y ambiental adecuado, lo cual permite alcanzar la máxima producción potencial (Allen et al., 2006). Su estimación se realiza mediante la Ecuación 20.

$$ET_C = K_c * ET_0 \qquad \textit{Ecuación 20}$$

Donde:

ETc = Evapotranspiración de cultivo (mm/mes)

Kc = Coeficiente de cultivo (adimensional)

ETo = Evapotranspiración de referencia (mm/mes)

2.1.2.2.1. Coeficiente de cultivo

El coeficiente de cultivo constituye un parámetro que incorpora las características físicas y fisiológicas propias de un cultivo, las cuales lo diferencian del cultivo de referencia, caracterizado por una cobertura uniforme y completa de la superficie del suelo, típica de un cultivo estándar en una región determinada (Allen et al., 2006). Asimismo, la evapotranspiración de referencia y el coeficiente de cultivo constituyen parámetros necesarios para determinar los requerimientos hídricos de los cultivos (Villafañe et al., 2016).

La FAO (2013) recomienda dos enfoques para la estimación del coeficiente de cultivo; el método del coeficiente único se utiliza principalmente en la planificación, diseño y manejo del riego, mientras que el método del coeficiente dual se utiliza en estudios que requieren una estimación más precisa de los procesos de evaporación y transpiración, tales como modelos de calidad del agua, proyectos de investigación, programación básica del riego y sistemas de gestión del riego en tiempo real (Quinde y Zhagui, 2020).

2.1.2.2.2 Curva del coeficiente de cultivo

Para la estimación de los valores del coeficiente de cultivo (Kc) a lo largo del ciclo vegetativo, se requiere establecer la duración de cada una de las etapas de desarrollo del cultivo: inicial, desarrollo, media y final. A cada una de estas fases se le asignan valores específicos de Kc, los cuales se derivan de tablas de referencia y pueden ser ajustados según las condiciones climáticas y agronómicas propias del área del proyecto (Allen et al., 2006).

La construcción de la curva del coeficiente de cultivo para un cultivo anual se realiza siguiendo el procedimiento descrito a continuación:

- El ciclo del cultivo se divide en cuatro etapas: inicial, desarrollo, media y final.
- Se determinan los tres valores característicos del coeficiente de cultivo: (Kc inicial), (Kc medio) y (Kc final).
- Conociendo la duración de cada etapa y los valores de Kc, se procede a la obtención de la curva. Durante las fases inicial y media, el coeficiente se representa mediante líneas horizontales correspondientes a (Kc inicial) y (Kc medio), respectivamente. En la fase de desarrollo, la variación de Kc se expresa mediante una línea ascendente desde (Kc Inicial) hasta (Kc medio), mientras que en la fase final se traza una línea descendente desde (Kc medio) hasta (Kc final).
- En caso de que las etapas del cultivo se subdividen en períodos de diez días con el fin de lograr una mayor precisión, los valores intermedios del coeficiente de cultivo pueden estimarse de forma gráfica (Carrazón, 2007).

2.1.3 Necesidades netas de riego

Las necesidades netas de riego representan al volumen de agua requerido para que el cultivo se desarrolle a su máxima tasa de crecimiento, previniendo la aparición de estrés hídrico durante su ciclo vegetativo. Este requerimiento se calcula mediante la Ecuación 21 y representa la lámina de agua que debe ser suministrada directamente al cultivo en el diseño de un sistema de riego. No obstante, en la práctica se prioriza la implementación de sistemas de riego controlados, en los cuales el aporte hídrico se ajusta de acuerdo con las distintas fases de desarrollo del cultivo (Carrazón, 2007).

$$N_n = ET_c - P_e$$ *Ecuación 21*

Donde:

Nn = Necesidades netas de riego (mm/mes)

ETc = Evapotranspiración de cultivo (mm/mes)

Pe = Precipitación efectiva (mm/mes)

2.1.4 Parámetros de riego

2.1.4.1 Agua utilizable para los cultivos

Se refiere a la cantidad de agua que el cultivo puede extraer del suelo en condiciones potenciales. Para su determinación es necesario conocer, principalmente, el contenido de agua que el suelo es capaz de retener después de haber sido completamente humedecido, así como el nivel de humedad a partir del cual las plantas dejan de absorber agua y comienzan a presentar síntomas de marchitez parcial o total. Este parámetro se calcula mediante la Ecuación 22 (Cadena, 2016)

$$AU = 10 * (CC - PMP) * d_a * P_r$$ *Ecuación 22*

Donde:

AU = Agua utilizable por un cultivo (mm)

CC = Capacidad de campo (% g)

PMP = Punto de marchitez permanente (% g)

da = Densidad aparente (g/cm3)

pr = Profundidad radicular efectiva de los cultivos (m)

2.1.4.2 Dosis neta de riego

Carrazón (2007) señala que se establece un determinado nivel de humedad del suelo a partir del cual las raíces de los cultivos comienzan a experimentar limitaciones en la absorción de agua. Este

umbral se conoce como déficit permisible de manejo (DPM) y suele expresarse como una fracción del agua útil disponible en el suelo. El producto de ambos parámetros da lugar a la denominada dosis neta de riego (Dn), la cual se calcula mediante la Ecuación 23.

$$D_n = \frac{DPM * AU}{100} \qquad \textit{Ecuación 23}$$

Donde:

Dn = Dosis neta de riego (mm)

DPM = Déficit permisible de manejo (%)

AU = Agua utilizable por un cultivo (mm)

2.1.4.3 Intervalo máximo entre riesgos

Corresponde al intervalo máximo que puede transcurrir entre riegos sucesivos, asegurando que el déficit de humedad del suelo no supere el déficit permisible de manejo. Este parámetro se determina mediante la Ecuación 24. (Carrazón,2007).

$$I_M = \frac{D_n}{N_n} \qquad \textit{Ecuación 24}$$

Donde:

IM = Intervalo máximo entre riegos (días)

Dn = Dosis neta de riego (mm)

Nn = Necesidades netas de riego (mm/día)

Este valor puede reducirse en función del número de usuarios que se desea atender y del tipo de cultivo a regar, ya que existen cultivos que requieren una mayor frecuencia de riego para un desarrollo adecuado.

2.1.4.4 Dosis neta ajustada

En caso de que el intervalo entre riegos haya sido modificado en el apartado anterior conforme a con los requerimientos del proyecto, se requiere estimar la dosis neta de riego, conforme a lo establecido en la Ecuación 25.

$$D_{naj} = I * N_n \qquad \textit{Ecuación 25}$$

Donde:

Dn aj = Dosis neta ajustada (mm)

I = Intervalo entre riegos

Nn = Necesidades netas de riego (mm/día)

2.1.4.5 Dosis bruta de riego

Depende del método de riego que se haya seleccionado y se expresa en la Ecuación 26.

$$D_b = \frac{100 * D_{naj}}{E_a} \qquad \textit{Ecuación 26}$$

Donde:

Db = Dosis bruta de riego (mm)

Dn aj = Dosis neta ajustada (mm)

Ea = Eficiencia del sistema de aplicación (%)

Tabla 2-1 *Eficiencias de riego estimadas en función del método de riego*

Método de Riego	% Eficiencia
Gravedad	45-65
Aspersión	75-80
Goteo	85-90

Nota: Tomado de *Estudio de prefactibilidad para la tecnificación del sistema de riego para el sector Raricucho (p. 27),* por Astudillo Moreira, P. J. y Torres Sarmiento, J. D., 2024, Universidad del Azuay.

2.1.4.6 Tiempo mínimo de aplicación

Se define como el tiempo mínimo durante el cual debe aplicarse el riego con el fin de suministrar la dosis bruta requerida por el cultivo. Por ejemplo, en sistemas de riego por aspersión, este tiempo representa el período durante el cual los aspersores deben mantenerse en funcionamiento para garantizar una aplicación adecuada del agua. La duración del riego está determinada principalmente de dos factores fundamentales, los cuales se consideran en la Ecuación 27:

- Tasa básica de infiltración del suelo

$$ta_{min} = \frac{100 * D_b}{I_b * f_p} \qquad \textit{Ecuación 27}$$

Donde:

ta min = Tiempo mínimo de aplicación (h)

Db = Dosis bruta de riego (mm)

Ib = Tasa de infiltración básica del suelo (mm/h)

fp = Factor de reducción por pendiente (%)

En la **Tabla 2-2** Factores de reducción por pendiente, se muestran los valores de factores de reducción en base a las pendientes del terreno.

Tabla 2-2 *Factores de reducción por pendiente*

Pendiente	Fp
0-8%	100%
9-20%	80%
>20%	60%

Nota: Tomado de *Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego (p. 106*), por Carrazón Alocén, J., 2007, FAO/PESA Honduras.

2.1.4.7 Necesidades brutas de riesgo

Corresponde a al volumen adicional de agua que debe suministrarse para compensar la no uniformidad del sistema de riego, de manera que aquellas plantas que reciben menores aportes hídricos puedan cubrir adecuadamente sus necesidades netas de riego. Este parámetro se calcula mediante la Ecuación 28.

$$N_b = \frac{100 * N_n}{E_a} \qquad \textit{Ecuación 28}$$

Donde:

Nb = Necesidades brutas de riego (mm/día)

Nn = Necesidades netas de riego (mm/día)

Ea = Eficiencia del sistema de aplicación (%)

2.1.5 Caudal necesario

Se define como el volumen de agua requerido para el riego de una superficie determinada, el cual se calcula mediante la Ecuación 29. Este parámetro está condicionado directamente del número de horas disponibles para la operación del sistema de riego. De forma general, se adopta un tiempo de operación de 21 horas diarias, considerando un margen de 3 horas destinadas a labores de mantenimiento, reparaciones del sistema y cambios de turno.

En determinadas situaciones, puede considerarse un tiempo máximo de operación de hasta 24 horas, siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

- Que la adopción inicial de 21 horas de operación implique una reducción significativa de la superficie de riego.

- Que el proyecto contemple, dentro de su presupuesto, la implementación de un sistema de almacenamiento de agua.

- Que exista un sistema de almacenamiento previamente instalado.

En el presente proyecto no se dispone de un área destinada para la construcción de un sistema de almacenamiento; por eso, se adopta un tiempo de operación del sistema de riego de 21 horas (Carrazón, 2007).

$$Q_m = \frac{N_b * S}{3600 * t_{os}} \qquad \textit{Ecuación 29}$$

Donde:

Qm = Caudal mínimo (l/s)

Nb = Necesidades brutas de riego (mm/día)

S = Superficie regable (m2)

tos = Tiempo de operación del sistema (h)

2.1.6 Riesgo por aspersión

El riego por aspersión es un método mediante el cual el agua se aplica a los cultivos en forma de lluvia artificial, permitiendo un control adecuado de la intensidad, frecuencia y duración del riego. Este sistema incorpora componentes como bombas, tuberías y aspersores, entre otros equipos auxiliares, a través de los cuales el agua es expulsada a presión mediante dispositivos giratorios denominados aspersores (Cadena, 2016).

Este tipo de riego se caracteriza por una elevada eficiencia en el uso del recurso hídrico y es apropiado para una amplia variedad de cultivos (Fuentes Yagüe y García Legaspi, 1996). Asimismo, es especialmente recomendable en terrenos con pendientes pronunciadas. Entre sus principales ventajas se destacan las siguientes:

- Optimización del uso del agua, con eficiencias que rondan entre el 85 % y el 90 %.
- Reducción de los procesos de erosión del suelo.
- Eliminación de pérdidas por conducción, al no requerir canales de riego.
- Alta uniformidad en la aplicación del agua.
- Flexibilidad en el diseño, adaptable a la disponibilidad del recurso hídrico.
- Requerimiento reducido de mano de obra para su operación.
- La tasa de infiltración del suelo supera la tasa de aplicación del agua, lo que evita pérdidas por escorrentía superficial (Carrazón, 2007).

2.1.6.1 Componentes de un sistema

Según Cadena (2016), los principales componentes de un sistema de riego por aspersión son:

- Grupo de bombeo.
- Tuberías principales o de conducción.
- Tuberías secundarias o de distribución.
- Aspersores.

- Instalaciones complementarias.

- Elementos auxiliares.

2.1.6.2 Clasificación de los sistemas de aspersión

Los sistemas de riego por aspersión pueden clasificarse de acuerdo con el grado de movilidad de sus componentes, distinguiéndose dos grupos principales:

Sistemas estacionarios:

- Sistemas móviles.

- Sistemas semifijos, con tuberías móviles o fijas.

- Sistemas fijos, de carácter permanente o temporal.

Sistemas de desplazamiento continuo:

- Alas móviles, tales como pivotes centrales, laterales de avance frontal y alas montadas sobre carro.

- Aspersores de gran alcance, comúnmente conocidos como cañones viajeros.

2.1.6.3 Selección del aspersor

El funcionamiento eficaz de cada aspersor depende de la presión disponible en el sistema de riego, lo cual determina su caudal de operación y el alcance del chorro. Hay aspersores de menor tamaño que operan eficientemente con presiones comprendidas entre 15 y 30 metros de columna de agua (mca), mientras que los aspersores de mayor tamaño requieren presiones más elevadas, generalmente entre 25 y 70 mca, para alcanzar un desempeño adecuado (Carrazón, 2007).

Los aspersores cuentan con una vida útil limitada, por lo que eventualmente deben ser cambiados. En este sentido, se recomienda la utilización de aspersores de buena calidad, ya que ello permite

reducir la frecuencia de reemplazo y minimizar las pérdidas de eficiencia del sistema de riego asociadas a una aplicación no uniforme del agua.

2.1.6.3.1 Procedimiento de selección

a) Seleccionar marcas de aspersores que se encuentren a disposición en el mercado.

b) Revisar que la presión existente en el sistema sea pertinente con los requerimientos de operación de los aspersores.

c) Calcular el número de aspersores que funcionarán de manera simultánea, de modo que el caudal total demandado sea aproximadamente igual al caudal disponible del sistema, mediante la Ecuación 30.

$$n_{asp} = \frac{Q}{q_{asp}} \qquad \textit{Ecuación 30}$$

Donde:

nasp = Número de aspersores

Q = Caudal disponible (l/s)

qasp = Caudal de funcionamiento del aspersor (l/s)

En la Ecuación 31 se muestra el déficit de caudal y no debe ser menor de 5%

$$déficit\ (\%) = \frac{n_{asp} - q_{asp}}{Q} * 100 \qquad \textit{Ecuación 31}$$

d) Los aspersores se deben traslapar para garantizar uniformidad en el riego, la separación entre los aspersores está dada en la Ecuación 32

$$s(m) \leq 0.6 * D_h$$ *Ecuación 32*

Donde:

s = Separación entre aspersores (m)

Dh = Diámetro húmedo de los aspersores (m)

e) Pluviometría de un aspersor. Es la tasa de la precipitación generada por los aspersores (Carrazón, 2007) Ecuación 33.

$$Pluv_{asp} = \frac{q_{asp} * 3600}{S^2}$$ *Ecuación 33*

Donde:

Pluvasp = Pluviometría del aspersor (mm/h)

qasp = Caudal de funcionamiento del aspersor (l/s)

S = Separación entre aspersores (m)

La pluviometría del aspersor no puede ser mayor a la multiplicación de la infiltración básica del suelo por el factor de reducción de la pendiente. Ecuación 34.

$$Pluv_M = I_b * \frac{f_p}{100}$$ *Ecuación 34*

Donde:

PluvM = Pluviometría máxima (mm/h)Ib = Infiltración básica (mm/h)

fp = Factor de reducción por la pendiente (%)

2.1.6.3.2 Tiempo de aplicación

No puede ser mayor al tiempo de operación del sistema en ningún caso. Ecuación 35

$$t_a \frac{D_b}{Pluv_{asp}} \qquad \textit{Ecuación 35}$$

Donde:

ta = Tiempo de aplicación (h)

Db = Dosis bruta (mm)

Pluvasp = Pluviometría del aspersor (mm/h)

2.1.6.3.3 Superficie regada por postura

Es el área que se puede regar cuando todos los aspersores funcionan simultáneamente. (Carrazón, 2007). Ecuación 36.

$$S_{post} = n_{asp} * S^2 \qquad \textit{Ecuación 36}$$

Donde:

Spost = Superficie regada por postura (m2)

nasp = Número de aspersores

S = Separación entre aspersores(m)

2.1.6.3.4 Número de posiciones por día.

Este factor se puede determinar mediante la Ecuación 37.

$$n_{post} = \frac{t_{os}}{t_a}$$ *Ecuación 37*

Donde:

npost = Número de posiciones por día

tos = Tiempo de operación del sistema (h)

ta = tiempo de aplicación (h)

2.1.6.3.5 Superficie regada por día

Este factor se determina mediante la Ecuación 38.

$$s_d = S_{post} * n_{post}$$ *Ecuación 38*

Donde:

Sd = Superficie regada por día (m2)Spost = Superficie regada por postura (m2)

Npost = Número de posturas

2.2 Diseño Hidráulico

2.2.1 Definiciones Generales

Captación: Proceso a través el cual se capta el agua proveniente de una fuente natural, constituyendo la etapa inicial del sistema de abastecimiento de agua.

Líneas de conducción: Conjunto de tuberías, accesorios y válvulas que operan bajo presión y se disponen de acuerdo con la topografía del terreno**.** (Quishpe Llumiquinga y Zhuilema Moya, 2019)

Tubería Primaria: Tramo del sistema que se extiende desde la captación hasta los módulos que conforman el sistema de riego, encargado del transporte principal del caudal.

Tubería Secundaria: Tramo que se deriva de la tubería primaria y tiene como función transportar el caudal hacia un módulo específico del sistema.

Tubería Terciaria: Tramo final del sistema de conducción que conduce el agua hacia los laterales de riego.

Laterales de riego: Tubería colocadas a lo largo de las hileras de cultivos, equipadas con emisores de riego (Phocaides, 2007).

Emisor de Riego: Un emisor de agua para riego es un dispositivo de cualquier clase, tipo y tamaño que, instalado en una tubería, opera bajo presión para descargar agua en cualquier forma. (Phocaides, 2007)

2.2.2 Hidrostática

Çengel y Cimbala (2012) indican que la hidrostática es la rama de la mecánica de fluidos que estudia los fluidos en reposo y la distribución de presiones en su interior.

En un fluido en reposo, la presión estática es la fuerza normal ejercida por el fluido por unidad de área sobre las superficies en contacto con él. Según Pritchard (2011), en condiciones hidrostáticas la presión depende únicamente del peso específico del fluido y de la profundidad, aumentando linealmente con esta y manteniéndose constante en un mismo plano horizontal. Este principio es fundamental en el diseño de tuberías y recipientes a presión, ya que las cargas generadas por el fluido definen los esfuerzos que deben resistir los materiales; además, cuando el sistema está abierto, la presión en la superficie libre corresponde a la presión atmosférica.

2.2.3 Hidrodinámica

De acuerdo con Pritchard (2011), el análisis de los fluidos en movimiento se basa en la ecuación de Bernoulli, la cual representa la conservación de la energía mecánica por unidad de peso a lo largo de una línea de corriente. Esta relación indica que la suma de la energía de presión, la energía

potencial gravitacional y la energía cinética permanece constante en un flujo incompresible y sin pérdidas, y se expresa mediante:

$$\frac{P}{\gamma} + z + \frac{V^2}{2g} = constante$$ *Ecuación 39*

En esta expresión, el término z indica la cota geométrica, que representa la elevación del punto analizado respecto a un plano de referencia y equivale a la energía potencial por unidad de peso del fluido. El término $\frac{P}{\gamma}$ se denomina altura de presión y representa la energía asociada a la presión estática. La suma de ambos términos,

$$\frac{P}{\gamma} + z$$ *Ecuación 40*

Se conoce como cota piezométrica, aquella que representa la energía total asociada a la presión y a la posición del fluido por unidad de peso. Físicamente, corresponde a la altura que alcanzaría el fluido en un tubo vertical abierto a la atmósfera conectado al punto de análisis, y permite determinar la presión disponible en una sección determinada de la conducción.

Por su parte, el término

$$\frac{V^2}{2g}$$ *Ecuación 41*

corresponde a la altura de velocidad y está relacionado a la presión dinámica, ya que representa la energía cinética del fluido por unidad de peso. Cuando se toma en cuenta los efectos de fricción en tuberías, la línea piezométrica presenta una disminución progresiva en la dirección del flujo, cuya inclinación se define como gradiente hidráulico, parámetro que cuantifica la pérdida de carga por unidad de longitud y que resulta esencial en el diseño de sistemas de conducción hidráulica (Pritchard, 2011).

2.2.4 Parámetros de línea de conducción

Se recomienda que la conducción de tuberías siga el perfil del terreno porque permite un funcionamiento hidráulico más eficiente y seguro del sistema. Al adaptarse a la topografía natural, minimiza excavaciones excesivas, rellenos innecesarios y costos constructivos, optimizando los recursos de obra. Además, en sistemas a gravedad, seguir el perfil del terreno favorece el mantenimiento de la pendiente requerida para el flujo, evitando acumulación de aire en puntos altos o presiones excesivas en puntos bajos. Esto contribuye a la estabilidad estructural de la tubería, disminuye el riesgo de fallas y facilita las labores de operación y mantenimiento.

2.2.4.1 Caudal

El caudal es el volumen de agua que pasa por una sección determinada en una unidad de tiempo. En sistemas de riego, su estimación se basa en el diseño agronómico que contempla las necesidades hídricas del cultivo y la superficie de riego y en la disponibilidad del recurso hídrico en la fuente de captación, asegurando que la oferta de agua sea suficiente para cubrir la demanda calculada.

2.2.4.2 Pérdidas de Carga

2.2.4.2.1 Pérdidas de Carga singulares debido a estructuras

Las pérdidas de carga en sistemas de tuberías se clasifican en pérdidas distribuidas y pérdidas localizadas. Las pérdidas localizadas se producen en elementos singulares como válvulas, codos, tees, reducciones, ampliaciones o cualquier accesorio que produzca un cambio en la dirección o en la sección del flujo. Estas pérdidas se originan debido a la formación de turbulencias y a la redistribución de velocidades en dichos puntos, lo que provoca una disipación adicional de energía. Su cuantificación se efectúa generalmente mediante un coeficiente adimensional de pérdida K, asociado a la energía cinética del fluido (Çengel y Cimbala, 2014).

En conducciones de gran longitud, cuando la distancia entre puntos singulares es considerablemente mayor en comparación con el diámetro de la tubería, la contribución de las pérdidas localizadas puede considerarse pequeña frente a las pérdidas distribuidas por fricción. En términos prácticos de diseño, cuando la longitud del tramo recto es del orden de cientos o miles de

veces el diámetro, las pérdidas por fricción prevalecen en el balance energético del sistema, considerándose despreciables las pérdidas menores en análisis simplificados (Pritchard, 2011).

2.2.4.2.2 Pérdidas de Carga por fricción

Las pérdidas de carga por fricción son el parámetro fundamental para el diseño y dimensionamiento de tuberías y redes de distribución, que permite evaluar las pérdidas de energía generadas por la fricción entre el agua y las paredes internas de la tubería (Çengel y Cimbala, 2014).

Fórmula de Darcy-Weisbach

La ecuación de Darcy–Weisbach permite calcular la pérdida de carga generada por la fricción entre el fluido y las paredes internas de una tubería durante el flujo, en función de factores como la longitud y el diámetro de la conducción, la velocidad del fluido y la rugosidad del material (Rouse, 1978).

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2 * g}$$ *Ecuación 42*

Donde:

h_L = Pérdida por fricción (mca)

D = Diámetro de la tubería (m)

f = Factor de fricción (adimensional)

v = Velocidad promedio del flujo (m/s)

L = Longitud de la tubería (m)

g = Aceleración de la gravedad (m/s^2)

El factor de fricción utilizado en la Ecuación 43 está determinado del régimen de flujo y se expresa en función del número de Reynolds. Para valores de Re≤2000, correspondientes a un régimen de flujo laminar, el factor de fricción se calcula mediante la Ecuación 44:

$$f = \frac{64}{Re}$$ *Ecuación 43*

Por otra parte, cuando Re≥2000, asociado a un régimen de flujo turbulento, el factor de fricción se determina mediante la Ecuación 45, expresada como:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * log(\frac{2.51}{Re*\sqrt{f}} + \frac{k}{3.71*D})$$ *Ecuación 44*

Donde:

f = Factor de fricción (adimensional)

Re = Número de Reynolds (adimensional)

k = Coeficiente de rugosidad de la tubería (mm), cuyo valor se presenta en la tabla 2.3

D = Diámetro interior de la tubería (mm)

Número de Reynolds

El número de Reynolds es un parámetro adimensional que vincula los efectos del movimiento del fluido con su resistencia interna al flujo, y se utiliza para determinar el régimen de circulación, clasificándose como laminar o turbulento (White, 1998).

En el análisis de flujo interno en tuberías, un número de Reynolds bajo indica que el flujo es laminar, donde el fluido se desplaza en capas paralelas sin mezclado significativo. Por el contrario, un número de Reynolds alto señala la presencia de flujo turbulento, caracterizado por movimientos irregulares, variaciones de velocidad y mayor disipación de energía.

$$Re = \frac{4 * Q}{\pi * D * v}$$ *Ecuación 45*

Donde:

Re = Número de Reynolds (adimensional)

D = Diámetro interior (m)

Q = Caudal (m^3)

v = Viscosidad cinemática (m^2/s)

Fórmula de Hazen Williams

$$h_f = 10.7 * \frac{L * Q^{1.852}}{C^{1.85} * D^{4.87}}$$ *Ecuación 46*

Donde:

h_f = Pérdida de carga por fricción (m)

L = Longitud de la tubería (m)

D = Diámetro de la tubería (m)

Q = Caudal (m^3/s)

C = Coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

En la **Tabla 2-3** Coeficientes de rugosidad de la tubería nuevase presentan coeficientes de rugosidad de tubería nueva:

Tabla 2-3 *Coeficientes de rugosidad de la tubería nueva*

Material	Hazen-Williams **C** (adimensional)	Darcy-Weisbach **K** (Pies x 10−3)
Hierro fundido	130-140	0.85
Hormigón o revestimiento de hormigón	120-140	1.0-10
Hierro galvanizado	120	0.5
Plástico	140-150	0.005
Acero	140-150	0.15
Tubo de gres	110	

Nota: Tomado de Manual *del usuario de EPANET 2.2 (p. 20),* por Rossman, L. A., Woo, H., Tryby, M., Shang, F., Janke, R. y Haxton, T., 2020., Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA).

Ecuación de Bernoulli

La ecuación de Bernoulli establece la conservación de la energía en un fluido en movimiento, estableciendo que la suma de la energía de presión, la energía cinética y la energía potencial se mantiene constante a lo largo de una línea de corriente, en ausencia de pérdidas de energía significativas (White, 1998).

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2 * g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2 * g} + h_f$$ *Ecuación 47*

Donde:

Z = Cota del punto de elevación (m)

P = Presión (kg/m^2)

γ = Peso específico del fluido (kg/m^3)

g = Aceleración de la gravedad (m/s^2)

h_f = Pérdida de carga de un punto al otro (m)

2.2.5 Estructuras complementarias

Cámaras rompe-presiones

Las cámaras rompe-presión son estructuras hidráulicas utilizadas en sistemas de tuberías para reducir las presiones excesivas originadas por diferencias de elevación a lo largo de la conducción. Estas estructuras permiten disipar parte de la energía del flujo y dividir la tubería en tramos con presiones más seguras, previniendo daños en la conducción y en sus accesorios (Mays, 2011).

En su diseño se debe considerar la presión máxima admisible de la tubería, la diferencia de altura existente en el sistema y la ubicación adecuada de la estructura, de manera que se garantice la disipación del exceso de presión y el correcto funcionamiento hidráulico de la conducción.

2.2.6 Elementos especiales de una instalación

2.2.6.1 Tubería

Una tubería es un conducto cerrado utilizado para conducir fluidos, generalmente de sección circular, compuesto por tramos de tubería y accesorios que facilitan su conexión y funcionamiento dentro de un sistema hidráulico (White, 1998).

Entre las principales ventajas del uso de tuberías en sistemas de conducción de agua se destacan la reducción de pérdidas por infiltración o evaporación, la protección del flujo frente a contaminación externa y la posibilidad de conducir el agua directamente hacia los puntos de consumo o aplicación. En muchos sistemas de riego y abastecimiento de agua se utilizan tuberías de PVC debido a sus propiedades y a su amplia aplicación en proyectos hidráulicos, donde la selección del material depende de factores como la presión de trabajo, la durabilidad requerida y las condiciones del proyecto (Mays, 2011).

Las tuberías de PVC (policloruro de vinilo no plastificado o PVC-U) son ampliamente empleadas en sistemas de abastecimiento de agua, drenaje y alcantarillado debido a sus propiedades físicas y químicas, que incluyen resistencia a la corrosión, durabilidad y bajo peso, lo que favorece su transporte e instalación. Además, este tipo de tuberías presenta una superficie interna lisa que permite un flujo eficiente del agua y disminuye las pérdidas de carga en los sistemas hidráulicos.

Las características técnicas, requisitos y métodos de ensayo para estas tuberías se encuentran establecidas en normas internacionales como ISO 1452, la cual regula los sistemas de tuberías de PVC-U utilizados para el suministro de agua y transporte de fluidos bajo presión (ISO, 2009).

2.2.6.2 Accesorios

Los accesorios para tuberías son piezas empleadas para unir, desviar o cambiar el diámetro de las tuberías dentro de un sistema de conducción de fluidos. Estos elementos permiten ajustar la red a las necesidades del diseño hidráulico y garantizar su correcto funcionamiento. Entre los accesorios más comunes se incluyen codos, tees, reducciones y uniones, los cuales pueden fabricarse del mismo material que la tubería, como PVC (Azevedo Netto y Acosta Alvarez, 1976).

Los accesorios de unión para tuberías de PVC se utilizan para conectar dos o más tramos de tubería, permitiendo conformar redes de conducción de agua de manera segura y continua. Su instalación generalmente se efectúa mediante adhesivo o cemento solvente, el cual ablanda ligeramente las superficies del PVC para lograr una unión firme y hermética entre la tubería y el accesorio. Este tipo de conexión garantiza resistencia mecánica y evita fugas en los sistemas hidráulicos.

3. CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO PRESURIZADO

3.1.Diseño Agronómico:

3.1.1. Estudios preliminares

3.1.1.1.Delimitación del área de estudio

Dentro del alcance del presente estudio, se toma en cuenta la prefactibilidad de la presurización del sistema de riego para una superficie aproximada de **32 hectáreas**, correspondientes a terrenos destinados a actividades agrícolas y ganaderas. Estas áreas se ubican al pie de un cerro, tal como se muestra en las figuras correspondientes.

Figura 3-1 Vista del área de estudio



Nota: Elaboración propia (2026).

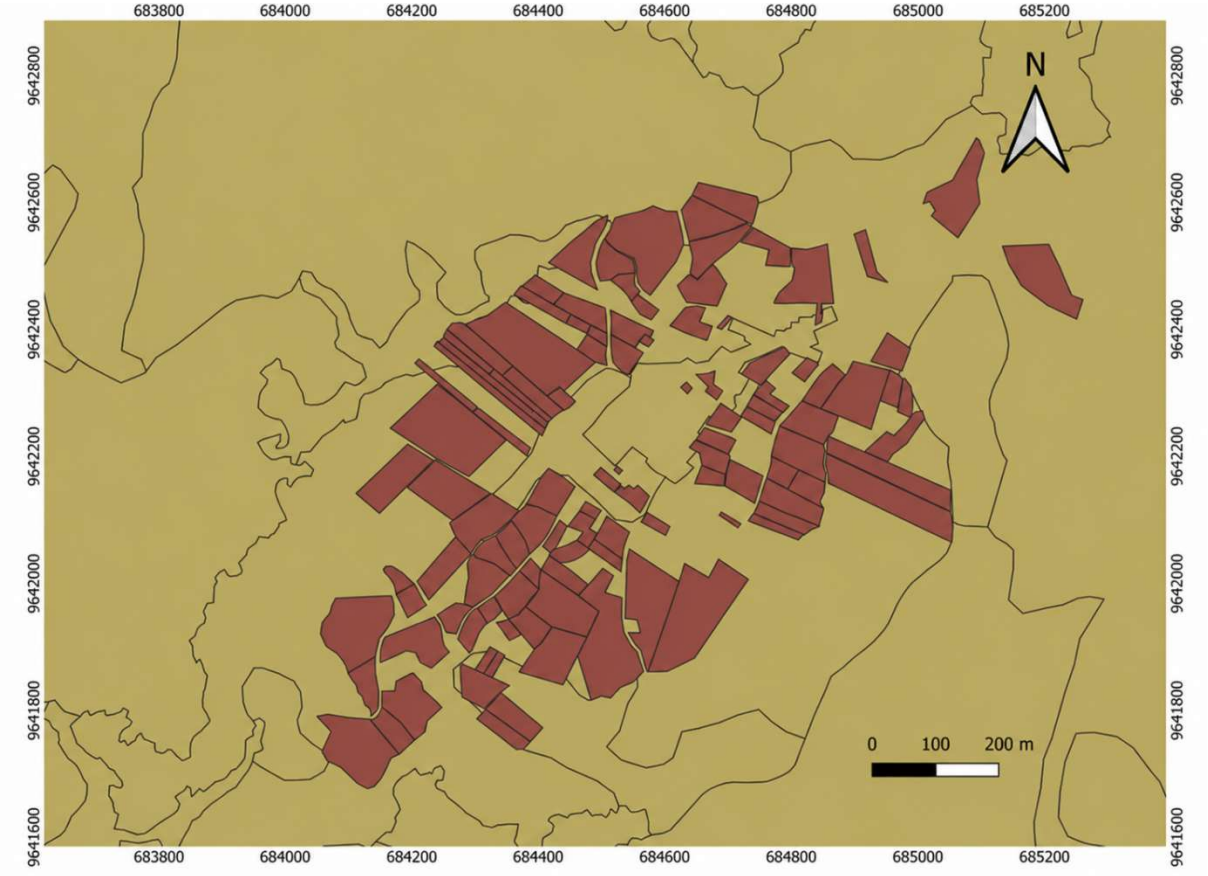
3.1.1.2.Análisis de suelos

Tabla 3-1 *Propiedades hidro físicas de los suelos en función de su textura*

Textura del suelo	Densidad aparente (g/cm³)	Capacidad de campo (% θg)	Punto de marchitez permanente (% θg)	Infiltración básica (mm/h)
Arenoso	1.65	9	4	50
Franco-arenoso	1.50	14	6	25
Franco	1.40	22	10	13
Franco-arcilloso	1.35	27	13	8
Arcilloso	1.25	35	17	5

Nota: Tomado de *Estudio de prefactibilidad para la tecnificación del sistema de riego para el sector Raricucho (p. 5*4), por Astudillo Moreira, P. J. y Torres Sarmiento, J. D., 2024, Universidad del Azuay.).

Figura 3-2 *Mapa geo pedológico suelo Franco Arcilloso presente en la zona*



Nota: Elaboración propia (2026).

3.1.2. Características climáticas

Los datos de temperatura y precipitación fueron obtenidos y analizados por la Prefectura del Azuay, a través de su área técnica de riego. La información usada fue obtenida de la base de datos CLIMWAT, la cual proporciona registros climáticos confiables utilizados comúnmente en estudios de planificación y diseño de sistemas de riego. Los datos se han procesado en el Software CROWPAT

3.1.2.1.Precipitación.

La pluviosidad media anual, a partir de los datos disponibles para el área de estudio, es de 470.0 mm/año. Los valores más altos de precipitación se presentan en los meses de marzo y abril, con 106.0 mm y 79.0 mm respectivamente, mientras que los valores más bajos se presentan en los

meses de julio y agosto, con 5.0 mm y 9.0 mm respectivamente. Como se observa en la Tabla 3.2, la distribución de la precipitación a lo largo del año es variable, con una marcada disminución en la época seca.

Tabla 3-2 *Precipitación promedio mensual*

Mes	Precipitación (mm)
Enero	56.0
Febrero	67.0
Marzo	106.0
Abril	79.0
Mayo	43.0
Junio	18.0
Julio	5.0
Agosto	9.0
Septiembre	17.0
Octubre	15.0
Noviembre	17.0
Diciembre	38.0
Total	470.0

Nota: Datos proporcionados por la Dirección de Riego de la Prefectura del Azuay mediante comunicación personal (2026).

3.1.2.1.1. Precipitación efectiva

Tabla 3-3 *Prefectura del Azuay-dirección de riego*

Mes	Precipitación efectiva (mm)
Enero	23.6
Febrero	30.2
Marzo	60.8
Abril	39.2
Mayo	15.8
Junio	0.8
Julio	0.0
Agosto	0.0
Septiembre	0.2

Octubre	0.0
Noviembre	0.2
Diciembre	12.8
Total	183.6

Nota: Datos proporcionados por la Dirección de Riego de la Prefectura del Azuay mediante comunicación personal (2026).

La precipitación efectiva se calculó mediante la Ecuación 5 y Ecuación 6.

3.1.2.2.Temperatura

La temperatura media mensual, derivada de los datos de la estación meteorológica Santa Isabel, presenta una variación a lo largo del año entre aproximadamente 19.5 °C y 21.3 °C, como se muestra en la tabla correspondiente. Estos valores evidencian un comportamiento térmico relativamente estable en la zona de estudio, característico de climas templados, lo cual resulta favorable para el desarrollo de actividades agrícolas.

Tabla 3-4 *Temperatura promedio mensual*

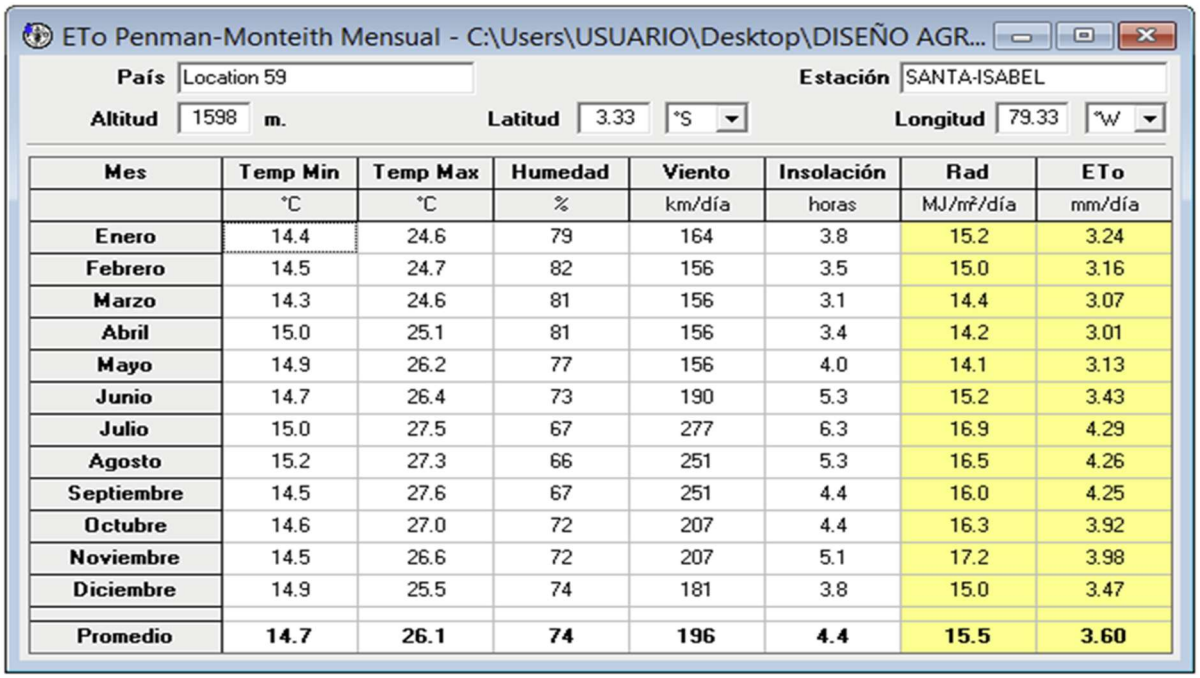
Mes	Temp Media (°C)
Enero	19.5
Febrero	19.6
Marzo	19.45
Abril	20.05
Mayo	20.55
Junio	20.55
Julio	21.25
Agosto	21.25
Septiembre	21.05
Octubre	20.8
Noviembre	20.55
Diciembre	20.2

Nota: Datos proporcionados por la Dirección de Riego de la Prefectura del Azuay mediante comunicación personal (2026).

3.1.3. Evapotranspiración potencial

La evapotranspiración de referencia se estimó mediante el método Penman-Monteith mensual propuesto por la FAO, empleando los datos climáticos obtenidos de la estación meteorológica cercana. Esta información fue ingresada en el software CROPWAT, como se observa en la **Figura 3-3** Datos programa Crowpat, el cual dispone de herramientas específicas para el cálculo de la evapotranspiración y la determinación de los requerimientos hídricos de los cultivos.

Figura 3-3 *Datos programa Crowpat*



Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/día	horas	MJ/m²/día	mm/día
Enero	14.4	24.6	79	164	3.8	15.2	3.24
Febrero	14.5	24.7	82	156	3.5	15.0	3.16
Marzo	14.3	24.6	81	156	3.1	14.4	3.07
Abril	15.0	25.1	81	156	3.4	14.2	3.01
Mayo	14.9	26.2	77	156	4.0	14.1	3.13
Junio	14.7	26.4	73	190	5.3	15.2	3.43
Julio	15.0	27.5	67	277	6.3	16.9	4.29
Agosto	15.2	27.3	66	251	5.3	16.5	4.26
Septiembre	14.5	27.6	67	251	4.4	16.0	4.25
Octubre	14.6	27.0	72	207	4.4	16.3	3.92
Noviembre	14.5	26.6	72	207	5.1	17.2	3.98
Diciembre	14.9	25.5	74	181	3.8	15.0	3.47
Promedio	**14.7**	**26.1**	**74**	**196**	**4.4**	**15.5**	**3.60**

Nota: Imagen proporcionada por la Prefectura del Azuay–Dirección de Riego (comunicación personal, 2026).

3.1.4 Características del cultivo

3.1.4.1 Cultivos predominantes

En la tabla 3.5 se presentan los principales cultivos de Cañaribamba, esta información se obtuvo de las visitas al lugar.

Tabla 3-5 Cultivos de predominantes Cañaribamba

Cultivo predominante	Porcentaje
Pasto	90%

Maíz	7%
Hortalizas	3%
Total	**100%**

Nota: Elaboración propia (2026).

3.1.5 Evapotranspiración de cultivo

3.1.5.1 Coeficiente de cultivo (Kc)

El coeficiente de cultivo (Kc) se utiliza para diferenciar la evapotranspiración específica de un cultivo respecto a la evapotranspiración de referencia correspondiente a un pasto estándar. Este coeficiente no solo presenta variaciones entre distintos cultivos, sino también dentro de un mismo cultivo, en función de su etapa de desarrollo y de la cantidad de agua que extrae del suelo. Generalmente, se identifican cuatro fases fenológicas o etapas de crecimiento. (Carrazón, 2007). En el presente estudio, el Kc fue determinado para cada una de estas etapas, como se presenta en la **Tabla 3-6** Coeficientes de cultivo. Para su obtención, se siguieron los lineamientos establecidos en el manual práctico de riego de la FAO, específicamente en la sección de determinación de la evapotranspiración del cultivo, considerando los datos requeridos, tablas de referencia y estudios complementarios. De esta manera, se obtuvo un coeficiente representativo acorde a las condiciones del área de estudio.

Tabla 3-6 *Coeficientes de cultivo*

Coef KC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic	Uso
Pasto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	90%
Maíz	1.15	1.15	0.7	0.4	0.8	0.8	1.15	1.15	0.7	0.4	0.8	0.8	7%
Hortalizas	1.05	0.9	0.45	0.75	1.05	0.9	0.45	0.75	1.05	0.9	0.45	0.75	3%
KC prom	1.012	1.008	0.965	0.9505	0.988	0.983	0.994	1.003	0.981	0.955	0.970	0.979	100%

Germinación	
Desarrollo Vegetativo	
Desarrollo del fruto	
Cosecha	

Nota: Elaboración propia (2026).

3.1.6 Necesidades netas de riego

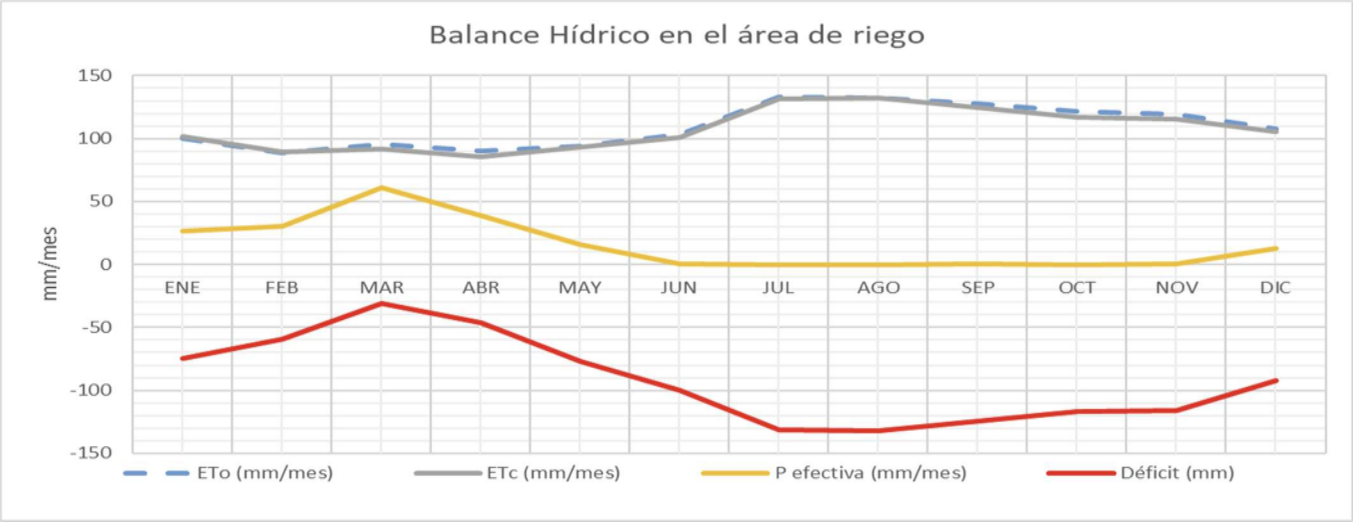
Para calcular la demanda hídrica del cultivo, el período vegetativo se dividió en meses, facilitando el cálculo del coeficiente de cultivo. Con estos datos se determinaron los valores de evapotranspiración, presentados en las **Tabla 3-8** Balance hídrico con riego y **Tabla 3-7** Balance hídrico sin riego, así como en las figuras 3.4 y 3.5 correspondientes al balance hídrico.

Tabla 3-7 *Balance hídrico sin riego*

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Año
ETo (mm/mes)	100.44	88.48	95.17	90.3	93.93	102.9	132.99	132.06	127.5	121.52	119.4	107.57	1312.26
Kc prom	1.01	1.01	0.96	0.95	0.99	0.98	0.99	1	0.98	0.96	0.97	0.98	0.98166667
ETc (mm/mes)	101.4444	89.3648	91.3632	85.785	92.9907	100.842	131.6601	132.06	124.95	116.6592	115.818	105.4186	1288.356
P efectiva (mm/mes)	26.6	30.2	60.8	39.2	15.8	0.8	0	0	0.2	0	0.2	12.8	186.6
Déficit (mm)	**-74.8444**	**-59.1648**	**-30.5632**	**-46.585**	**-77.1907**	**-100.042**	**-131.6601**	**-132.06**	**-124.75**	**-116.6592**	**-115.618**	**-92.6186**	**-1101.756**

Nota: Elaboración propia (2026).

Figura 3-4 *Balance hídrico sin riego*



Nota: Elaboración propia (2026).

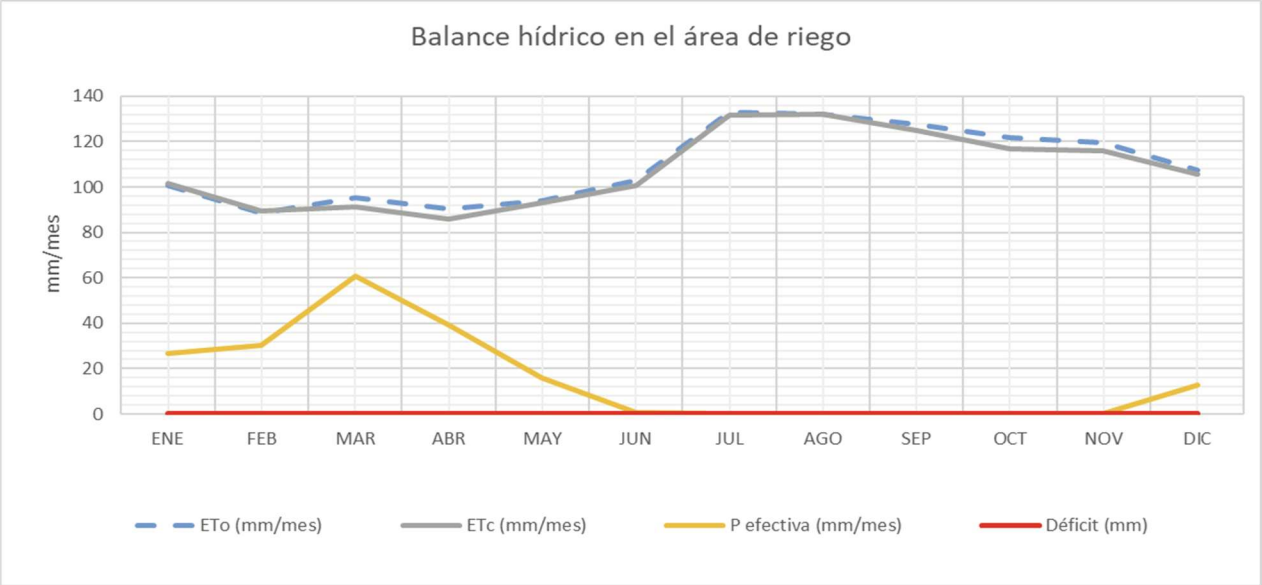
Tabla 3-8 *Balance hídrico con riego*

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Año
ETo (mm/mes)	100.44	88.48	95.17	90.3	93.93	102.9	132.99	132.06	127.5	121.52	119.4	107.57	1312.26
Kc prom	1.01	1.01	0.96	0.95	0.99	0.98	0.99	1	0.98	0.96	0.97	0.98	0.98166667
ETc (mm/mes)	101.4444	89.3648	91.3632	85.785	92.9907	100.842	131.6601	132.06	124.95	116.6592	115.818	105.4186	1288.356
P efectiva (mm/mes)	26.6	30.2	60.8	39.2	15.8	0.8	0	0	0.2	0	0.2	12.8	186.6
Riego mm/mes	**132.99**	**132.99**	**132.99**	**132.99**	**132.99**	**132.99**	**132.99**	**132.99**	**132.99**	**132.99**	**132.99**	**132.99**	**1595.88**
Déficit (mm)	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**

Nota: Elaboración propia (2026).

Nota: La lámina de riego mensual fue determinada a partir de la ETo diaria del mes de julio, pertenece al valor máximo anual, convertida a mm/mes. Este criterio representa la condición más desfavorable, por lo que al diseñar el riego con este valor se garantiza la cobertura de la demanda hídrica del cultivo durante todo el año, evitando la presencia de déficit.

Figura 3-5 *Balance hídrico con riego*



Nota: Elaboración propia (2026).

3.1.7 Parámetros de riego

La **Tabla 3-9** Parámetros de riego.presenta los resultados de los parámetros de riego correspondientes al sistema de riego presurizado por aspersión propuesto para el sector de Cañaribamba. Se estableció un intervalo de riego de 15 días, considerando el turno de riego actualmente aplicado en la zona. Con base en este intervalo, se determinó una dosis bruta de riego de 40,32 mm.

- Agua utilizable.

$$AU = 10 * (CC - PMP) * da * Pr$$

Ecuación 48

$$AU = 10 * (27 - 13) * 1.35 * 0.83$$

$$AU = 157.5\ mm$$

Donde:

CC: Capacidad de campo (%θg)

PMP: Punto de marchitez permanente (%θg)

da: Densidad aparente (g/$cm3$)

Pr: Profundidad de raíces.

- Dosis neta de riego (Dn)

$$Dn = DPM * \frac{AU}{100}$$ *Ecuación 49*

$$Dn = 50 * \frac{157.5}{100}$$

Dn =78.75 mm

Donde:

DPM: Déficit permisible de manejo (%)

AU: Agua utilizable mm.

- Máximo intervalo entre riegos (IM)

$$IM = Dn/Nn$$ *Ecuación 50*

$$IM = \frac{78.75}{1.5}$$

$$IM = 52.5\ días$$

Donde:

Dn: Dosis neta de riego (mm)

Nn: Necesidades netas de riego (mm/dia)

- Dosis bruta de riego (Db)

$$Db = 100 * \frac{Dnaj}{Ea} \qquad \textit{Ecuación 51}$$

$$Db = 100 * \frac{22.5}{75}$$

$$Db = 30\ mm$$

Donde:

$Dnaj$: Dosis neta ajustada (mm)

Ea: Eficiencia de aplicación (%) – 75 % corresponde a aspersión.

- Tiempo de aplicación (ta)

$$tamin(h) = \frac{100 * Db}{Ib * fp} \qquad \textit{Ecuación 52}$$

$$tamin(h) = \frac{100 * 30}{9 * 60}$$

$$tamin(h) = 5.56\ h$$

Donde:

Db: Dosis bruta de riego (mm)

Ib: Tasa de infiltración básica del suelo (mm/h)

fp: Factor de reducción por pendiente (%)

- Necesidad bruta (Nb)

$$Nb = 100 * \frac{Nn}{Ea} \qquad \textit{Ecuación 53}$$

$$Nb = 100 * \frac{1.5}{75}$$

$$Nb = 2\ mm$$

Donde:

Nn: Necesidades netas de riego (mm/días)

Ea: Eficiencia de aplicación (%) – 75 % corresponde a aspersión.

Tabla 3-9 *Parámetros de riego.*

Descripción	Expresado como:	Unidades	Valor
Agua utilizable	AU	mm	157.5
Dosis neta de riego	Dn	mm	78.75
Déficit permisible de manejo	DPM	%	50
Máximo intervalo entre riegos	IM	días	52.5
Intervalo de riego	IM	días	15
Dosis neta ajustada	Dnaj	mm	22.5
Dosis bruta de riego	Db	mm	30
Eficiencia de aplicación	Ea	%	75
Tiempo de aplicación	ta	h	5.56
Factor de reducción por pendiente	fp	%	60
Necesidad bruta	Nb	mm	2

Nota: Elaboración propia (2026).

3.1.8 Caudal necesario

El caudal mínimo necesario para el funcionamiento del sistema de riego se estimó en 8.47 l/s. Al contrastar este valor con la dotación disponible en la comunidad de Cañaribamba, que es de 10 l/s, se evidencia que el sistema propuesto es técnicamente viable, ya que el caudal disponible supera el requerimiento mínimo.

El caudal mínimo se determinó mediante la ecuación 54

$$Qm = Nb * \frac{S}{3600 * tos}$$ *Ecuación 54*

$$Qm = 2 * \frac{32000}{3600 * 21}$$

$Qm = 8.47\ l/s < 10\ l/s$. Si cumple

3.2 Diseño Hidráulico

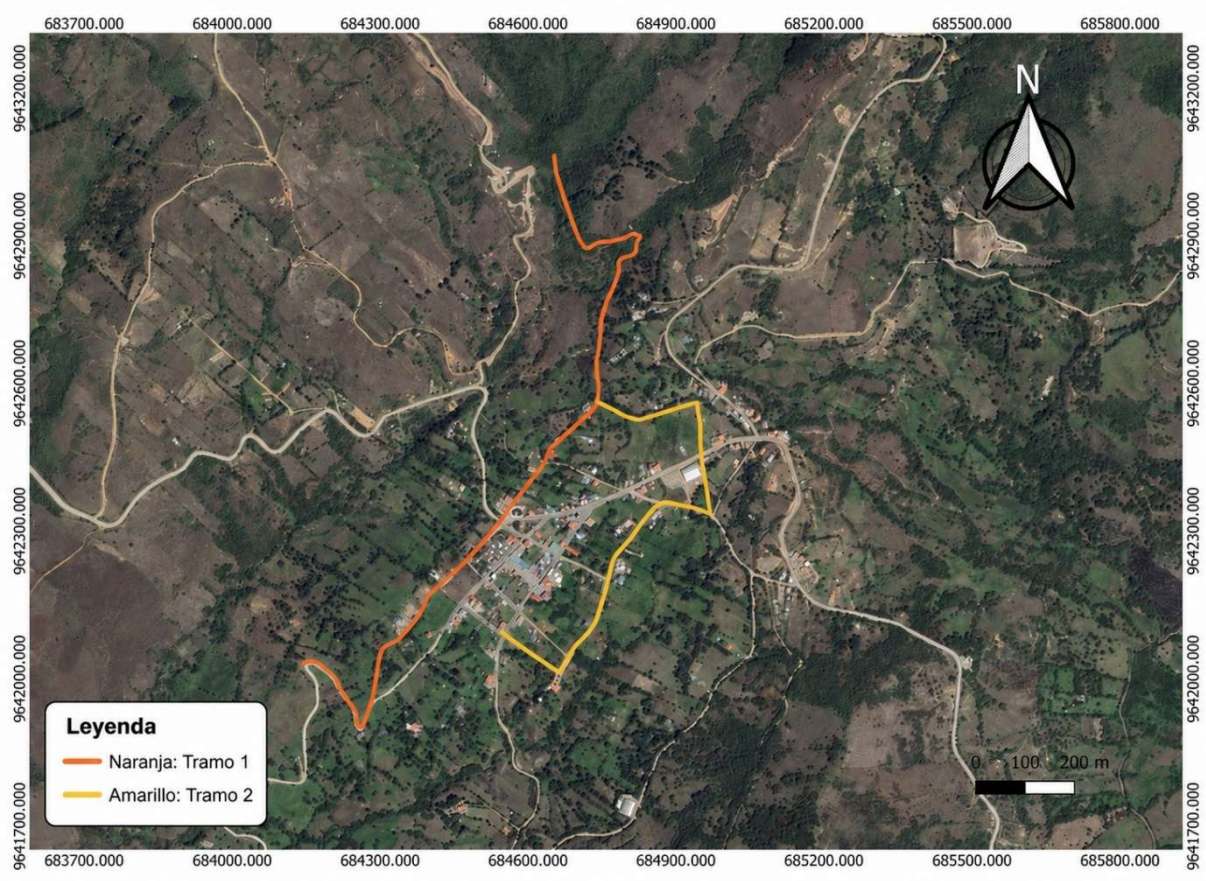
3.2.1 Diseño hidráulico de la red de distribución:

Para el diseño hidráulico de la red de distribución, el proceso comienza con la delimitación del área de riego y la definición del trazado de las tuberías. Para ello, se efectuó un levantamiento en campo mediante la aplicación SW Maps, con el fin de establecer los recorridos de las conducciones.

Es fundamental considerar la topografía del terreno, especialmente las curvas de nivel, ya que estas permiten definir los tramos y las cotas del sistema. Para este propósito, se utilizó el software QGIS, el cual facilitó la obtención de curvas de nivel a partir de un modelo digital de elevación.

Asimismo, mediante esta herramienta se generaron los perfiles longitudinales de cada tramo de tubería y del proyecto en general, así como el cálculo de las áreas de las parcelas y las superficies efectivas de riego. Además, se obtuvieron datos de abscisas y cotas, los cuales son esenciales para el desarrollo del diseño hidráulico y para garantizar un adecuado servicio a los usuarios.

Figura 3-6 *Trazado oficial*



Nota: Elaboración propia (2026).

El sistema de conducción se divide en dos tramos identificados en la **Figura 3-6** Trazado oficial: el Tramo 1 (naranja) corresponde a la línea de conducción principal, y el Tramo 2 (amarillo) a la red de distribución, cuyos perfiles piezométricos se presentan en la **Figura 3-13** Línea piezométrica y perfil del tramo 1y **Figura 3-14** Línea piezométrica y perfil del tramo 2 respectivamente.

Adicionalmente, se utilizó la herramienta Terrain Profile dentro de Qgis con el fin de obtener el perfil de elevación del terreno, así como una representación tridimensional del mismo a escala, lo que permitió una mejor visualización de las condiciones topográficas del área de estudio.

Por otra parte, se utilizó Microsoft Excel como herramienta de cálculo para la elaboración de gráficos, entre los cuales se consideran la línea piezométrica en relación con el perfil del terreno, así como el gráfico de presiones de trabajo, fundamentales para el análisis del comportamiento hidráulico del sistema.

3.2.1.1 Consideraciones generales

3.2.1.2 Resultados de la distribución

Usando el programa EPANET, se realizó la simulación del sistema de riego, efectuándose una primera simulación del sistema sin tanques rompe presión y una segunda simulación incorporando dichos tanques, para analizar y comparar el comportamiento hidráulico en ambas condiciones. Como resultado, se obtuvieron los parámetros correspondientes de los nodos y de las líneas para su análisis y evaluación. Los resultados se mostrarán en las tablas 3-10, 3-11, 3-12 y 3-14. De igual manera, la simulación se presentará gráficamente en las figuras 3-7, 3-8, 3-9, 3-10, 3-11 y 3-12.

Tabla 3-10 *Estados de los nudos de la red sin tanque rompe presiones.*

Estado de los Nudos de la Red				
	Demanda	**Altura**	**Presión**	
ID Nudo	LPS	m	m	MPA
Nudo N1	0	2226.25	27.94	0.27409
Nudo N2	0	2220.75	32.69	0.32069
Nudo N1.2	0	2207.00	46.71	0.45823
Nudo N2.3	0	2204.72	48.42	0.47500
Nudo N2.4	2.5	2194.61	58.32	0.57212
Nudo N2.1	0	2177.46	75.27	0.73840
Nudo N2.2	2.5	2175.00	77.65	0.76175
Nudo N1.3	0	2149.00	102.26	1.00317
Nudo N1.4	2.5	2140.00	111.21	1.09097
Nudo N1.5	2.5	2130.00	121.07	1.18770

Nota: Elaboración propia (2026).

Tabla 3-11 *Estado de los nudos de la red con tanques rompe presiones.*

Nota:	NV pertenece a los nodos de las válvulas			
Estado de los Nudos de la Red				
	Demanda	**Altura**	**Presión**	
ID Nudo	LPS	m	m	MPA
Nudo N1	0	2254.19	27.94	0.273812
Nudo N2	0	2253.44	32.69	0.320362
Nudo N1.2	0	2216.91	9.91	0.097118

Nudo N2.3	0	2253.14	48.42	0.474516
Nudo N2.4	2.5	2252.93	58.32	0.571536
Nudo N2.1	0	2209.07	31.61	0.309778
Nudo N2.2	2.5	2208.99	33.99	0.333102
Nudo N1.3	0	2171.39	22.39	0.219422
Nudo N1.4	2.5	2171.34	31.34	0.307132
Nudo N1.5	2.5	2171.2	41.2	0.40376
Nudo NV3	0	2212.41	40.6	0.39788
Nudo NV4	0	2171.81	0	0
Nudo NV1	0	2253.97	36.8	0.36064
Nudo NV2	0	2217.17	0	0
Nudo NV5	0	2253.36	43.65	0.42777
Nudo NV6	0	2209.7	0	0

Nota: Elaboración propia (2026).

Nota: Las presiones obtenidas en la simulación EPANET se encuentran dentro de los rangos admisibles del sistema. La presión máxima registrada corresponde al Nudo N2.4 con 0.572 MPa (58.32 m.c.a.), valor inferior a la presión nominal máxima de las tuberías PVC-U Clase 9 (0.9 MPa,), garantizando la integridad de la red. Adicionalmente, según Carrazón (2007), los aspersores operan entre 25 y 70 m.c.a., rango dentro del cual se encuentran todas las presiones del sistema, confirmando su correcto funcionamiento hidráulico

Tabla 3-12 *Estado de las líneas de la red sin tanque rompe presiones*

Estado de las Líneas de la Red					
	Longitud	**Diámetro**	**Rugosidad**	**Velocidad**	**Pérdida Unit.**
ID Línea	m	mm		m/s	m/km
Tubería T1	684	133.2	140	0.72	4.11
Tubería T2	216	106	140	0.57	3.46
Tubería T4	227	106	140	0.28	0.96
Tubería T6	84	106	140	0.28	0.96
Tubería T9	48	106	140	0.28	0.96

Tubería T10	191	106	140	0.28	0.96
Tubería T11	308	106	140	0.28	0.96
Tubería T3	138	106	140	0.57	3.46
Tubería T5	707.74	106	140	0.57	3.46
Tubería T7	740	106	140	0.28	0.96

Nota: Elaboración propia (2026)

Tabla 3-13 *Estado de las líneas de la red con tanques rompe presiones*

Estado de las Líneas de la Red					
	Longitud	**Diámetro**	**Rugosidad**	**Velocidad**	**Pérdida Unit.**
ID Línea	m	mm	--	m/s	m/km
Tubería T1	684	133.2	140	0.72	4.11
Tubería T2	216	106	140	0.57	3.46
Tubería T4	227	106	140	0.28	0.96
Tubería T6	84	106	140	0.28	0.96
Tubería T9	48	106	140	0.28	0.96
Tubería T10	191	106	140	0.28	0.96
Tubería T11	308	106	140	0.28	0.96
Tubería T13	585.24	106	140	0.57	3.46
Tubería T14	122.5	106	140	0.57	3.46
Tubería T15	63.5	106	140	0.57	3.46
Tubería T16	74.5	106	140	0.57	3.46
Tubería T17	84	106	140	0.28	0.96

Tubería T18	656	106	140	0.28	0.96
Válvula 3	Sin Valor	106	Sin Valor	0.57	43.07
Válvula 4	Sin Valor	106	Sin Valor	0.57	36.8
Válvula 5	Sin Valor	106	Sin Valor	0.28	43.65

Nota: Elaboración propia (2026).

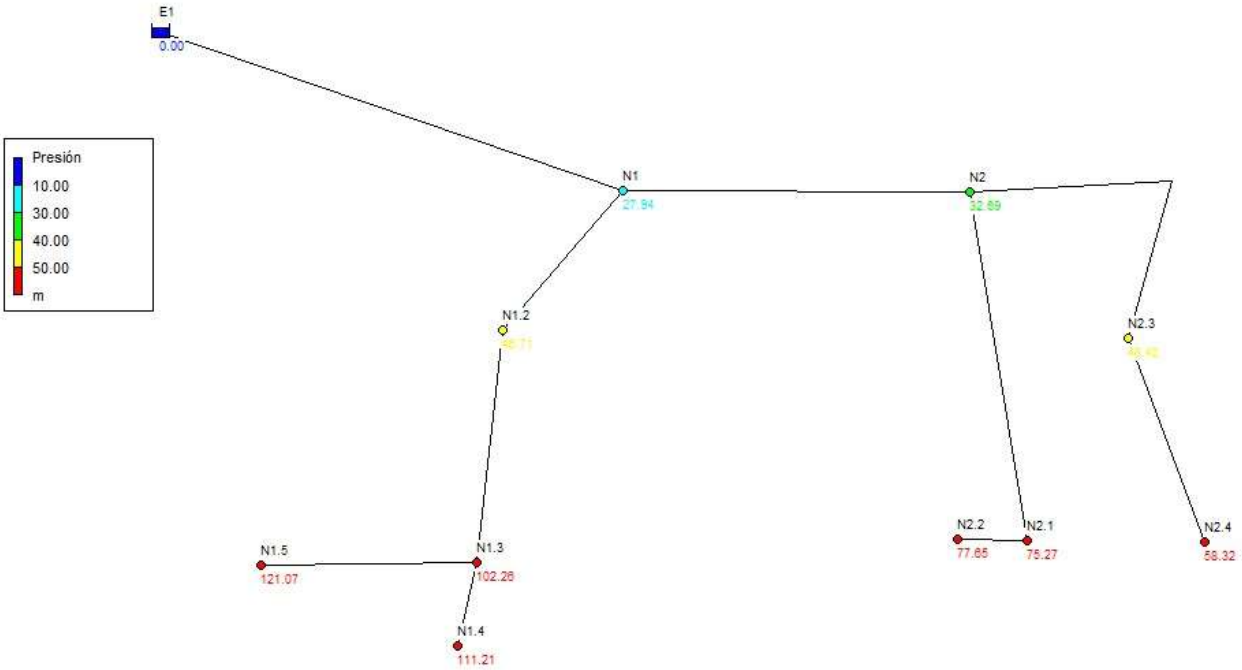
Tabla 3-14 *Presión antes y después de los tanques rompe presiones*

Tanque Rompe Presiones	Cota	Presión aguas arriba SIN TRP (m)	Presión aguas arriba SIN TRP (MPa)	Presión aguas arriba CON TRP (m)	Presión aguas arriba CON TRP (MPa)
TRP 1 (C1)	0+786	36.02	0.360	0.43	0.004
TRP 2 (C1)	1+402	69.94	0.699	0.45	0.005

Nota: Elaboración propia (2026)

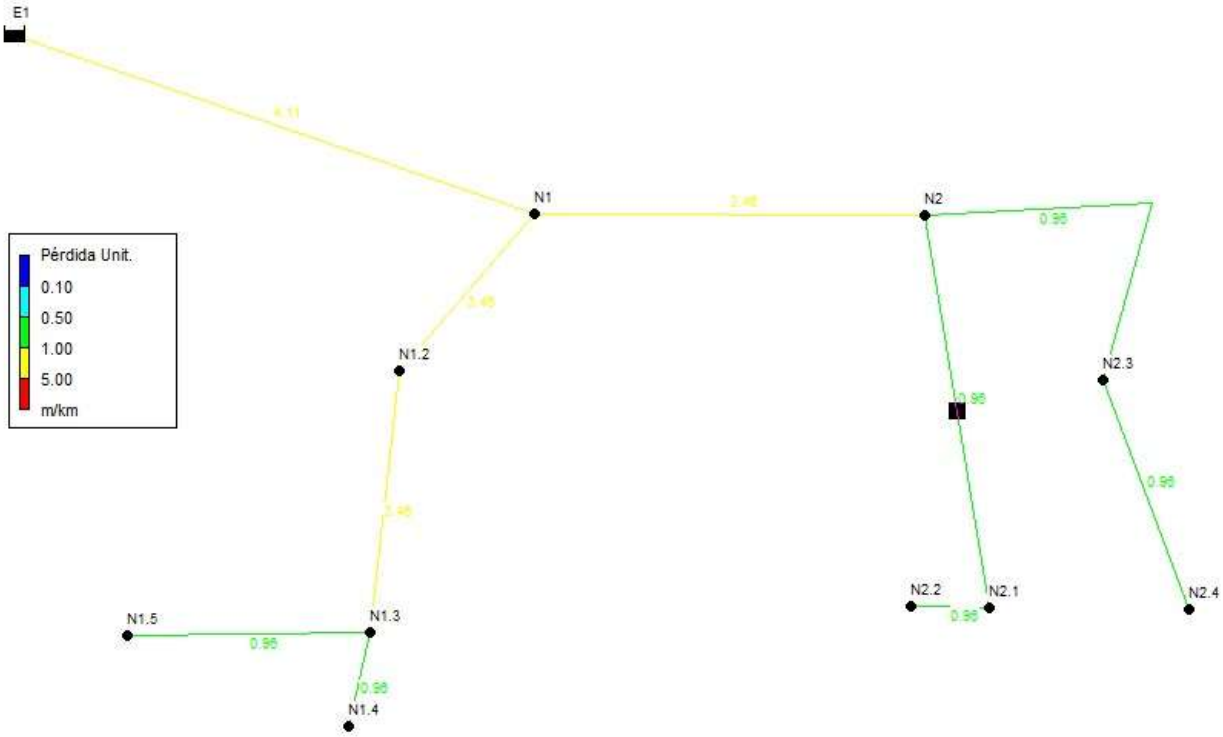
Nota: La **Tabla 3-14** Presión antes y después de los tanques rompe presionespresenta las presiones hidráulicas registradas aguas arriba de cada tanque rompe presiones, comparando los escenarios con y sin su instalación. Se evidencia que sin los TRP la presión en el TRP 2 alcanza 69.94 m (0.699 MPa), valor que compromete la integridad de la tubería, justificando su implementación para reducir la presión a valores seguros de operación

Figura 3-7 *Presiones red de distribución sin tanques rompe presiones*



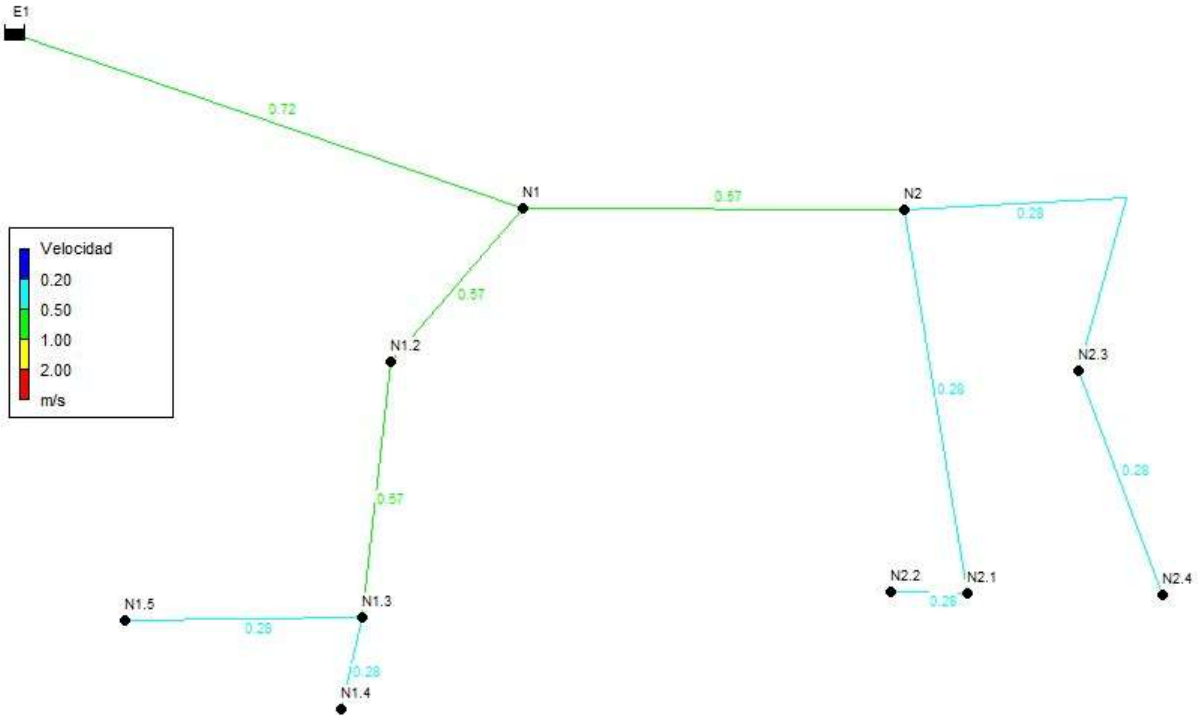
Nota: Elaboración propia (2026).

Figura 3-8 *Pérdidas unitarias red de distribución sin tanques rompe presiones.*



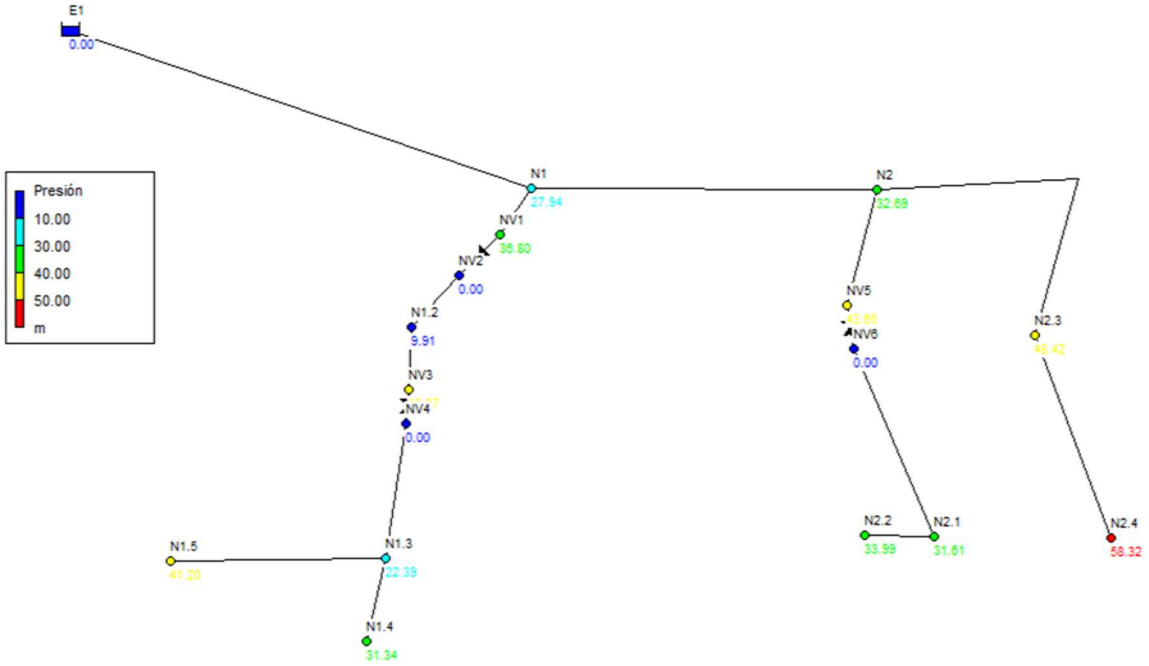
Nota: Elaboración propia (2026).

Figura 3-9 *Velocidades red de distribución sin tanques rompe presiones*



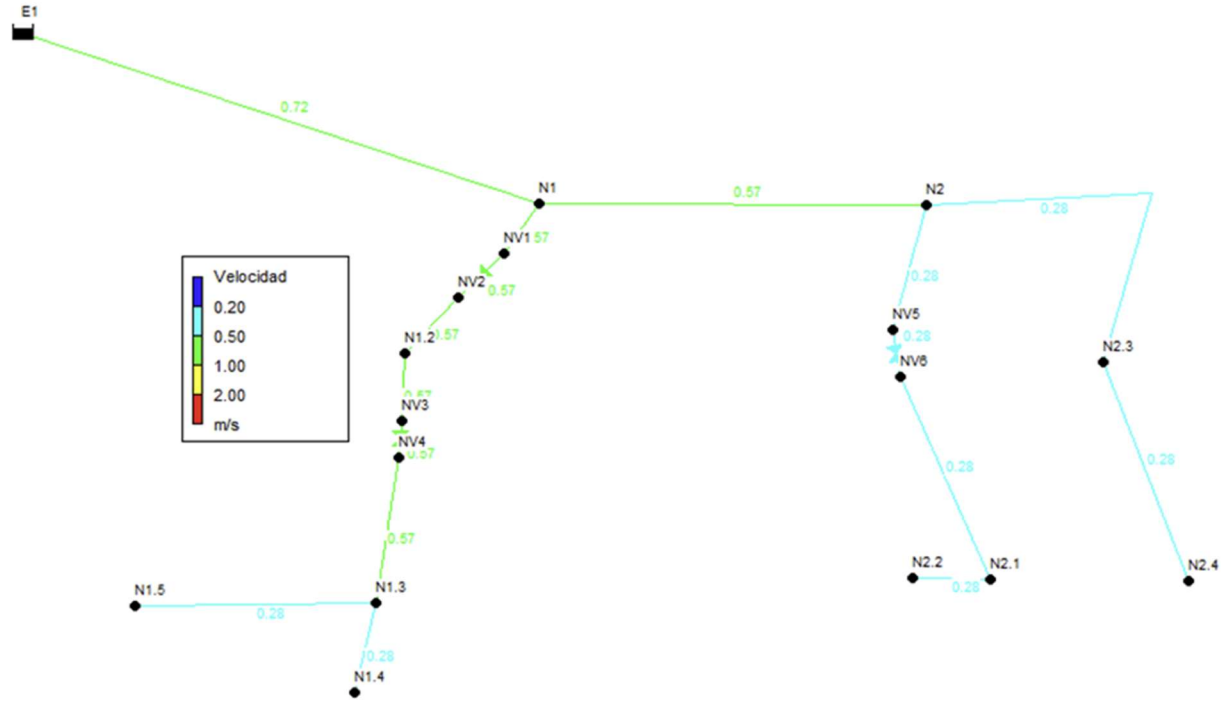
Nota: Elaboración propia (2026).

Figura 3-10 *Presiones red de distribución con tanques rompe presiones.*



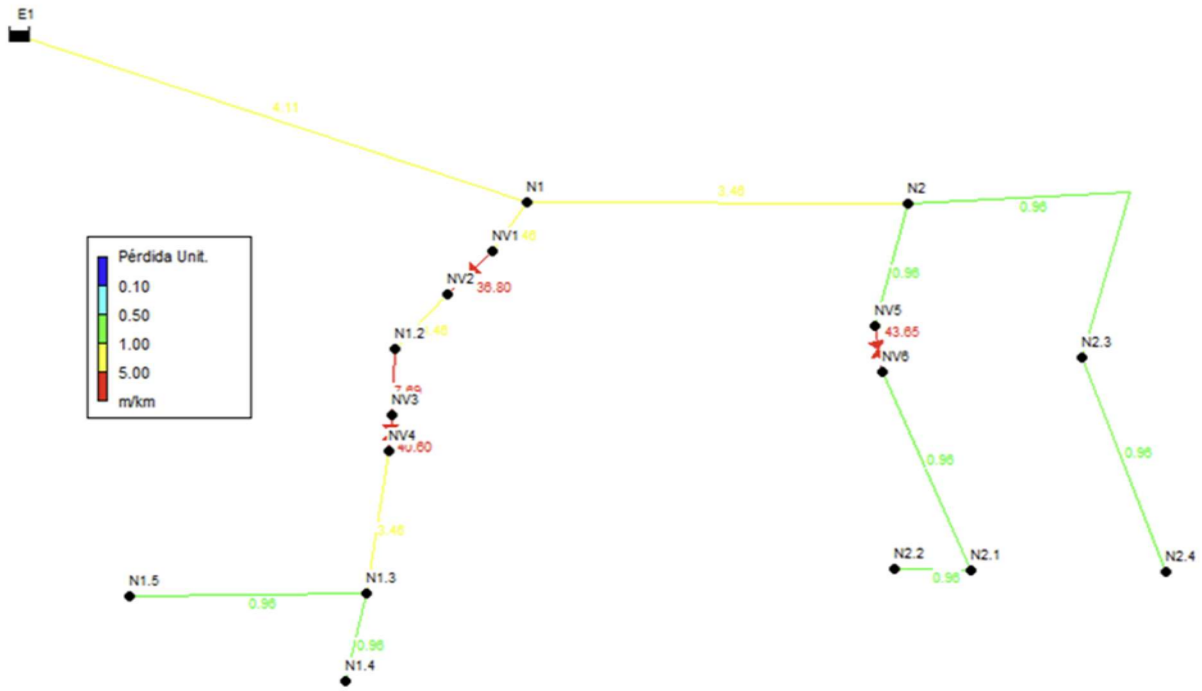
Nota: Elaboración propia (2026).

Figura 3-11 *Velocidades red de distribución con tanques rompe presiones.*



Nota: Elaboración propia (2026).

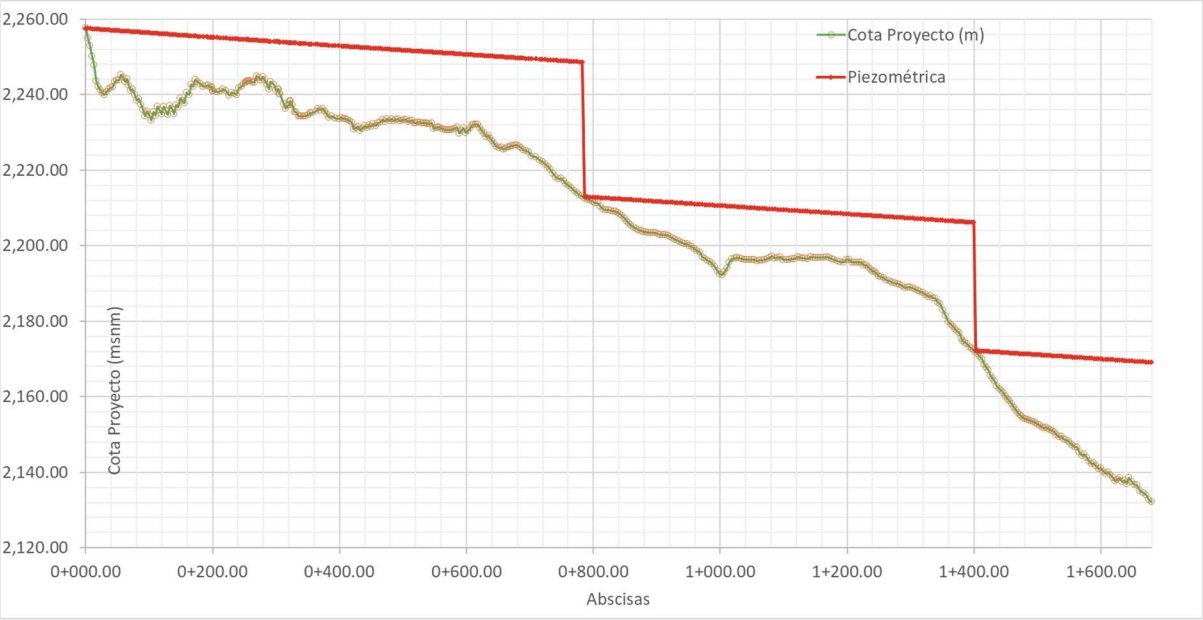
Figura 3-12 *Pérdidas unitarias red de distribución con tanques rompe presiones.*



Nota: Elaboración propia (2026).

Se ha analizado en dos tramos, y se ha obtenido la información para cada tramo, se mostrará en la cual se muestra en **Figura 3-13** Línea piezométrica y perfil del tramo 1 y **Figura 3-14** Línea piezométrica y perfil del tramo 2.

Figura 3-13 *Línea piezométrica y perfil del tramo 1*



Nota: Elaboración propia (2026).

En el tramo 1 se requiere construir dos tanques rompe presiones, ubicados en las abscisas 0+786.36 y 1+402.47, debido a que la línea piezométrica en este tramo se separa considerablemente del perfil del terreno. En las abscisas finales, la tubería no soportaría las altas presiones generadas, por lo que se requiere la implementación de estos tanques para disipar la energía. Por este motivo, en la **Figura 3-13** Línea piezométrica y perfil del tramo 1se evidencia que la línea piezométrica desciende abruptamente hasta igualar el perfil del terreno, donde la presión retorna a ser cero, similar a lo que ocurre al inicio del tramo. La configuración del tramo se muestra en el Resumen configuración de tramo 1

Figura 3-14 *Línea piezométrica y perfil del tramo 2*



Nota: Elaboración propia (2026).

En el tramo analizado no es necesario la construcción de tanques rompe presiones, debido a que la línea piezométrica se mantiene controlada a lo largo de toda la conducción. Como se puede ver en la gráfica, la línea piezométrica permanece constantemente por encima del perfil del terreno, garantizando presiones adecuadas sin generar sobrecargas que comprometan la integridad de la tubería. Esta condición permite que el sistema opere de manera segura y eficiente sin necesidad de disipar energía mediante estructuras adicionales, evidenciando un comportamiento hidráulico estable en todo momento. La configuración del tramo se muestra en **Anexo 2** Resumen configuración tramo 2

Conclusiones.

- El análisis integral de la zona de estudio permitió establecer que la comunidad de Cañaribamba carece de un sistema de riego, evidenciándose un déficit hídrico anual de 1101.756 mm, el cual fue corregido mediante el diseño propuesto, alcanzando un déficit de riego igual a cero bajo condiciones de diseño.

- El estudio agronómico, basado en la estimación de la evapotranspiración (ETo), precipitación efectiva y coeficientes de cultivo, permitió determinar de manera precisa las necesidades hídricas, optimizando el caudal requerido de 8.47 l/s en función de la superficie de riego de 32 hectáreas.
- La caracterización del suelo tipo franco arcilloso, con una capacidad de campo de 27%, punto de marchitez permanente de 13% e infiltración básica de 8 mm/h, permitió definir parámetros adecuados para el diseño del riego, asegurando un uso eficiente del agua en el perfil del suelo.
- El diseño hidráulico del sistema, validado mediante modelación en EPANET, permitió garantizar presiones y velocidades dentro de rangos adecuados, incluyendo tanques rompe presiones en las abscisas 0+786.36 y 1+402.47 para evitar sobrecargas, asegurando la operatividad y seguridad del sistema.
- Se verificó que el sistema propuesto es técnicamente viable, ya que el caudal disponible de 10 l/s supera el requerimiento mínimo de 8.47 l/s, cumpliendo con los criterios hidráulicos y agronómicos establecidos y mejorando significativamente la distribución del agua en la comunidad.

Recomendaciones

- Ejecutar el sistema cumpliendo los parámetros de diseño (caudal, presión y dotación), ya que estos garantizan el cumplimiento del déficit de riego igual a cero obtenido en el estudio.
- Establecer un mantenimiento periódico del sistema, incluyendo tuberías, válvulas y tanques rompe presiones, para asegurar que las condiciones hidráulicas se mantengan dentro de los rangos de diseño establecidos.
- Capacitar a los usuarios en la correcta aplicación de láminas de riego y control de caudales, con el fin de preservar la eficiencia del sistema y evitar situaciones de sobre o sub-riego.
- Prevenir modificaciones no planificadas del sistema, tales como la construcción de reservorios adicionales o cambios en la red, ya que pueden alterar las presiones y comprometer el funcionamiento hidráulico diseñado. Para ello, se recomienda conformar un comité técnico comunitario que supervise la operación y gestión del sistema.

- Implementar un monitoreo periódico del rendimiento agrícola posterior a la implementación del sistema, con el fin de evaluar su impacto real sobre la productividad de la zona y determinar la viabilidad de una futura expansión de la cobertura de riego.

Referencias

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., y Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos* (Estudio FAO Riego y Drenaje N.º 56). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Astudillo Moreira, P. J. y Torres Sarmiento, J. D. (2024). *Estudio de prefactibilidad para la tecnificación del sistema de riego para el sector Raricucho, parroquia Susudel del cantón Oña, provincia del Azuay* [Trabajo de titulación, Universidad del Azuay].

Azevedo Netto, J. M. y Acosta Alvarez, G. (1976). *Manual de hidráulica*. Harla. https://es.scribd.com/document/400168551/Manual-de-Hidraulica-Azevedo-Alvarez-pdf

Cadena, V. H. (2016). *Hablemos de riego* (2.ª ed.). CONGOPE.

Carrazón Alocén, J. (2007). *Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). https://www.fao.org/3/i8482es/I8482ES.pdf

Çengel, Y. A. y Cimbala, J. M. (2012). *Mecánica de fluidos: Fundamentos y aplicaciones* (2.ª ed.). McGraw-Hill.
https://archive.org/details/mecanicadefluidosfundamentoyunusa.cengel/page/n3/mode/2up

Çengel, Y. A. y Cimbala, J. M. (2014). *Fluid mechanics: Fundamentals and applications* (3.ª ed.). McGraw-Hill. https://engineeringbookslibrary.wordpress.com/wp-content/uploads/2019/03/fluid-mechanics-fundamentals-and-applications-3rd-edition-cengel-and-cimbala-2014.pdf

Fuentes Yagüe, J. L., y García Legaspi, G. (1996). *Técnicas de riego: Sistemas de riego en la agricultura*. Mundi-Prensa.

García Arpi, J. S., y Samaniego Delgado, I. M. (2020). *Estudios para el mejoramiento del sistema de riego en las comunidades de Villastana, San José, Morasloma, Lluchin y Hermano Miguel pertenecientes al cantón Nabón, sustitución de canal abierto por tuberías a presión* [Trabajo de titulación, Universidad del Azuay].

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Salvador de Cañaribamba. (2023). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de San Salvador de Cañaribamba 2023-2027* [Documento no publicado]

Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador – IERSE, Universidad del Azuay. (2023). *Atlas cantonal de Santa Isabel*. Casa Editora Universidad del Azuay.

Mays, L. W. (2011). *Water resources engineering*. John Wiley y Sons.

Ministerio del Ambiente. (2015). *Registro Oficial N° 387, Edición Especial*. Gobierno de Ecuador.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2013). *Captación y almacenamiento de agua de lluvia: Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe*. FAO. https://www.fao.org/3/i3247s/i3247s.pdf

Organización Internacional de Normalización. (2009). *ISO 1452-1:2009: Plastics piping systems for water supply and for buried and above-ground drainage and sewerage under pressure — Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U) — Part 1: General*. https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:1452:-1:ed-1:v1:en

Phocaides, A. (2007). *Handbook on pressurized irrigation techniques* (2.ª ed.). Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Pritchard, P. J. (2011). *Fox and McDonald's introduction to fluid mechanics* (8.ª ed.). John Wiley y Sons. http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM240/Marchi/Bibliografia/Pritchard-Fox-McDonalds_2011_8ed_Fluid-Mechanics.pdf

Quinde Guamán, P., y Zhagüi Chunchi, J. M. (2020). *Diseño de un sistema de riego presurizado para el sector Pungoloma de la comunidad de Quilloac del cantón Cañar, provincia de Cañar* [Trabajo de titulación, Universidad del Azuay].

Quishpe Llumiquinga, E. P. y Zhuilema Moya, B. M. (2019). *Diseño de la conducción, reservorio y canales secundarios del sistema de riego para la junta llanos secos de Munango, parroquia Puéllaro, cantón Quito, Provincia de Pichincha* [Trabajo de titulación, Universidad Central del Ecuador].

Rossman, L. A., Woo, H., Tryby, M., Shang, F., Janke, R. y Haxton, T. (2020). *Manual del usuario de EPANET 2.2*. Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-07/epanet_users_manual_2.2.0-1.pdf

Rouse, H. (1978). *Elementary mechanics of fluids*. Dover Publications. https://gidropraktikum.narod.ru/Rouse-Elementary-Mechanics-of-Fluids.pdf

Scheff, J., y Frierson, D. M. W. (2014). *Scaling potential evapotranspiration with greenhouse warming*. Journal of Climate, 27(4), 1539–1558. https://doi.org/10.1175/JCLI-D-13-00233.1

Villafañe, G., Basso, C. y Villafañe, R. (2016). Evapotranspiración y coeficientes de cultivo (Kc) de stevia [*Stevia rebaudiana (Bertoni) Bertoni*] bajo condiciones parcialmente protegidas. *Bioagro*, *28*(2). https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612016000200008

White, F. M. (1998). *Fluid mechanics* (4.ª ed.). McGraw-Hill. https://www.academia.edu/8669730/Frank_M_White_Fluid_Mechanics

4. Anexos

Anexo 1 *Resumen configuración de tramo 1*

Q (L/s) adj	10		Ancho excavacion	
C			Sup (m)	0.2
Dext(mm)	160	90	Inf(m)	0.2
Dint(mm)	**147.6**	**104.6**	84.2	56.8

$$hf = \frac{10.70LQ^{1.852}}{D^{4.87}C^{1.852}}$$

				Longitud (m)		DIAMETRO (mm)		Q	PERDIDAS (m)				PRESION DE TRABAJO				
Abscisa	Cota (m)	Cota Proyecto (m)	Corte (m)	Parcial	Acumulada	Externo	Interno	Caudal (L/s)	Parcial	Acumulada	Piezométrica	Estatica	METROS	kgf/cm2	Mpa	PSI	Velocidad (m/s)
0+000.00	2,257.61	2,257.61	0.00		0	110	106	10	0	0.000	2257.614	0	0.000	0.000	0.000	0.000	
0+003.30	2,255.02	2,255.02	0.00	4.20	4.20	110	106	10	0.046	0.046	2257.568	2.596	2.550	0.255	0.026	0.003	1.13
0+006.61	2,252.91	2,252.91	0.00	3.92	8.12	110	106	10	0.043	0.089	2257.525	4.701	4.612	0.461	0.046	0.005	1.13
0+009.91	2,250.18	2,250.18	0.00	4.29	12.41	110	106	10	0.047	0.136	2257.478	7.432	7.296	0.730	0.073	0.007	1.13
0+013.22	2,247.73	2,247.73	0.00	4.11	16.52	110	106	10	0.045	0.181	2257.433	9.879	9.698	0.970	0.097	0.010	1.13
0+016.52	2,243.61	2,243.61	0.00	5.29	21.81	110	106	10	0.058	0.239	2257.375	14.005	13.766	1.377	0.138	0.014	1.13
0+019.83	2,242.06	2,242.06	0.00	3.65	25.46	110	106	10	0.04	0.279	2257.335	15.556	15.277	1.528	0.153	0.015	1.13
0+023.13	2,241.16	2,241.16	0.00	3.42	28.88	110	106	10	0.038	0.317	2257.297	16.455	16.138	1.614	0.161	0.016	1.13
0+026.44	2,240.50	2,240.50	0.00	3.37	32.25	110	106	10	0.037	0.354	2257.260	17.114	16.760	1.676	0.168	0.017	1.13
0+029.74	2,240.02	2,240.02	0.00	3.34	35.59	110	106	10	0.037	0.391	2257.223	17.592	17.201	1.720	0.172	0.017	1.13
0+033.05	2,240.61	2,240.61	0.00	3.36	38.95	110	106	10	0.037	0.428	2257.186	17.007	16.579	1.658	0.166	0.017	1.13
0+036.21	2,241.37	2,241.37	0.00	3.26	42.21	110	106	10	0.036	0.464	2257.150	16.243	15.779	1.578	0.158	0.016	1.13
0+039.38	2,241.85	2,241.85	0.00	3.20	45.41	110	106	10	0.035	0.499	2257.115	15.761	15.262	1.526	0.153	0.015	1.13
0+042.55	2,241.88	2,241.88	0.00	3.17	48.58	110	106	10	0.035	0.534	2257.080	15.737	15.203	1.520	0.152	0.015	1.13
0+045.71	2,243.45	2,243.45	0.00	3.53	52.11	110	106	10	0.039	0.573	2257.041	14.166	13.593	1.359	0.136	0.014	1.13
0+048.88	2,243.76	2,243.76	0.00	3.18	55.29	110	106	10	0.035	0.608	2257.006	13.855	13.247	1.325	0.133	0.013	1.13
0+052.04	2,243.82	2,243.82	0.00	3.17	58.46	110	106	10	0.035	0.643	2256.971	13.790	13.147	1.315	0.132	0.013	1.13
0+055.21	2,245.31	2,245.31	0.00	3.50	61.96	110	106	10	0.039	0.682	2256.932	12.303	11.621	1.162	0.116	0.012	1.13
0+058.38	2,244.49	2,244.49	0.00	3.27	65.23	110	106	10	0.036	0.718	2256.896	13.123	12.405	1.241	0.124	0.012	1.13
0+061.54	2,243.47	2,243.47	0.00	3.33	68.56	110	106	10	0.037	0.755	2256.859	14.146	13.391	1.339	0.134	0.013	1.13
0+064.71	2,244.22	2,244.22	0.00	3.25	71.81	110	106	10	0.036	0.791	2256.823	13.392	12.601	1.260	0.126	0.013	1.13
0+067.87	2,242.56	2,242.56	0.00	3.57	75.38	110	106	10	0.039	0.830	2256.784	15.051	14.221	1.422	0.142	0.014	1.13
0+071.04	2,241.06	2,241.06	0.00	3.51	78.89	110	106	10	0.039	0.869	2256.745	16.558	15.689	1.569	0.157	0.016	1.13
0+074.21	2,241.45	2,241.45	0.00	3.19	82.08	110	106	10	0.035	0.904	2256.710	16.161	15.257	1.526	0.153	0.015	1.13
0+077.37	2,239.98	2,239.98	0.00	3.49	85.57	110	106	10	0.038	0.942	2256.672	17.633	16.691	1.669	0.167	0.017	1.13
0+080.54	2,238.43	2,238.43	0.00	3.52	89.09	110	106	10	0.039	0.981	2256.633	19.181	18.200	1.820	0.182	0.018	1.13
0+083.71	2,238.92	2,238.92	0.00	3.20	92.29	110	106	10	0.035	1.016	2256.598	18.693	17.677	1.768	0.177	0.018	1.13
0+086.87	2,237.42	2,237.42	0.00	3.50	95.79	110	106	10	0.039	1.055	2256.559	20.193	19.138	1.914	0.191	0.019	1.13
0+090.04	2,235.85	2,235.85	0.00	3.53	99.32	110	106	10	0.039	1.094	2256.520	21.764	20.670	2.067	0.207	0.021	1.13
0+093.20	2,234.31	2,234.31	0.00	3.52	102.84	110	106	10	0.039	1.133	2256.481	23.304	22.171	2.217	0.222	0.022	1.13
0+096.37	2,235.65	2,235.65	0.00	3.44	106.28	110	106	10	0.038	1.171	2256.443	21.960	20.789	2.079	0.208	0.021	1.13
0+099.63	2,234.60	2,234.60	0.00	3.42	109.70	110	106	10	0.038	1.209	2256.405	23.009	21.800	2.180	0.218	0.022	1.13
0+102.89	2,233.21	2,233.21	0.00	3.54	113.24	110	106	10	0.039	1.248	2256.366	24.402	23.154	2.315	0.232	0.023	1.13
0+106.14	2,235.31	2,235.31	0.00	3.88	117.12	110	106	10	0.043	1.291	2256.323	22.299	21.008	2.101	0.210	0.021	1.13
0+109.40	2,234.42	2,234.42	0.00	3.38	120.50	110	106	10	0.037	1.328	2256.286	23.194	21.866	2.187	0.219	0.022	1.13
0+112.66	2,236.81	2,236.81	0.00	4.04	124.54	110	106	10	0.045	1.373	2256.241	20.806	19.433	1.943	0.194	0.019	1.13
0+115.92	2,235.93	2,235.93	0.00	3.37	127.91	110	106	10	0.037	1.410	2256.204	21.679	20.269	2.027	0.203	0.020	1.13
0+119.18	2,234.84	2,234.84	0.00	3.44	131.35	110	106	10	0.038	1.448	2256.166	22.773	21.325	2.133	0.213	0.021	1.13
0+122.43	2,236.92	2,236.92	0.00	3.87	135.22	110	106	10	0.043	1.491	2256.123	20.692	19.201	1.920	0.192	0.019	1.13
0+125.69	2,235.69	2,235.69	0.00	3.48	138.70	110	106	10	0.038	1.529	2256.085	21.925	20.396	2.040	0.204	0.020	1.13
0+128.95	2,234.71	2,234.71	0.00	3.40	142.10	110	106	10	0.037	1.566	2256.048	22.905	21.339	2.134	0.213	0.021	1.13
0+132.21	2,237.12	2,237.12	0.00	4.05	146.15	110	106	10	0.045	1.611	2256.003	20.494	18.883	1.888	0.189	0.019	1.13
0+135.47	2,236.31	2,236.31	0.00	3.36	149.51	110	106	10	0.037	1.648	2255.966	21.299	19.651	1.965	0.197	0.020	1.13
0+138.72	2,234.82	2,234.82	0.00	3.59	153.10	110	106	10	0.04	1.688	2255.926	22.798	21.110	2.111	0.211	0.021	1.13
0+141.98	2,237.30	2,237.30	0.00	4.09	157.19	110	106	10	0.045	1.733	2255.881	20.318	18.585	1.858	0.186	0.019	1.13
0+145.24	2,236.61	2,236.61	0.00	3.33	160.52	110	106	10	0.037	1.770	2255.844	21.001	19.231	1.923	0.192	0.019	1.13
0+148.71	2,239.09	2,239.09	0.00	4.26	164.78	110	106	10	0.047	1.817	2255.797	18.524	16.707	1.671	0.167	0.017	1.13
0+152.17	2,238.40	2,238.40	0.00	3.53	168.31	110	106	10	0.039	1.856	2255.758	19.215	17.359	1.736	0.174	0.017	1.13
0+155.64	2,237.71	2,237.71	0.00	3.53	171.84	110	106	10	0.039	1.895	2255.719	19.903	18.008	1.801	0.180	0.018	1.13
0+159.11	2,240.41	2,240.41	0.00	4.39	176.23	110	106	10	0.048	1.943	2255.671	17.203	15.260	1.526	0.153	0.015	1.13
0+162.57	2,239.93	2,239.93	0.00	3.50	179.73	110	106	10	0.039	1.982	2255.632	17.682	15.700	1.570	0.157	0.016	1.13
0+166.04	2,242.74	2,242.74	0.00	4.46	184.19	110	106	10	0.049	2.031	2255.583	14.872	12.841	1.284	0.128	0.013	1.13
0+169.51	2,242.22	2,242.22	0.00	3.51	187.70	110	106	10	0.039	2.070	2255.544	15.391	13.321	1.332	0.133	0.013	1.13
0+172.97	2,244.04	2,244.04	0.00	3.91	191.61	110	106	10	0.043	2.113	2255.501	13.574	11.461	1.146	0.115	0.012	1.13
0+176.44	2,243.51	2,243.51	0.00	3.51	195.12	110	106	10	0.039	2.152	2255.462	14.104	11.952	1.195	0.120	0.012	1.13
0+179.91	2,242.83	2,242.83	0.00	3.53	198.65	110	106	10	0.039	2.191	2255.423	14.780	12.589	1.259	0.126	0.013	1.13
0+185.09	2,242.07	2,242.07	0.00	5.24	203.89	110	106	10	0.058	2.249	2255.365	15.548	13.299	1.330	0.133	0.013	1.13
0+190.28	2,242.36	2,242.36	0.00	5.19	209.08	110	106	10	0.057	2.306	2255.308	15.255	12.949	1.295	0.130	0.013	1.13
0+192.83	2,242.49	2,242.49	0.00	2.55	211.63	110	106	10	0.028	2.334	2255.280	15.126	12.792	1.279	0.128	0.013	1.13
0+196.22	2,241.95	2,241.95	0.00	3.44	215.07	110	106	10	0.038	2.372	2255.242	15.666	13.294	1.329	0.133	0.013	1.13
0+198.64	2,241.95	2,241.95	0.00	2.41	217.48	110	106	10	0.027	2.399	2255.215	15.666	13.267	1.327	0.133	0.013	1.13
0+199.82	2,240.79	2,240.79	0.00	1.66	219.14	110	106	10	0.018	2.417	2255.197	16.824	14.407	1.441	0.144	0.014	1.13
0+201.30	2,241.12	2,241.12	0.00	1.51	220.65	110	106	10	0.017	2.434	2255.180	16.492	14.058	1.406	0.141	0.014	1.13
0+207.29	2,240.69	2,240.69	0.00	6.01	226.66	110	106	10	0.066	2.500	2255.114	16.927	14.427	1.443	0.144	0.014	1.13
0+211.75	2,240.88	2,240.88	0.00	4.46	231.12	110	106	10	0.049	2.549	2255.065	16.734	14.185	1.418	0.142	0.014	1.13
0+216.20	2,241.50	2,241.50	0.00	4.50	235.62	110	106	10	0.05	2.599	2255.015	16.116	13.517	1.352	0.135	0.014	1.13
0+220.65	2,240.96	2,240.96	0.00	4.48	240.10	110	106	10	0.049	2.648	2254.966	16.650	14.002	1.400	0.140	0.014	1.13
0+226.41	2,239.81	2,239.81	0.00	5.87	245.97	110	106	10	0.065	2.713	2254.901	17.802	15.089	1.509	0.151	0.015	1.13
0+230.53	2,240.45	2,240.45	0.00	4.16	250.13	110	106	10	0.046	2.759	2254.855	17.166	14.407	1.441	0.144	0.014	1.13
0+234.64	2,240.23	2,240.23	0.00	4.12	254.25	110	106	10	0.045	2.804	2254.810	17.383	14.579	1.458	0.146	0.015	1.13
0+238.10	2,240.00	2,240.00	0.00	3.46	257.71	110	106	10	0.038	2.842	2254.772	17.612	14.770	1.477	0.148	0.015	1.13
0+241.55	2,241.86	2,241.86	0.00	3.92	261.63	110	106	10	0.043	2.885	2254.729	15.755	12.870	1.287	0.129	0.013	1.13
0+245.01	2,242.09	2,242.09	0.00	3.46	265.09	110	106	10	0.038	2.923	2254.691	15.526	12.603	1.260	0.126	0.013	1.13
0+248.70	2,242.82	2,242.82	0.00	3.76	268.85	110	106	10	0.041	2.964	2254.650	14.795	11.831	1.183	0.118	0.012	1.13
0+252.39	2,243.26	2,243.26	0.00	3.72	272.57	110	106	10	0.041	3.005	2254.609	14.355	11.350	1.135	0.114	0.011	1.13
0+253.48	2,243.26	2,243.26	0.00	1.09	273.66	110	106	10	0.012	3.017	2254.597	14.355	11.338	1.134	0.113	0.011	1.13

0+254.61	2,243.52	2,243.52	0.00	1.16	274.82	110	106	10	0.013	3.030	2254.584	14.089	11.059	1.106	0.111	0.011	1.13
0+255.89	2,243.52	2,243.52	0.00	1.28	276.10	110	106	10	0.014	3.044	2254.570	14.089	11.045	1.105	0.111	0.011	1.13
0+257.03	2,243.52	2,243.52	0.00	1.15	277.25	110	106	10	0.013	3.057	2254.557	14.089	11.032	1.103	0.110	0.011	1.13
0+260.19	2,243.53	2,243.53	0.00	3.16	280.41	110	106	10	0.035	3.092	2254.522	14.081	10.989	1.099	0.110	0.011	1.13
0+263.35	2,243.32	2,243.32	0.00	3.17	283.58	110	106	10	0.035	3.127	2254.487	14.294	11.167	1.117	0.112	0.011	1.13
0+266.51	2,243.20	2,243.20	0.00	3.16	286.74	110	106	10	0.035	3.162	2254.452	14.415	11.253	1.125	0.113	0.011	1.13
0+269.67	2,244.91	2,244.91	0.00	3.59	290.33	110	106	10	0.04	3.202	2254.412	12.699	9.497	0.950	0.095	0.010	1.13
0+272.83	2,244.45	2,244.45	0.00	3.19	293.52	110	106	10	0.035	3.237	2254.377	13.168	9.931	0.993	0.099	0.010	1.13
0+275.98	2,243.73	2,243.73	0.00	3.24	296.76	110	106	10	0.036	3.273	2254.341	13.883	10.610	1.061	0.106	0.011	1.13
0+279.14	2,244.67	2,244.67	0.00	3.30	300.06	110	106	10	0.036	3.309	2254.305	12.942	9.633	0.963	0.096	0.010	1.13
0+282.30	2,243.79	2,243.79	0.00	3.28	303.34	110	106	10	0.036	3.345	2254.269	13.822	10.477	1.048	0.105	0.011	1.13
0+285.46	2,242.60	2,242.60	0.00	3.38	306.72	110	106	10	0.037	3.382	2254.232	15.011	11.629	1.163	0.116	0.012	1.13
0+288.62	2,241.43	2,241.43	0.00	3.37	310.09	110	106	10	0.037	3.419	2254.195	16.183	12.764	1.276	0.128	0.013	1.13
0+291.06	2,243.36	2,243.36	0.00	3.11	313.20	110	106	10	0.034	3.453	2254.161	14.251	10.798	1.080	0.108	0.011	1.13
0+296.51	2,242.65	2,242.65	0.00	5.51	318.71	110	106	10	0.061	3.514	2254.100	14.961	11.447	1.145	0.115	0.012	1.13
0+299.76	2,241.03	2,241.03	0.00	3.63	322.34	110	106	10	0.04	3.554	2254.060	16.583	13.029	1.303	0.130	0.013	1.13
0+302.82	2,241.39	2,241.39	0.00	3.08	325.42	110	106	10	0.034	3.588	2254.026	16.225	12.637	1.264	0.126	0.013	1.13
0+304.48	2,241.39	2,241.39	0.00	1.66	327.08	110	106	10	0.018	3.606	2254.008	16.225	12.619	1.262	0.126	0.013	1.13
0+305.28	2,240.07	2,240.07	0.00	1.54	328.62	110	106	10	0.017	3.623	2253.991	17.545	13.922	1.392	0.139	0.014	1.13
0+306.00	2,240.07	2,240.07	0.00	0.72	329.34	110	106	10	0.008	3.631	2253.983	17.545	13.914	1.391	0.139	0.014	1.13
0+311.31	2,237.54	2,237.54	0.00	5.88	335.22	110	106	10	0.065	3.696	2253.918	20.077	16.381	1.638	0.164	0.016	1.13
0+315.05	2,236.29	2,236.29	0.00	3.94	339.16	110	106	10	0.043	3.739	2253.875	21.323	17.584	1.758	0.176	0.018	1.13
0+318.79	2,237.24	2,237.24	0.00	3.86	343.02	110	106	10	0.043	3.782	2253.832	20.374	16.592	1.659	0.166	0.017	1.13
0+321.40	2,237.24	2,237.24	0.00	2.61	345.63	110	106	10	0.029	3.811	2253.803	20.374	16.563	1.656	0.166	0.017	1.13
0+321.72	2,238.25	2,238.25	0.00	1.05	346.68	110	106	10	0.012	3.823	2253.791	19.368	15.545	1.555	0.156	0.016	1.13
0+322.05	2,238.25	2,238.25	0.00	0.33	347.01	110	106	10	0.004	3.827	2253.787	19.368	15.541	1.554	0.155	0.016	1.13
0+322.46	2,238.25	2,238.25	0.00	0.42	347.43	110	106	10	0.005	3.832	2253.782	19.368	15.536	1.554	0.155	0.016	1.13
0+325.73	2,237.15	2,237.15	0.00	3.45	350.88	110	106	10	0.038	3.870	2253.744	20.463	16.593	1.659	0.166	0.017	1.13
0+328.77	2,235.39	2,235.39	0.00	3.51	354.39	110	106	10	0.039	3.909	2253.705	22.225	18.316	1.832	0.183	0.018	1.13
0+330.83	2,235.36	2,235.36	0.00	2.06	356.45	110	106	10	0.023	3.932	2253.682	22.249	18.317	1.832	0.183	0.018	1.13
0+335.83	2,234.34	2,234.34	0.00	5.10	361.55	110	106	10	0.056	3.988	2253.626	23.272	19.284	1.928	0.193	0.019	1.13
0+337.73	2,234.28	2,234.28	0.00	1.90	363.45	110	106	10	0.021	4.009	2253.605	23.337	19.328	1.933	0.193	0.019	1.13
0+339.91	2,234.28	2,234.28	0.00	2.18	365.63	110	106	10	0.024	4.033	2253.581	23.337	19.304	1.930	0.193	0.019	1.13
0+343.13	2,234.27	2,234.27	0.00	3.22	368.85	110	106	10	0.035	4.068	2253.546	23.348	19.280	1.928	0.193	0.019	1.13
0+346.35	2,234.34	2,234.34	0.00	3.22	372.07	110	106	10	0.035	4.103	2253.511	23.270	19.167	1.917	0.192	0.019	1.13
0+351.00	2,234.65	2,234.65	0.00	4.66	376.73	110	106	10	0.051	4.154	2253.460	22.959	18.805	1.880	0.188	0.019	1.13
0+353.56	2,235.26	2,235.26	0.00	2.63	379.36	110	106	10	0.029	4.183	2253.431	22.357	18.174	1.817	0.182	0.018	1.13
0+355.62	2,235.02	2,235.02	0.00	2.07	381.43	110	106	10	0.023	4.206	2253.408	22.592	18.386	1.839	0.184	0.018	1.13
0+362.20	2,235.52	2,235.52	0.00	6.59	388.02	110	106	10	0.073	4.279	2253.335	22.092	17.813	1.781	0.178	0.018	1.13
0+365.84	2,236.34	2,236.34	0.00	3.74	391.76	110	106	10	0.041	4.320	2253.294	21.270	16.950	1.695	0.170	0.017	1.13
0+369.48	2,235.89	2,235.89	0.00	3.67	395.43	110	106	10	0.04	4.360	2253.254	21.728	17.368	1.737	0.174	0.017	1.13
0+373.13	2,236.31	2,236.31	0.00	3.67	399.10	110	106	10	0.04	4.400	2253.214	21.306	16.906	1.691	0.169	0.017	1.13
0+376.48	2,235.61	2,235.61	0.00	3.43	402.53	110	106	10	0.038	4.438	2253.176	22.007	17.569	1.757	0.176	0.018	1.13
0+379.84	2,234.80	2,234.80	0.00	3.45	405.98	110	106	10	0.038	4.476	2253.138	22.810	18.334	1.833	0.183	0.018	1.13
0+383.20	2,234.01	2,234.01	0.00	3.45	409.43	110	106	10	0.038	4.514	2253.100	23.606	19.092	1.909	0.191	0.019	1.13
0+388.01	2,234.33	2,234.33	0.00	4.83	414.26	110	106	10	0.053	4.567	2253.047	23.285	18.718	1.872	0.187	0.019	1.13
0+392.92	2,233.66	2,233.66	0.00	4.95	419.21	110	106	10	0.055	4.622	2252.992	23.949	19.327	1.933	0.193	0.019	1.13
0+398.50	2,233.53	2,233.53	0.00	5.58	424.79	110	106	10	0.061	4.683	2252.931	24.087	19.404	1.940	0.194	0.019	1.13
0+403.13	2,233.86	2,233.86	0.00	4.64	429.43	110	106	10	0.051	4.734	2252.880	23.754	19.020	1.902	0.190	0.019	1.13
0+406.45	2,233.64	2,233.64	0.00	3.33	432.76	110	106	10	0.037	4.771	2252.843	23.973	19.202	1.920	0.192	0.019	1.13
0+409.76	2,233.49	2,233.49	0.00	3.32	436.08	110	106	10	0.037	4.808	2252.806	24.124	19.316	1.932	0.193	0.019	1.13
0+413.08	2,233.31	2,233.31	0.00	3.32	439.40	110	106	10	0.037	4.845	2252.769	24.299	19.454	1.945	0.195	0.020	1.13
0+416.36	2,233.03	2,233.03	0.00	3.29	442.69	110	106	10	0.036	4.881	2252.733	24.585	19.704	1.970	0.197	0.020	1.13
0+419.64	2,232.72	2,232.72	0.00	3.29	445.98	110	106	10	0.036	4.917	2252.697	24.892	19.975	1.997	0.200	0.020	1.13
0+422.91	2,230.83	2,230.83	0.00	3.78	449.76	110	106	10	0.042	4.959	2252.655	26.783	21.824	2.182	0.218	0.022	1.13
0+426.19	2,231.18	2,231.18	0.00	3.30	453.06	110	106	10	0.036	4.995	2252.619	26.438	21.443	2.144	0.214	0.021	1.13
0+429.47	2,231.57	2,231.57	0.00	3.30	456.36	110	106	10	0.036	5.031	2252.583	26.048	21.017	2.102	0.210	0.021	1.13
0+432.74	2,230.44	2,230.44	0.00	3.47	459.83	110	106	10	0.038	5.069	2252.545	27.177	22.108	2.211	0.221	0.022	1.13
0+436.02	2,231.05	2,231.05	0.00	3.33	463.16	110	106	10	0.037	5.106	2252.508	26.564	21.458	2.146	0.215	0.022	1.13
0+439.30	2,231.73	2,231.73	0.00	3.35	466.51	110	106	10	0.037	5.143	2252.471	25.885	20.742	2.074	0.207	0.021	1.13
0+442.57	2,231.15	2,231.15	0.00	3.33	469.84	110	106	10	0.037	5.180	2252.434	26.462	21.282	2.128	0.213	0.021	1.13
0+445.85	2,231.94	2,231.94	0.00	3.37	473.21	110	106	10	0.037	5.217	2252.397	25.670	20.453	2.045	0.205	0.021	1.13
0+449.51	2,231.47	2,231.47	0.00	3.69	476.90	110	106	10	0.041	5.258	2252.356	26.146	20.888	2.089	0.209	0.021	1.13
0+453.16	2,232.28	2,232.28	0.00	3.74	480.64	110	106	10	0.041	5.299	2252.315	25.332	20.033	2.003	0.200	0.020	1.13
0+456.81	2,231.73	2,231.73	0.00	3.70	484.34	110	106	10	0.041	5.340	2252.274	25.882	20.542	2.054	0.205	0.021	1.13
0+460.47	2,232.38	2,232.38	0.00	3.71	488.05	110	106	10	0.041	5.381	2252.233	25.229	19.848	1.985	0.199	0.020	1.13
0+464.12	2,232.71	2,232.71	0.00	3.67	491.72	110	106	10	0.04	5.421	2252.193	24.904	19.483	1.948	0.195	0.020	1.13
0+467.78	2,233.32	2,233.32	0.00	3.70	495.42	110	106	10	0.041	5.462	2252.152	24.297	18.835	1.883	0.188	0.019	1.13
0+471.43	2,232.90	2,232.90	0.00	3.68	499.10	110	106	10	0.041	5.503	2252.111	24.712	19.209	1.921	0.192	0.019	1.13
0+475.09	2,233.48	2,233.48	0.00	3.70	502.80	110	106	10	0.041	5.544	2252.070	24.135	18.591	1.859	0.186	0.019	1.13
0+478.74	2,233.07	2,233.07	0.00	3.68	506.48	110	106	10	0.041	5.585	2252.029	24.548	18.963	1.896	0.190	0.019	1.13
0+481.98	2,233.49	2,233.49	0.00	3.26	509.74	110	106	10	0.036	5.621	2251.993	24.127	18.506	1.851	0.185	0.019	1.13
0+485.21	2,233.09	2,233.09	0.00	3.26	513.00	110	106	10	0.036	5.657	2251.957	24.523	18.866	1.887	0.189	0.019	1.13
0+488.45	2,233.33	2,233.33	0.00	3.25	516.25	110	106	10	0.036	5.693	2251.921	24.280	18.587	1.859	0.186	0.019	1.13
0+491.69	2,233.49	2,233.49	0.00	3.24	519.49	110	106	10	0.036	5.729	2251.885	24.124	18.395	1.840	0.184	0.018	1.13
0+494.93	2,232.97	2,232.97	0.00	3.28	522.77	110	106	10	0.036	5.765	2251.849	24.647	18.882	1.888	0.189	0.019	1.13
0+498.16	2,233.16	2,233.16	0.00	3.24	526.01	110	106	10	0.036	5.801	2251.813	24.449	18.648	1.865	0.187	0.019	1.13
0+501.40	2,233.32	2,233.32	0.00	3.24	529.25	110	106	10	0.036	5.837	2251.777	24.293	18.456	1.846	0.185	0.019	1.13
0+504.64	2,233.45	2,233.45	0.00	3.24	532.49	110	106	10	0.036	5.873	2251.741	24.160	18.287	1.829	0.183	0.018	1.13
0+507.88	2,232.88	2,232.88	0.00	3.29	535.78	110	106	10	0.036	5.909	2251.705	24.737	18.828	1.883	0.188	0.019	1.13
0+511.11	2,233.03	2,233.03	0.00	3.24	539.02	110	106	10	0.036	5.945	2251.669	24.587	18.642	1.864	0.186	0.019	1.13
0+514.35	2,233.18	2,233.18	0.00	3.24	542.26	110	106	10	0.036	5.981	2251.633	24.437	18.456	1.846	0.185	0.019	1.13
0+517.59	2,232.50	2,232.50	0.00	3.31	545.57	110	106	10	0.036	6.017	2251.597	25.118	19.101	1.910	0.191	0.019	1.13
0+520.65	2,232.52	2,232.52	0.00	3.07	548.64	110	106	10	0.034	6.051	2251.563	25.090	19.039	1.904	0.190	0.019	1.13
0+523.72	2,232.61	2,232.61	0.00	3.07	551.71	110	106	10	0.034	6.085	2251.529	24.999	18.914	1.891	0.189	0.019	1.13
0+526.79	2,232.58	2,232.58	0.00	3.07	554.78	110	106	10	0.034	6.119	2251.495	25.031	18.912	1.891	0.189	0.019	1.13
0+529.86	2,232.49	2,232.49	0.00	3.07	557.85	110	106	10	0.034	6.153	2251.461	25.120	18.967	1.897	0.190	0.019	1.13
0+532.92	2,232.45	2,232.45	0.00	3.07	560.92	110	106	10	0.034	6.187	2251.427	25.167	18.980	1.898	0.190	0.019	1.13
0+535.99	2,232.38	2,232.38	0.00	3.07	563.99	110	106	10	0.034	6.221	2251.393	25.231	19.010	1.901	0.190	0.019	1.13
0+539.06	2,232.33	2,232.33	0.00	3.07	567.06	110	106	10	0.034	6.255	2251.359	25.281	19.026	1.903	0.190	0.019	1.13
0+542.12	2,232.37	2,232.37	0.00	3.07	570.13	110	106	10	0.034	6.289	2251.325	25.243	18.954	1.895	0.190	0.019	1.13
0+545.19	2,232.43	2,232.43	0.00	3.07	573.20	110	106	10	0.034	6.323	2251.291	25.183	18.860	1.886	0.189	0.019	1.13

0+548.26	2,231.02	2,231.02	0.00	3.38	576.58	110	106	10	0.037	6.360	2251.254	26.592	20.232	2.023	0.202	0.020	1.13
0+551.32	2,231.19	2,231.19	0.00	3.07	579.65	110	106	10	0.034	6.394	2251.220	26.425	20.031	2.003	0.200	0.020	1.13
0+554.39	2,231.42	2,231.42	0.00	3.08	582.73	110	106	10	0.034	6.428	2251.186	26.190	19.762	1.976	0.198	0.020	1.13
0+557.46	2,231.33	2,231.33	0.00	3.07	585.80	110	106	10	0.034	6.462	2251.152	26.288	19.826	1.983	0.198	0.020	1.13
0+560.53	2,231.09	2,231.09	0.00	3.08	588.88	110	106	10	0.034	6.496	2251.118	26.526	20.030	2.003	0.200	0.020	1.13
0+563.59	2,230.80	2,230.80	0.00	3.08	591.96	110	106	10	0.034	6.530	2251.084	26.818	20.288	2.029	0.203	0.020	1.13
0+566.66	2,230.59	2,230.59	0.00	3.07	595.03	110	106	10	0.034	6.564	2251.050	27.027	20.463	2.046	0.205	0.021	1.13
0+569.73	2,230.57	2,230.57	0.00	3.07	598.10	110	106	10	0.034	6.598	2251.016	27.044	20.446	2.045	0.205	0.021	1.13
0+572.79	2,230.61	2,230.61	0.00	3.07	601.17	110	106	10	0.034	6.632	2250.982	27.005	20.373	2.037	0.204	0.020	1.13
0+575.86	2,230.64	2,230.64	0.00	3.07	604.24	110	106	10	0.034	6.666	2250.948	26.977	20.311	2.031	0.203	0.020	1.13
0+578.93	2,230.79	2,230.79	0.00	3.07	607.31	110	106	10	0.034	6.700	2250.914	26.821	20.121	2.012	0.201	0.020	1.13
0+581.99	2,231.09	2,231.09	0.00	3.08	610.39	110	106	10	0.034	6.734	2250.880	26.524	19.790	1.979	0.198	0.020	1.13
0+585.06	2,231.42	2,231.42	0.00	3.08	613.47	110	106	10	0.034	6.768	2250.846	26.196	19.428	1.943	0.194	0.019	1.13
0+588.13	2,229.82	2,229.82	0.00	3.46	616.93	110	106	10	0.038	6.806	2250.808	27.798	20.992	2.099	0.210	0.021	1.13
0+591.68	2,230.42	2,230.42	0.00	3.61	620.54	110	106	10	0.04	6.846	2250.768	27.193	20.347	2.035	0.204	0.020	1.13
0+595.24	2,231.11	2,231.11	0.00	3.62	624.16	110	106	10	0.04	6.886	2250.728	26.507	19.621	1.962	0.196	0.020	1.13
0+598.79	2,229.85	2,229.85	0.00	3.77	627.93	110	106	10	0.042	6.928	2250.686	27.768	20.840	2.084	0.208	0.021	1.13
0+602.34	2,230.53	2,230.53	0.00	3.62	631.55	110	106	10	0.04	6.968	2250.646	27.080	20.112	2.011	0.201	0.020	1.13
0+605.54	2,231.21	2,231.21	0.00	3.27	634.82	110	106	10	0.036	7.004	2250.610	26.405	19.401	1.940	0.194	0.019	1.13
0+608.74	2,231.89	2,231.89	0.00	3.27	638.09	110	106	10	0.036	7.040	2250.574	25.728	18.688	1.869	0.187	0.019	1.13
0+611.93	2,232.19	2,232.19	0.00	3.21	641.30	110	106	10	0.035	7.075	2250.539	25.424	18.349	1.835	0.184	0.018	1.13
0+615.13	2,232.12	2,232.12	0.00	3.20	644.50	110	106	10	0.035	7.110	2250.504	25.494	18.384	1.838	0.184	0.018	1.13
0+618.32	2,232.14	2,232.14	0.00	3.20	647.70	110	106	10	0.035	7.145	2250.469	25.478	18.333	1.833	0.183	0.018	1.13
0+621.52	2,231.15	2,231.15	0.00	3.34	651.04	110	106	10	0.037	7.182	2250.432	26.464	19.282	1.928	0.193	0.019	1.13
0+624.71	2,230.38	2,230.38	0.00	3.29	654.33	110	106	10	0.036	7.218	2250.396	27.229	20.011	2.001	0.200	0.020	1.13
0+627.91	2,229.66	2,229.66	0.00	3.28	657.61	110	106	10	0.036	7.254	2250.360	27.958	20.704	2.070	0.207	0.021	1.13
0+631.11	2,228.88	2,228.88	0.00	3.29	660.90	110	106	10	0.036	7.290	2250.324	28.733	21.443	2.144	0.214	0.021	1.13
0+634.40	2,229.19	2,229.19	0.00	3.30	664.20	110	106	10	0.036	7.326	2250.288	28.423	21.097	2.110	0.211	0.021	1.13
0+637.69	2,228.40	2,228.40	0.00	3.38	667.58	110	106	10	0.037	7.363	2250.251	29.210	21.847	2.185	0.219	0.022	1.13
0+640.98	2,227.66	2,227.66	0.00	3.37	670.95	110	106	10	0.037	7.400	2250.214	29.951	22.551	2.255	0.226	0.023	1.13
0+644.27	2,226.95	2,226.95	0.00	3.37	674.32	110	106	10	0.037	7.437	2250.177	30.664	23.227	2.323	0.232	0.023	1.13
0+647.69	2,226.29	2,226.29	0.00	3.49	677.81	110	106	10	0.038	7.475	2250.139	31.321	23.846	2.385	0.239	0.024	1.13
0+651.12	2,225.85	2,225.85	0.00	3.45	681.26	110	106	10	0.038	7.513	2250.101	31.765	24.252	2.425	0.243	0.024	1.13
0+654.54	2,226.02	2,226.02	0.00	3.43	684.69	110	106	10	0.038	7.551	2250.063	31.593	24.042	2.404	0.240	0.024	1.13
0+657.97	2,225.60	2,225.60	0.00	3.45	688.14	110	106	10	0.038	7.589	2250.025	32.010	24.421	2.442	0.244	0.024	1.13
0+661.11	2,225.68	2,225.68	0.00	3.15	691.29	110	106	10	0.035	7.624	2249.990	31.929	24.305	2.430	0.243	0.024	1.13
0+664.26	2,226.03	2,226.03	0.00	3.16	694.45	110	106	10	0.035	7.659	2249.955	31.581	23.922	2.392	0.239	0.024	1.13
0+667.40	2,226.14	2,226.14	0.00	3.15	697.60	110	106	10	0.035	7.694	2249.920	31.478	23.784	2.378	0.238	0.024	1.13
0+670.55	2,226.38	2,226.38	0.00	3.16	700.76	110	106	10	0.035	7.729	2249.885	31.232	23.503	2.350	0.235	0.024	1.13
0+673.69	2,226.51	2,226.51	0.00	3.15	703.91	110	106	10	0.035	7.764	2249.850	31.105	23.341	2.334	0.233	0.023	1.13
0+676.84	2,226.71	2,226.71	0.00	3.15	707.06	110	106	10	0.035	7.799	2249.815	30.908	23.109	2.311	0.231	0.023	1.13
0+679.98	2,226.68	2,226.68	0.00	3.15	710.21	110	106	10	0.035	7.834	2249.780	30.934	23.100	2.310	0.231	0.023	1.13
0+683.13	2,226.29	2,226.29	0.00	3.17	713.38	110	106	10	0.035	7.869	2249.745	31.328	23.459	2.346	0.235	0.024	1.13
0+686.28	2,225.83	2,225.83	0.00	3.18	716.56	110	106	10	0.035	7.904	2249.710	31.782	23.878	2.388	0.239	0.024	1.13
0+689.42	2,225.39	2,225.39	0.00	3.18	719.74	110	106	10	0.035	7.939	2249.675	32.222	24.283	2.428	0.243	0.024	1.13
0+693.68	2,225.09	2,225.09	0.00	4.26	724.00	110	106	10	0.047	7.986	2249.628	32.520	24.534	2.453	0.245	0.025	1.13
0+697.93	2,224.78	2,224.78	0.00	4.27	728.27	110	106	10	0.047	8.033	2249.581	32.834	24.801	2.480	0.248	0.025	1.13
0+702.19	2,223.64	2,223.64	0.00	4.40	732.67	110	106	10	0.048	8.081	2249.533	33.975	25.894	2.589	0.259	0.026	1.13
0+709.21	2,223.49	2,223.49	0.00	7.02	739.69	110	106	10	0.077	8.158	2249.456	34.121	25.963	2.596	0.260	0.026	1.13
0+715.69	2,222.59	2,222.59	0.00	6.54	746.23	110	106	10	0.072	8.230	2249.384	35.028	26.798	2.680	0.268	0.027	1.13
0+719.85	2,222.19	2,222.19	0.00	4.18	750.41	110	106	10	0.046	8.276	2249.338	35.425	27.149	2.715	0.272	0.027	1.13
0+724.00	2,221.48	2,221.48	0.00	4.22	754.63	110	106	10	0.046	8.322	2249.292	36.134	27.812	2.781	0.278	0.028	1.13
0+728.16	2,220.89	2,220.89	0.00	4.20	758.83	110	106	10	0.046	8.368	2249.246	36.722	28.354	2.835	0.284	0.028	1.13
0+732.32	2,220.27	2,220.27	0.00	4.20	763.03	110	106	10	0.046	8.414	2249.200	37.343	28.929	2.893	0.289	0.029	1.13
0+736.47	2,219.11	2,219.11	0.00	4.32	767.35	110	106	10	0.048	8.462	2249.152	38.501	30.039	3.004	0.300	0.030	1.13
0+740.63	2,218.26	2,218.26	0.00	4.24	771.59	110	106	10	0.047	8.509	2249.105	39.352	30.843	3.084	0.308	0.031	1.13
0+744.79	2,217.63	2,217.63	0.00	4.20	775.79	110	106	10	0.046	8.555	2249.059	39.985	31.430	3.143	0.314	0.031	1.13
0+748.94	2,217.77	2,217.77	0.00	4.16	779.95	110	106	10	0.046	8.601	2249.013	39.847	31.246	3.125	0.313	0.031	1.13
0+753.10	2,217.17	2,217.17	0.00	4.20	784.15	110	106	10	0.046	8.647	2248.967	40.447	31.800	3.180	0.318	0.032	1.13
0+757.26	2,216.43	2,216.43	0.00	4.22	788.37	110	106	10	0.046	8.693	2248.921	41.180	32.487	3.249	0.325	0.033	1.13
0+761.42	2,215.78	2,215.78	0.00	4.21	792.58	110	106	10	0.046	8.739	2248.875	41.837	33.098	3.310	0.331	0.033	1.13
0+765.57	2,215.26	2,215.26	0.00	4.19	796.77	110	106	10	0.046	8.785	2248.829	42.349	33.564	3.356	0.336	0.034	1.13
0+769.73	2,214.65	2,214.65	0.00	4.20	800.97	110	106	10	0.046	8.831	2248.783	42.961	34.130	3.413	0.341	0.034	1.13
0+773.89	2,214.03	2,214.03	0.00	4.20	805.17	110	106	10	0.046	8.877	2248.737	43.585	34.708	3.471	0.347	0.035	1.13
0+778.04	2,213.51	2,213.51	0.00	4.19	809.36	110	106	10	0.046	8.923	2248.691	44.107	35.184	3.518	0.352	0.035	1.13
0+782.20	2,213.05	2,213.05	0.00	4.18	813.54	110	106	10	0.046	8.969	2248.645	44.563	35.594	3.559	0.356	0.036	1.13
0+786.36	2,212.58	2,212.58	0.00	4.18	817.72	110	106	10	0.046	0.046	2213.004	0.472	0.426	0.043	0.004	0.000	1.13
0+790.51	2,212.21	2,212.21	0.00	4.17	821.89	110	106	10	0.046	0.092	2212.958	0.839	0.747	0.075	0.008	0.001	1.13
0+794.67	2,211.95	2,211.95	0.00	4.17	826.06	110	106	10	0.046	0.138	2212.912	1.100	0.962	0.096	0.010	0.001	1.13
0+798.83	2,211.65	2,211.65	0.00	4.17	830.23	110	106	10	0.046	0.184	2212.866	1.403	1.219	0.122	0.012	0.001	1.13
0+802.98	2,211.20	2,211.20	0.00	4.18	834.41	110	106	10	0.046	0.230	2212.820	1.852	1.622	0.162	0.016	0.002	1.13
0+807.14	2,211.23	2,211.23	0.00	4.16	838.57	110	106	10	0.046	0.276	2212.774	1.819	1.543	0.154	0.015	0.002	1.13
0+811.30	2,210.42	2,210.42	0.00	4.24	842.81	110	106	10	0.047	0.323	2212.727	2.632	2.309	0.231	0.023	0.002	1.13
0+815.46	2,209.63	2,209.63	0.00	4.23	847.04	110	106	10	0.047	0.370	2212.680	3.417	3.047	0.305	0.031	0.003	1.13
0+819.61	2,209.53	2,209.53	0.00	4.16	851.20	110	106	10	0.046	0.416	2212.634	3.524	3.108	0.311	0.031	0.003	1.13
0+823.77	2,209.43	2,209.43	0.00	4.16	855.36	110	106	10	0.046	0.462	2212.588	3.624	3.162	0.316	0.032	0.003	1.13
0+827.93	2,209.33	2,209.33	0.00	4.16	859.52	110	106	10	0.046	0.508	2212.542	3.721	3.213	0.321	0.032	0.003	1.13
0+831.42	2,209.10	2,209.10	0.00	3.50	863.02	110	106	10	0.039	0.547	2212.503	3.946	3.399	0.340	0.034	0.003	1.13
0+834.91	2,209.00	2,209.00	0.00	3.49	866.51	110	106	10	0.038	0.585	2212.465	4.046	3.461	0.346	0.035	0.004	1.13
0+838.40	2,208.76	2,208.76	0.00	3.50	870.01	110	106	10	0.039	0.624	2212.426	4.288	3.664	0.366	0.037	0.004	1.13
0+841.89	2,208.36	2,208.36	0.00	3.51	873.52	110	106	10	0.039	0.663	2212.387	4.688	4.025	0.403	0.040	0.004	1.13
0+845.38	2,207.92	2,207.92	0.00	3.52	877.04	110	106	10	0.039	0.702	2212.348	5.127	4.425	0.442	0.044	0.004	1.13
0+848.86	2,207.28	2,207.28	0.00	3.55	880.59	110	106	10	0.039	0.741	2212.309	5.773	5.032	0.503	0.050	0.005	1.13
0+852.35	2,206.50	2,206.50	0.00	3.57	884.16	110	106	10	0.039	0.780	2212.270	6.545	5.765	0.577	0.058	0.006	1.13
0+855.84	2,205.97	2,205.97	0.00	3.53	887.69	110	106	10	0.039	0.819	2212.231	7.083	6.264	0.626	0.063	0.006	1.13
0+859.33	2,205.42	2,205.42	0.00	3.53	891.22	110	106	10	0.039	0.858	2212.192	7.629	6.771	0.677	0.068	0.007	1.13
0+863.23	2,204.95	2,204.95	0.00	3.92	895.14	110	106	10	0.043	0.901	2212.149	8.098	7.197	0.720	0.072	0.007	1.13
0+867.12	2,204.53	2,204.53	0.00	3.92	899.06	110	106	10	0.043	0.944	2212.106	8.524	7.580	0.758	0.076	0.008	1.13
0+871.01	2,204.19	2,204.19	0.00	3.91	902.97	110	106	10	0.043	0.987	2212.063	8.861	7.874	0.787	0.079	0.008	1.13
0+874.91	2,203.91	2,203.91	0.00	3.90	906.87	110	106	10	0.043	1.030	2212.020	9.141	8.111	0.811	0.081	0.008	1.13
0+878.80	2,203.67	2,203.67	0.00	3.90	910.77	110	106	10	0.043	1.073	2211.977	9.375	8.302	0.830	0.083	0.008	1.13
0+882.69	2,203.53	2,203.53	0.00	3.90	914.67	110	106	10	0.043	1.116	2211.934	9.521	8.405	0.840	0.084	0.008	1.13

0+886.59	2,203.49	2,203.49	0.00	3.89	918.56	110	106	10	0.043	1.159	2211.891	9.563	8.404	0.840	0.084	0.008	1.13
0+890.48	2,203.42	2,203.42	0.00	3.89	922.45	110	106	10	0.043	1.202	2211.848	9.628	8.426	0.843	0.084	0.008	1.13
0+894.37	2,203.39	2,203.39	0.00	3.89	926.34	110	106	10	0.043	1.245	2211.805	9.660	8.415	0.841	0.084	0.008	1.13
0+898.27	2,203.36	2,203.36	0.00	3.89	930.23	110	106	10	0.043	1.288	2211.762	9.692	8.404	0.840	0.084	0.008	1.13
0+902.07	2,202.97	2,202.97	0.00	3.82	934.05	110	106	10	0.042	1.330	2211.720	10.081	8.751	0.875	0.088	0.009	1.13
0+905.87	2,202.96	2,202.96	0.00	3.80	937.85	110	106	10	0.042	1.372	2211.678	10.089	8.717	0.872	0.087	0.009	1.13
0+909.67	2,202.85	2,202.85	0.00	3.80	941.65	110	106	10	0.042	1.414	2211.636	10.198	8.784	0.878	0.088	0.009	1.13
0+913.47	2,202.81	2,202.81	0.00	3.80	945.45	110	106	10	0.042	1.456	2211.594	10.238	8.782	0.878	0.088	0.009	1.13
0+917.28	2,202.78	2,202.78	0.00	3.80	949.25	110	106	10	0.042	1.498	2211.552	10.273	8.775	0.877	0.088	0.009	1.13
0+921.08	2,202.27	2,202.27	0.00	3.84	953.09	110	106	10	0.042	1.540	2211.510	10.783	9.243	0.924	0.092	0.009	1.13
0+924.88	2,201.87	2,201.87	0.00	3.82	956.91	110	106	10	0.042	1.582	2211.468	11.178	9.596	0.960	0.096	0.010	1.13
0+928.68	2,201.58	2,201.58	0.00	3.81	960.72	110	106	10	0.042	1.624	2211.426	11.471	9.847	0.985	0.099	0.010	1.13
0+932.48	2,201.47	2,201.47	0.00	3.80	964.52	110	106	10	0.042	1.666	2211.384	11.580	9.914	0.991	0.099	0.010	1.13
0+936.29	2,200.99	2,200.99	0.00	3.83	968.35	110	106	10	0.042	1.708	2211.342	12.061	10.353	1.035	0.104	0.010	1.13
0+940.09	2,200.73	2,200.73	0.00	3.81	972.16	110	106	10	0.042	1.750	2211.300	12.315	10.565	1.057	0.106	0.011	1.13
0+943.89	2,200.59	2,200.59	0.00	3.80	975.96	110	106	10	0.042	1.792	2211.258	12.459	10.667	1.067	0.107	0.011	1.13
0+947.69	2,200.54	2,200.54	0.00	3.80	979.76	110	106	10	0.042	1.834	2211.216	12.514	10.680	1.068	0.107	0.011	1.13
0+951.49	2,199.97	2,199.97	0.00	3.84	983.60	110	106	10	0.042	1.876	2211.174	13.081	11.205	1.121	0.112	0.011	1.13
0+955.29	2,199.69	2,199.69	0.00	3.81	987.41	110	106	10	0.042	1.918	2211.132	13.358	11.440	1.144	0.114	0.011	1.13
0+959.31	2,199.21	2,199.21	0.00	4.04	991.45	110	106	10	0.045	1.963	2211.087	13.838	11.875	1.188	0.119	0.012	1.13
0+963.32	2,198.71	2,198.71	0.00	4.05	995.50	110	106	10	0.045	2.008	2211.042	14.345	12.337	1.234	0.123	0.012	1.13
0+967.34	2,198.23	2,198.23	0.00	4.04	999.54	110	106	10	0.045	2.053	2210.997	14.822	12.769	1.277	0.128	0.013	1.13
0+971.35	2,197.00	2,197.00	0.00	4.20	1003.74	110	106	10	0.046	2.099	2210.951	16.046	13.947	1.395	0.140	0.014	1.13
0+975.36	2,196.59	2,196.59	0.00	4.04	1007.78	110	106	10	0.045	2.144	2210.906	16.465	14.321	1.432	0.143	0.014	1.13
0+979.38	2,196.14	2,196.14	0.00	4.04	1011.82	110	106	10	0.045	2.189	2210.861	16.911	14.722	1.472	0.147	0.015	1.13
0+983.39	2,195.68	2,195.68	0.00	4.04	1015.86	110	106	10	0.045	2.234	2210.816	17.372	15.138	1.514	0.151	0.015	1.13
0+987.40	2,195.12	2,195.12	0.00	4.05	1019.91	110	106	10	0.045	2.279	2210.771	17.927	15.648	1.565	0.157	0.016	1.13
0+991.42	2,194.51	2,194.51	0.00	4.06	1023.97	110	106	10	0.045	2.324	2210.726	18.544	16.220	1.622	0.162	0.016	1.13
0+995.43	2,193.30	2,193.30	0.00	4.19	1028.16	110	106	10	0.046	2.370	2210.680	19.751	17.381	1.738	0.174	0.017	1.13
0+999.28	2,192.42	2,192.42	0.00	3.95	1032.11	110	106	10	0.044	2.414	2210.636	20.627	18.213	1.821	0.182	0.018	1.13
1+003.14	2,192.26	2,192.26	0.00	3.86	1035.97	110	106	10	0.043	2.457	2210.593	20.788	18.331	1.833	0.183	0.018	1.13
1+006.99	2,192.94	2,192.94	0.00	3.91	1039.88	110	106	10	0.043	2.500	2210.550	20.110	17.610	1.761	0.176	0.018	1.13
1+010.84	2,194.07	2,194.07	0.00	4.02	1043.90	110	106	10	0.044	2.544	2210.506	18.976	16.432	1.643	0.164	0.016	1.13
1+014.70	2,195.50	2,195.50	0.00	4.11	1048.01	110	106	10	0.045	2.589	2210.461	17.549	14.960	1.496	0.150	0.015	1.13
1+018.55	2,196.41	2,196.41	0.00	3.96	1051.97	110	106	10	0.044	2.633	2210.417	16.639	14.006	1.401	0.140	0.014	1.13
1+022.40	2,196.68	2,196.68	0.00	3.86	1055.83	110	106	10	0.043	2.676	2210.374	16.370	13.694	1.369	0.137	0.014	1.13
1+026.26	2,196.86	2,196.86	0.00	3.86	1059.69	110	106	10	0.043	2.719	2210.331	16.185	13.466	1.347	0.135	0.014	1.13
1+030.11	2,196.61	2,196.61	0.00	3.86	1063.55	110	106	10	0.043	2.762	2210.288	16.444	13.682	1.368	0.137	0.014	1.13
1+033.96	2,196.48	2,196.48	0.00	3.85	1067.40	110	106	10	0.042	2.804	2210.246	16.566	13.762	1.376	0.138	0.014	1.13
1+037.81	2,196.36	2,196.36	0.00	3.86	1071.26	110	106	10	0.043	2.847	2210.203	16.695	13.848	1.385	0.139	0.014	1.13
1+041.83	2,196.29	2,196.29	0.00	4.01	1075.27	110	106	10	0.044	2.891	2210.159	16.762	13.871	1.387	0.139	0.014	1.13
1+045.84	2,196.27	2,196.27	0.00	4.01	1079.28	110	106	10	0.044	2.935	2210.115	16.784	13.849	1.385	0.139	0.014	1.13
1+049.85	2,196.24	2,196.24	0.00	4.01	1083.29	110	106	10	0.044	2.979	2210.071	16.813	13.834	1.383	0.138	0.014	1.13
1+053.86	2,196.26	2,196.26	0.00	4.01	1087.30	110	106	10	0.044	3.023	2210.027	16.786	13.763	1.376	0.138	0.014	1.13
1+057.87	2,195.85	2,195.85	0.00	4.03	1091.33	110	106	10	0.044	3.067	2209.983	17.198	14.131	1.413	0.141	0.014	1.13
1+061.89	2,196.05	2,196.05	0.00	4.02	1095.35	110	106	10	0.044	3.111	2209.939	16.998	13.887	1.389	0.139	0.014	1.13
1+065.90	2,196.20	2,196.20	0.00	4.01	1099.36	110	106	10	0.044	3.155	2209.895	16.855	13.700	1.370	0.137	0.014	1.13
1+069.91	2,196.29	2,196.29	0.00	4.01	1103.37	110	106	10	0.044	3.199	2209.851	16.761	13.562	1.356	0.136	0.014	1.13
1+073.92	2,196.55	2,196.55	0.00	4.02	1107.39	110	106	10	0.044	3.243	2209.807	16.495	13.252	1.325	0.133	0.013	1.13
1+077.93	2,196.88	2,196.88	0.00	4.02	1111.41	110	106	10	0.044	3.287	2209.763	16.172	12.885	1.289	0.129	0.013	1.13
1+081.94	2,197.18	2,197.18	0.00	4.02	1115.43	110	106	10	0.044	3.331	2209.719	15.867	12.536	1.254	0.125	0.013	1.13
1+085.96	2,196.70	2,196.70	0.00	4.04	1119.47	110	106	10	0.045	3.376	2209.674	16.346	12.970	1.297	0.130	0.013	1.13
1+090.44	2,196.91	2,196.91	0.00	4.49	1123.96	110	106	10	0.049	3.425	2209.625	16.136	12.711	1.271	0.127	0.013	1.13
1+094.93	2,196.99	2,196.99	0.00	4.49	1128.45	110	106	10	0.049	3.474	2209.576	16.056	12.582	1.258	0.126	0.013	1.13
1+099.41	2,196.28	2,196.28	0.00	4.54	1132.99	110	106	10	0.05	3.524	2209.526	16.765	13.241	1.324	0.132	0.013	1.13
1+103.89	2,196.39	2,196.39	0.00	4.49	1137.48	110	106	10	0.049	3.573	2209.477	16.660	13.087	1.309	0.131	0.013	1.13
1+108.38	2,196.39	2,196.39	0.00	4.48	1141.96	110	106	10	0.049	3.622	2209.428	16.663	13.041	1.304	0.130	0.013	1.13
1+112.86	2,196.40	2,196.40	0.00	4.48	1146.44	110	106	10	0.049	3.671	2209.379	16.654	12.983	1.298	0.130	0.013	1.13
1+117.04	2,196.45	2,196.45	0.00	4.18	1150.62	110	106	10	0.046	3.717	2209.333	16.598	12.881	1.288	0.129	0.013	1.13
1+121.22	2,197.01	2,197.01	0.00	4.22	1154.84	110	106	10	0.046	3.763	2209.287	16.039	12.276	1.228	0.123	0.012	1.13
1+125.40	2,196.88	2,196.88	0.00	4.18	1159.02	110	106	10	0.046	3.809	2209.241	16.169	12.360	1.236	0.124	0.012	1.13
1+129.58	2,196.71	2,196.71	0.00	4.18	1163.20	110	106	10	0.046	3.855	2209.195	16.340	12.485	1.248	0.125	0.013	1.13
1+133.76	2,196.58	2,196.58	0.00	4.18	1167.38	110	106	10	0.046	3.901	2209.149	16.466	12.565	1.257	0.126	0.013	1.13
1+137.94	2,196.48	2,196.48	0.00	4.18	1171.56	110	106	10	0.046	3.947	2209.103	16.571	12.624	1.262	0.126	0.013	1.13
1+142.12	2,197.06	2,197.06	0.00	4.22	1175.78	110	106	10	0.046	3.993	2209.057	15.991	11.998	1.200	0.120	0.012	1.13
1+146.30	2,196.90	2,196.90	0.00	4.18	1179.96	110	106	10	0.046	4.039	2209.011	16.154	12.115	1.211	0.121	0.012	1.13
1+150.48	2,196.89	2,196.89	0.00	4.18	1184.14	110	106	10	0.046	4.085	2208.965	16.155	12.070	1.207	0.121	0.012	1.13
1+154.65	2,196.92	2,196.92	0.00	4.18	1188.32	110	106	10	0.046	4.131	2208.919	16.131	12.000	1.200	0.120	0.012	1.13
1+158.83	2,196.91	2,196.91	0.00	4.18	1192.50	110	106	10	0.046	4.177	2208.873	16.136	11.959	1.196	0.120	0.012	1.13
1+163.01	2,196.93	2,196.93	0.00	4.18	1196.68	110	106	10	0.046	4.223	2208.827	16.124	11.901	1.190	0.119	0.012	1.13
1+167.19	2,196.95	2,196.95	0.00	4.18	1200.86	110	106	10	0.046	4.269	2208.781	16.104	11.835	1.183	0.118	0.012	1.13
1+171.37	2,196.78	2,196.78	0.00	4.18	1205.04	110	106	10	0.046	4.315	2208.735	16.270	11.955	1.196	0.120	0.012	1.13
1+175.55	2,196.49	2,196.49	0.00	4.19	1209.23	110	106	10	0.046	4.361	2208.689	16.559	12.198	1.220	0.122	0.012	1.13
1+179.73	2,196.25	2,196.25	0.00	4.19	1213.42	110	106	10	0.046	4.407	2208.643	16.804	12.397	1.240	0.124	0.012	1.13
1+184.49	2,195.98	2,195.98	0.00	4.76	1218.18	110	106	10	0.052	4.459	2208.591	17.067	12.608	1.261	0.126	0.013	1.13
1+189.24	2,195.72	2,195.72	0.00	4.77	1222.95	110	106	10	0.053	4.512	2208.538	17.335	12.823	1.282	0.128	0.013	1.13
1+194.00	2,195.58	2,195.58	0.00	4.76	1227.71	110	106	10	0.052	4.564	2208.486	17.467	12.903	1.290	0.129	0.013	1.13
1+198.76	2,196.26	2,196.26	0.00	4.81	1232.52	110	106	10	0.053	4.617	2208.433	16.792	12.175	1.217	0.122	0.012	1.13
1+202.90	2,196.36	2,196.36	0.00	4.15	1236.67	110	106	10	0.046	4.663	2208.387	16.692	12.029	1.203	0.120	0.012	1.13
1+207.05	2,195.59	2,195.59	0.00	4.21	1240.88	110	106	10	0.046	4.709	2208.341	17.460	12.751	1.275	0.128	0.013	1.13
1+211.19	2,195.53	2,195.53	0.00	4.14	1245.02	110	106	10	0.046	4.755	2208.295	17.524	12.769	1.277	0.128	0.013	1.13
1+215.34	2,195.51	2,195.51	0.00	4.14	1249.16	110	106	10	0.046	4.801	2208.249	17.542	12.741	1.274	0.127	0.013	1.13
1+219.48	2,195.55	2,195.55	0.00	4.14	1253.30	110	106	10	0.046	4.847	2208.203	17.504	12.657	1.266	0.127	0.013	1.13
1+222.99	2,195.57	2,195.57	0.00	3.51	1256.81	110	106	10	0.039	4.886	2208.164	17.480	12.594	1.259	0.126	0.013	1.13
1+226.50	2,194.92	2,194.92	0.00	3.57	1260.38	110	106	10	0.039	4.925	2208.125	18.134	13.209	1.321	0.132	0.013	1.13
1+230.01	2,194.89	2,194.89	0.00	3.51	1263.89	110	106	10	0.039	4.964	2208.086	18.157	13.193	1.319	0.132	0.013	1.13
1+233.53	2,194.22	2,194.22	0.00	3.58	1267.47	110	106	10	0.039	5.003	2208.047	18.833	13.830	1.383	0.138	0.014	1.13
1+237.04	2,193.70	2,193.70	0.00	3.55	1271.02	110	106	10	0.039	5.042	2208.008	19.355	14.313	1.431	0.143	0.014	1.13
1+240.30	2,193.12	2,193.12	0.00	3.32	1274.34	110	106	10	0.037	5.079	2207.971	19.927	14.848	1.485	0.149	0.015	1.13
1+243.57	2,193.17	2,193.17	0.00	3.27	1277.61	110	106	10	0.036	5.115	2207.935	19.878	14.763	1.476	0.148	0.015	1.13
1+246.84	2,192.59	2,192.59	0.00	3.32	1280.93	110	106	10	0.037	5.152	2207.898	20.462	15.310	1.531	0.153	0.015	1.13
1+250.10	2,191.96	2,191.96	0.00	3.33	1284.26	110	106	10	0.037	5.189	2207.861	21.093	15.904	1.590	0.159	0.016	1.13

1+253.37	2,191.79	2,191.79	0.00	3.27	1287.53	110	106	10	0.036	5.225	2207.825	21.261	16.036	1.604	0.160	0.016	1.13
1+257.81	2,191.57	2,191.57	0.00	4.45	1291.98	110	106	10	0.049	5.274	2207.776	21.485	16.211	1.621	0.162	0.016	1.13
1+262.26	2,190.85	2,190.85	0.00	4.50	1296.48	110	106	10	0.05	5.324	2207.726	22.196	16.872	1.687	0.169	0.017	1.13
1+266.70	2,190.58	2,190.58	0.00	4.45	1300.93	110	106	10	0.049	5.373	2207.677	22.469	17.096	1.710	0.171	0.017	1.13
1+270.77	2,190.32	2,190.32	0.00	4.07	1305.00	110	106	10	0.045	5.418	2207.632	22.733	17.315	1.731	0.173	0.017	1.13
1+274.83	2,190.12	2,190.12	0.00	4.07	1309.07	110	106	10	0.045	5.463	2207.587	22.927	17.464	1.746	0.175	0.018	1.13
1+278.89	2,189.96	2,189.96	0.00	4.07	1313.14	110	106	10	0.045	5.508	2207.542	23.093	17.585	1.758	0.176	0.018	1.13
1+282.96	2,189.81	2,189.81	0.00	4.07	1317.21	110	106	10	0.045	5.553	2207.497	23.244	17.691	1.769	0.177	0.018	1.13
1+287.02	2,189.32	2,189.32	0.00	4.09	1321.30	110	106	10	0.045	5.598	2207.452	23.725	18.127	1.813	0.181	0.018	1.13
1+291.08	2,188.83	2,188.83	0.00	4.09	1325.39	110	106	10	0.045	5.643	2207.407	24.219	18.576	1.858	0.186	0.019	1.13
1+295.15	2,188.93	2,188.93	0.00	4.06	1329.45	110	106	10	0.045	5.688	2207.362	24.120	18.432	1.843	0.184	0.018	1.13
1+299.21	2,188.96	2,188.96	0.00	4.06	1333.51	110	106	10	0.045	5.733	2207.317	24.087	18.354	1.835	0.184	0.018	1.13
1+303.27	2,188.78	2,188.78	0.00	4.07	1337.58	110	106	10	0.045	5.778	2207.272	24.275	18.497	1.850	0.185	0.019	1.13
1+307.34	2,188.45	2,188.45	0.00	4.08	1341.66	110	106	10	0.045	5.823	2207.227	24.601	18.778	1.878	0.188	0.019	1.13
1+311.40	2,188.17	2,188.17	0.00	4.07	1345.73	110	106	10	0.045	5.868	2207.182	24.883	19.015	1.902	0.190	0.019	1.13
1+315.46	2,187.89	2,187.89	0.00	4.07	1349.80	110	106	10	0.045	5.913	2207.137	25.165	19.252	1.925	0.193	0.019	1.13
1+319.52	2,187.57	2,187.57	0.00	4.08	1353.88	110	106	10	0.045	5.958	2207.092	25.484	19.526	1.953	0.195	0.020	1.13
1+323.59	2,187.05	2,187.05	0.00	4.10	1357.98	110	106	10	0.045	6.003	2207.047	25.996	19.993	1.999	0.200	0.020	1.13
1+327.65	2,186.48	2,186.48	0.00	4.10	1362.08	110	106	10	0.045	6.048	2207.002	26.569	20.521	2.052	0.205	0.021	1.13
1+331.44	2,186.79	2,186.79	0.00	3.80	1365.88	110	106	10	0.042	6.090	2206.960	26.262	20.172	2.017	0.202	0.020	1.13
1+335.23	2,185.98	2,185.98	0.00	3.88	1369.76	110	106	10	0.043	6.133	2206.917	27.065	20.932	2.093	0.209	0.021	1.13
1+339.02	2,186.01	2,186.01	0.00	3.79	1373.55	110	106	10	0.042	6.175	2206.875	27.035	20.860	2.086	0.209	0.021	1.13
1+342.82	2,184.89	2,184.89	0.00	3.95	1377.50	110	106	10	0.044	6.219	2206.831	28.162	21.943	2.194	0.219	0.022	1.13
1+346.61	2,184.60	2,184.60	0.00	3.80	1381.30	110	106	10	0.042	6.261	2206.789	28.451	22.190	2.219	0.222	0.022	1.13
1+350.83	2,182.91	2,182.91	0.00	4.55	1385.85	110	106	10	0.05	6.311	2206.739	30.139	23.828	2.383	0.238	0.024	1.13
1+355.06	2,181.44	2,181.44	0.00	4.47	1390.32	110	106	10	0.049	6.360	2206.690	31.611	25.251	2.525	0.253	0.025	1.13
1+359.28	2,179.91	2,179.91	0.00	4.49	1394.81	110	106	10	0.049	6.409	2206.641	33.136	26.727	2.673	0.267	0.027	1.13
1+363.50	2,179.21	2,179.21	0.00	4.28	1399.09	110	106	10	0.047	6.456	2206.594	33.839	27.383	2.738	0.274	0.027	1.13
1+366.73	2,178.67	2,178.67	0.00	3.27	1402.36	110	106	10	0.036	6.492	2206.558	34.379	27.887	2.789	0.279	0.028	1.13
1+369.95	2,177.77	2,177.77	0.00	3.35	1405.71	110	106	10	0.037	6.529	2206.521	35.280	28.751	2.875	0.288	0.029	1.13
1+373.17	2,177.37	2,177.37	0.00	3.25	1408.96	110	106	10	0.036	6.565	2206.485	35.678	29.113	2.911	0.291	0.029	1.13
1+376.40	2,176.87	2,176.87	0.00	3.26	1412.22	110	106	10	0.036	6.601	2206.449	36.181	29.580	2.958	0.296	0.030	1.13

1+379.62	2,175.46	2,175.46	0.00	3.52	1415.74	110	106	10	0.039	6.640	2206.410	37.594	30.954	3.095	0.310	0.031	1.13
1+382.85	2,174.70	2,174.70	0.00	3.31	1419.05	110	106	10	0.036	6.676	2206.374	38.353	31.677	3.168	0.317	0.032	1.13
1+386.12	2,174.38	2,174.38	0.00	3.29	1422.34	110	106	10	0.036	6.712	2206.338	38.671	31.959	3.196	0.320	0.032	1.13
1+389.39	2,174.07	2,174.07	0.00	3.29	1425.63	110	106	10	0.036	6.748	2206.302	38.983	32.235	3.224	0.322	0.032	1.13
1+392.66	2,173.06	2,173.06	0.00	3.42	1429.05	110	106	10	0.038	6.786	2206.264	39.987	33.201	3.320	0.332	0.033	1.13
1+395.93	2,172.70	2,172.70	0.00	3.29	1432.34	110	106	10	0.036	6.822	2206.228	40.349	33.527	3.353	0.335	0.034	1.13
1+399.20	2,172.29	2,172.29	0.00	3.30	1435.64	110	106	10	0.036	6.858	2206.192	40.762	33.904	3.390	0.339	0.034	1.13
1+402.47	2,171.81	2,171.81	0.00	3.31	1438.95	110	106	10	0.036	0.036	2172.252	0.482	0.446	0.045	0.005	0.001	1.13
1+405.74	2,171.23	2,171.23	0.00	3.32	1442.27	110	106	10	0.037	0.073	2172.215	1.054	0.981	0.098	0.010	0.001	1.13
1+409.01	2,170.61	2,170.61	0.00	3.33	1445.60	110	106	10	0.037	0.110	2172.178	1.674	1.564	0.156	0.016	0.002	1.13
1+412.29	2,169.97	2,169.97	0.00	3.33	1448.93	110	106	10	0.037	0.147	2172.141	2.317	2.170	0.217	0.022	0.002	1.13
1+415.56	2,168.48	2,168.48	0.00	3.59	1452.52	110	106	10	0.04	0.187	2172.101	3.807	3.620	0.362	0.036	0.004	1.13
1+418.83	2,167.77	2,167.77	0.00	3.35	1455.87	110	106	10	0.037	0.224	2172.064	4.513	4.289	0.429	0.043	0.004	1.13
1+422.10	2,167.09	2,167.09	0.00	3.34	1459.21	110	106	10	0.037	0.261	2172.027	5.197	4.936	0.494	0.049	0.005	1.13
1+425.58	2,165.61	2,165.61	0.00	3.78	1462.99	110	106	10	0.042	0.303	2171.985	6.674	6.371	0.637	0.064	0.006	1.13
1+429.06	2,164.90	2,164.90	0.00	3.55	1466.54	110	106	10	0.039	0.342	2171.946	7.393	7.051	0.705	0.071	0.007	1.13
1+432.54	2,164.16	2,164.16	0.00	3.56	1470.10	110	106	10	0.039	0.381	2171.907	8.123	7.742	0.774	0.077	0.008	1.13
1+436.02	2,162.90	2,162.90	0.00	3.70	1473.80	110	106	10	0.041	0.422	2171.866	9.386	8.964	0.896	0.090	0.009	1.13
1+439.50	2,162.23	2,162.23	0.00	3.55	1477.35	110	106	10	0.039	0.461	2171.827	10.062	9.601	0.960	0.096	0.010	1.13
1+442.98	2,161.65	2,161.65	0.00	3.53	1480.88	110	106	10	0.039	0.500	2171.788	10.641	10.141	1.014	0.101	0.010	1.13
1+446.36	2,161.11	2,161.11	0.00	3.42	1484.30	110	106	10	0.038	0.538	2171.750	11.175	10.637	1.064	0.106	0.011	1.13
1+449.74	2,160.09	2,160.09	0.00	3.53	1487.83	110	106	10	0.039	0.577	2171.711	12.199	11.622	1.162	0.116	0.012	1.13
1+453.12	2,159.43	2,159.43	0.00	3.44	1491.27	110	106	10	0.038	0.615	2171.673	12.854	12.239	1.224	0.122	0.012	1.13
1+456.50	2,158.94	2,158.94	0.00	3.42	1494.69	110	106	10	0.038	0.653	2171.635	13.351	12.698	1.270	0.127	0.013	1.13
1+459.60	2,158.20	2,158.20	0.00	3.19	1497.88	110	106	10	0.035	0.688	2171.600	14.089	13.401	1.340	0.134	0.013	1.13
1+462.71	2,157.21	2,157.21	0.00	3.26	1501.14	110	106	10	0.036	0.724	2171.564	15.078	14.354	1.435	0.144	0.014	1.13
1+465.81	2,156.53	2,156.53	0.00	3.18	1504.32	110	106	10	0.035	0.759	2171.529	15.760	15.001	1.500	0.150	0.015	1.13
1+468.91	2,155.68	2,155.68	0.00	3.22	1507.54	110	106	10	0.035	0.794	2171.494	16.609	15.815	1.581	0.158	0.016	1.13
1+472.01	2,155.15	2,155.15	0.00	3.15	1510.69	110	106	10	0.035	0.829	2171.459	17.141	16.312	1.631	0.163	0.016	1.13
1+475.12	2,154.81	2,154.81	0.00	3.12	1513.81	110	106	10	0.034	0.863	2171.425	17.476	16.613	1.661	0.166	0.017	1.13
1+478.32	2,154.37	2,154.37	0.00	3.24	1517.05	110	106	10	0.036	0.899	2171.389	17.916	17.017	1.702	0.170	0.017	1.13
1+481.53	2,154.09	2,154.09	0.00	3.22	1520.27	110	106	10	0.035	0.934	2171.354	18.198	17.264	1.726	0.173	0.017	1.13
1+484.74	2,153.85	2,153.85	0.00	3.22	1523.49	110	106	10	0.035	0.969	2171.319	18.442	17.473	1.747	0.175	0.018	1.13
1+487.95	2,153.81	2,153.81	0.00	3.21	1526.70	110	106	10	0.035	1.004	2171.284	18.480	17.476	1.748	0.175	0.018	1.13
1+491.16	2,153.54	2,153.54	0.00	3.22	1529.92	110	106	10	0.035	1.039	2171.249	18.751	17.712	1.771	0.177	0.018	1.13
1+494.36	2,153.31	2,153.31	0.00	3.22	1533.14	110	106	10	0.035	1.074	2171.214	18.974	17.900	1.790	0.179	0.018	1.13
1+497.57	2,152.97	2,152.97	0.00	3.23	1536.37	110	106	10	0.036	1.110	2171.178	19.322	18.212	1.821	0.182	0.018	1.13
1+500.78	2,152.56	2,152.56	0.00	3.23	1539.60	110	106	10	0.036	1.146	2171.142	19.729	18.583	1.858	0.186	0.019	1.13
1+503.99	2,152.39	2,152.39	0.00	3.21	1542.81	110	106	10	0.035	1.181	2171.107	19.900	18.719	1.872	0.187	0.019	1.13
1+507.19	2,151.98	2,151.98	0.00	3.23	1546.04	110	106	10	0.036	1.217	2171.071	20.304	19.087	1.909	0.191	0.019	1.13
1+510.40	2,151.67	2,151.67	0.00	3.22	1549.26	110	106	10	0.035	1.252	2171.036	20.614	19.362	1.936	0.194	0.019	1.13
1+513.61	2,151.85	2,151.85	0.00	3.21	1552.47	110	106	10	0.035	1.287	2171.001	20.442	19.155	1.915	0.192	0.019	1.13
1+516.82	2,151.61	2,151.61	0.00	3.22	1555.69	110	106	10	0.035	1.322	2170.966	20.677	19.355	1.935	0.194	0.019	1.13
1+520.03	2,151.19	2,151.19	0.00	3.23	1558.92	110	106	10	0.036	1.358	2170.930	21.095	19.737	1.974	0.197	0.020	1.13
1+523.23	2,150.92	2,150.92	0.00	3.22	1562.14	110	106	10	0.035	1.393	2170.895	21.371	19.978	1.998	0.200	0.020	1.13
1+526.44	2,150.70	2,150.70	0.00	3.21	1565.35	110	106	10	0.035	1.428	2170.860	21.584	20.156	2.016	0.202	0.020	1.13
1+530.53	2,149.92	2,149.92	0.00	4.16	1569.51	110	106	10	0.046	1.474	2170.814	22.365	20.891	2.089	0.209	0.021	1.13
1+534.62	2,149.36	2,149.36	0.00	4.13	1573.64	110	106	10	0.045	1.519	2170.769	22.926	21.407	2.141	0.214	0.021	1.13
1+537.94	2,149.47	2,149.47	0.00	3.33	1576.97	110	106	10	0.037	1.556	2170.732	22.822	21.266	2.127	0.213	0.021	1.13
1+541.27	2,148.79	2,148.79	0.00	3.40	1580.37	110	106	10	0.037	1.593	2170.695	23.501	21.908	2.191	0.219	0.022	1.13
1+544.60	2,148.59	2,148.59	0.00	3.33	1583.70	110	106	10	0.037	1.630	2170.658	23.698	22.068	2.207	0.221	0.022	1.13
1+548.16	2,148.20	2,148.20	0.00	3.59	1587.29	110	106	10	0.04	1.670	2170.618	24.091	22.421	2.242	0.224	0.022	1.13
1+551.73	2,147.79	2,147.79	0.00	3.59	1590.88	110	106	10	0.04	1.710	2170.578	24.501	22.791	2.279	0.228	0.023	1.13
1+555.29	2,147.20	2,147.20	0.00	3.61	1594.49	110	106	10	0.04	1.750	2170.538	25.092	23.342	2.334	0.233	0.023	1.13
1+558.86	2,146.66	2,146.66	0.00	3.61	1598.10	110	106	10	0.04	1.790	2170.498	25.625	23.835	2.383	0.238	0.024	1.13

1+562.42	2,146.59	2,146.59	0.00	3.57	1601.67	110	106	10	0.039	1.829	2170.459	25.696	23.867	2.387	0.239	0.024	1.13
1+566.17	2,145.41	2,145.41	0.00	3.93	1605.60	110	106	10	0.043	1.872	2170.416	26.875	25.003	2.500	0.250	0.025	1.13
1+569.92	2,144.46	2,144.46	0.00	3.87	1609.47	110	106	10	0.043	1.915	2170.373	27.823	25.908	2.591	0.259	0.026	1.13
1+573.67	2,144.79	2,144.79	0.00	3.76	1613.23	110	106	10	0.041	1.956	2170.332	27.498	25.542	2.554	0.255	0.026	1.13
1+577.42	2,143.80	2,143.80	0.00	3.88	1617.11	110	106	10	0.043	1.999	2170.289	28.484	26.485	2.649	0.265	0.027	1.13
1+581.17	2,142.95	2,142.95	0.00	3.85	1620.96	110	106	10	0.042	2.041	2170.247	29.336	27.295	2.729	0.273	0.027	1.13
1+584.92	2,142.29	2,142.29	0.00	3.81	1624.77	110	106	10	0.042	2.083	2170.205	29.993	27.910	2.791	0.279	0.028	1.13
1+588.67	2,142.47	2,142.47	0.00	3.75	1628.52	110	106	10	0.041	2.124	2170.164	29.814	27.690	2.769	0.277	0.028	1.13
1+592.42	2,141.70	2,141.70	0.00	3.83	1632.35	110	106	10	0.042	2.166	2170.122	30.593	28.427	2.843	0.284	0.028	1.13
1+596.17	2,140.95	2,140.95	0.00	3.82	1636.17	110	106	10	0.042	2.208	2170.080	31.334	29.126	2.913	0.291	0.029	1.13
1+599.92	2,141.08	2,141.08	0.00	3.75	1639.92	110	106	10	0.041	2.249	2170.039	31.212	28.963	2.896	0.290	0.029	1.13
1+603.67	2,140.30	2,140.30	0.00	3.83	1643.75	110	106	10	0.042	2.291	2169.997	31.990	29.699	2.970	0.297	0.030	1.13
1+607.42	2,139.70	2,139.70	0.00	3.80	1647.55	110	106	10	0.042	2.333	2169.955	32.591	30.258	3.026	0.303	0.030	1.13
1+611.17	2,140.06	2,140.06	0.00	3.77	1651.32	110	106	10	0.042	2.375	2169.913	32.228	29.853	2.985	0.299	0.030	1.13
1+614.92	2,139.26	2,139.26	0.00	3.83	1655.15	110	106	10	0.042	2.417	2169.871	33.031	30.614	3.061	0.306	0.031	1.13
1+618.67	2,138.51	2,138.51	0.00	3.82	1658.97	110	106	10	0.042	2.459	2169.829	33.776	31.317	3.132	0.313	0.031	1.13
1+622.42	2,137.65	2,137.65	0.00	3.85	1662.82	110	106	10	0.042	2.501	2169.787	34.635	32.134	3.213	0.321	0.032	1.13
1+626.06	2,138.06	2,138.06	0.00	3.66	1666.48	110	106	10	0.04	2.541	2169.747	34.226	31.685	3.169	0.317	0.032	1.13
1+629.70	2,138.51	2,138.51	0.00	3.67	1670.15	110	106	10	0.04	2.581	2169.707	33.779	31.198	3.120	0.312	0.031	1.13
1+633.34	2,137.50	2,137.50	0.00	3.78	1673.93	110	106	10	0.042	2.623	2169.665	34.788	32.165	3.217	0.322	0.032	1.13
1+636.98	2,137.94	2,137.94	0.00	3.67	1677.60	110	106	10	0.04	2.663	2169.625	34.351	31.688	3.169	0.317	0.032	1.13
1+640.62	2,136.96	2,136.96	0.00	3.77	1681.37	110	106	10	0.042	2.705	2169.583	35.326	32.621	3.262	0.326	0.033	1.13
1+644.26	2,138.50	2,138.50	0.00	3.95	1685.32	110	106	10	0.044	2.749	2169.539	33.787	31.038	3.104	0.310	0.031	1.13
1+648.67	2,137.46	2,137.46	0.00	4.53	1689.85	110	106	10	0.05	2.799	2169.489	34.824	32.025	3.202	0.320	0.032	1.13
1+653.08	2,136.78	2,136.78	0.00	4.46	1694.31	110	106	10	0.049	2.848	2169.440	35.509	32.661	3.266	0.327	0.033	1.13
1+657.49	2,136.63	2,136.63	0.00	4.41	1698.72	110	106	10	0.049	2.897	2169.391	35.654	32.757	3.276	0.328	0.033	1.13
1+661.90	2,135.05	2,135.05	0.00	4.69	1703.41	110	106	10	0.052	2.949	2169.339	37.235	34.286	3.429	0.343	0.034	1.13
1+666.31	2,134.48	2,134.48	0.00	4.45	1707.86	110	106	10	0.049	2.998	2169.290	37.810	34.812	3.481	0.348	0.035	1.13
1+670.72	2,134.09	2,134.09	0.00	4.43	1712.29	110	106	10	0.049	3.047	2169.241	38.194	35.147	3.515	0.352	0.035	1.13
1+675.19	2,132.67	2,132.67	0.00	4.69	1716.98	110	106	10	0.052	3.099	2169.189	39.618	36.519	3.652	0.365	0.037	1.13
1+679.66	2,132.18	2,132.18	0.00	4.50	1721.48	110	106	10	0.05	3.149	2169.139	40.107	36.958	3.696	0.370	0.037	1.13
1+684.13	2,131.81	2,131.81	0.00	4.49	1725.97	110	106	10	0.049	3.198	2169.090	40.475	37.277	3.728	0.373	0.037	1.13
1+688.60	2,131.54	2,131.54	0.00	4.48	1730.45	110	106	10	0.049	3.247	2169.041	40.745	37.498	3.750	0.375	0.038	1.13

Nota: Elaboración propia (2026)

Anexo 2 *Resumen configuración tramo 2*

Q (L/s) adj	10		Ancho
C			Sup (m)
Dext(mm)	160	110	Inf(m)
Dint(mm)	147.6	104.6	84.2

$$hf = \frac{10.70LQ^{1.852}}{D^{4.87}C^{1.852}}$$

				Longitud (m)		DIAMETRO (mm)		Q	PERDIDAS (m)				PRESION DE TRABAJO				
Abscisa	Cota (m)	Cota Proyecto (m)	Corte (m)	Parcial	Acumulada	Externo	Interno	Caudal (L/s)	Parcial	Acumulada	Piezométrica	Estatica	METROS	kgf/cm2	Mpa	PSI	Velocidad (m/s)
0+000.00	2,257.61	2,257.61	0.00		0	110	106	10	0	0.000	2257.614	0	0.000	0.000	0.000	0.000	
0+003.30	2,255.02	2,255.02	0.00	4.20	4.20	110	106	10	0.046	0.046	2257.568	2.596	2.550	0.255	0.026	0.003	1.13
0+006.61	2,252.91	2,252.91	0.00	3.92	8.12	110	106	10	0.043	0.089	2257.525	4.701	4.612	0.461	0.046	0.005	1.13
0+009.91	2,250.18	2,250.18	0.00	4.29	12.41	110	106	10	0.047	0.136	2257.478	7.432	7.296	0.730	0.073	0.007	1.13
0+013.22	2,247.73	2,247.73	0.00	4.11	16.52	110	106	10	0.045	0.181	2257.433	9.879	9.698	0.970	0.097	0.010	1.13
0+016.52	2,243.61	2,243.61	0.00	5.29	21.81	110	106	10	0.058	0.239	2257.375	14.005	13.766	1.377	0.138	0.014	1.13
0+019.83	2,242.06	2,242.06	0.00	3.65	25.46	110	106	10	0.04	0.279	2257.335	15.556	15.277	1.528	0.153	0.015	1.13
0+023.13	2,241.16	2,241.16	0.00	3.42	28.88	110	106	10	0.038	0.317	2257.297	16.455	16.138	1.614	0.161	0.016	1.13
0+026.44	2,240.50	2,240.50	0.00	3.37	32.25	110	106	10	0.037	0.354	2257.260	17.114	16.760	1.676	0.168	0.017	1.13
0+029.74	2,240.02	2,240.02	0.00	3.34	35.59	110	106	10	0.037	0.391	2257.223	17.592	17.201	1.720	0.172	0.017	1.13
0+033.05	2,240.61	2,240.61	0.00	3.36	38.95	110	106	10	0.037	0.428	2257.186	17.007	16.579	1.658	0.166	0.017	1.13
0+036.21	2,241.37	2,241.37	0.00	3.26	42.21	110	106	10	0.036	0.464	2257.150	16.243	15.779	1.578	0.158	0.016	1.13
0+039.38	2,241.85	2,241.85	0.00	3.20	45.41	110	106	10	0.035	0.499	2257.115	15.761	15.262	1.526	0.153	0.015	1.13
0+042.55	2,241.88	2,241.88	0.00	3.17	48.58	110	106	10	0.035	0.534	2257.080	15.737	15.203	1.520	0.152	0.015	1.13
0+045.71	2,243.45	2,243.45	0.00	3.53	52.11	110	106	10	0.039	0.573	2257.041	14.166	13.593	1.359	0.136	0.014	1.13
0+048.88	2,243.76	2,243.76	0.00	3.18	55.29	110	106	10	0.035	0.608	2257.006	13.855	13.247	1.325	0.133	0.013	1.13
0+052.04	2,243.82	2,243.82	0.00	3.17	58.46	110	106	10	0.035	0.643	2256.971	13.790	13.147	1.315	0.132	0.013	1.13
0+055.21	2,245.31	2,245.31	0.00	3.50	61.96	110	106	10	0.039	0.682	2256.932	12.303	11.621	1.162	0.116	0.012	1.13
0+058.38	2,244.49	2,244.49	0.00	3.27	65.23	110	106	10	0.036	0.718	2256.896	13.123	12.405	1.241	0.124	0.012	1.13
0+061.54	2,243.47	2,243.47	0.00	3.33	68.56	110	106	10	0.037	0.755	2256.859	14.146	13.391	1.339	0.134	0.013	1.13
0+064.71	2,244.22	2,244.22	0.00	3.25	71.81	110	106	10	0.036	0.791	2256.823	13.392	12.601	1.260	0.126	0.013	1.13
0+067.87	2,242.56	2,242.56	0.00	3.57	75.38	110	106	10	0.039	0.830	2256.784	15.051	14.221	1.422	0.142	0.014	1.13
0+071.04	2,241.06	2,241.06	0.00	3.51	78.89	110	106	10	0.039	0.869	2256.745	16.558	15.689	1.569	0.157	0.016	1.13
0+074.21	2,241.45	2,241.45	0.00	3.19	82.08	110	106	10	0.035	0.904	2256.710	16.161	15.257	1.526	0.153	0.015	1.13
0+077.37	2,239.98	2,239.98	0.00	3.49	85.57	110	106	10	0.038	0.942	2256.672	17.633	16.691	1.669	0.167	0.017	1.13
0+080.54	2,238.43	2,238.43	0.00	3.52	89.09	110	106	10	0.039	0.981	2256.633	19.181	18.200	1.820	0.182	0.018	1.13
0+083.71	2,238.92	2,238.92	0.00	3.20	92.29	110	106	10	0.035	1.016	2256.598	18.693	17.677	1.768	0.177	0.018	1.13
0+086.87	2,237.42	2,237.42	0.00	3.50	95.79	110	106	10	0.039	1.055	2256.559	20.193	19.138	1.914	0.191	0.019	1.13
0+090.04	2,235.85	2,235.85	0.00	3.53	99.32	110	106	10	0.039	1.094	2256.520	21.764	20.670	2.067	0.207	0.021	1.13
0+093.20	2,234.31	2,234.31	0.00	3.52	102.84	110	106	10	0.039	1.133	2256.481	23.304	22.171	2.217	0.222	0.022	1.13
0+096.37	2,235.65	2,235.65	0.00	3.44	106.28	110	106	10	0.038	1.171	2256.443	21.960	20.789	2.079	0.208	0.021	1.13
0+099.63	2,234.60	2,234.60	0.00	3.42	109.70	110	106	10	0.038	1.209	2256.405	23.009	21.800	2.180	0.218	0.022	1.13
0+102.89	2,233.21	2,233.21	0.00	3.54	113.24	110	106	10	0.039	1.248	2256.366	24.402	23.154	2.315	0.232	0.023	1.13
0+106.14	2,235.31	2,235.31	0.00	3.88	117.12	110	106	10	0.043	1.291	2256.323	22.299	21.008	2.101	0.210	0.021	1.13
0+109.40	2,234.42	2,234.42	0.00	3.38	120.50	110	106	10	0.037	1.328	2256.286	23.194	21.866	2.187	0.219	0.022	1.13
0+112.66	2,236.81	2,236.81	0.00	4.04	124.54	110	106	10	0.045	1.373	2256.241	20.806	19.433	1.943	0.194	0.019	1.13
0+115.92	2,235.93	2,235.93	0.00	3.37	127.91	110	106	10	0.037	1.410	2256.204	21.679	20.269	2.027	0.203	0.020	1.13
0+119.18	2,234.84	2,234.84	0.00	3.44	131.35	110	106	10	0.038	1.448	2256.166	22.773	21.325	2.133	0.213	0.021	1.13
0+122.43	2,236.92	2,236.92	0.00	3.87	135.22	110	106	10	0.043	1.491	2256.123	20.692	19.201	1.920	0.192	0.019	1.13
0+125.69	2,235.69	2,235.69	0.00	3.48	138.70	110	106	10	0.038	1.529	2256.085	21.925	20.396	2.040	0.204	0.020	1.13
0+128.95	2,234.71	2,234.71	0.00	3.40	142.10	110	106	10	0.037	1.566	2256.048	22.905	21.339	2.134	0.213	0.021	1.13
0+132.21	2,237.12	2,237.12	0.00	4.05	146.15	110	106	10	0.045	1.611	2256.003	20.494	18.883	1.888	0.189	0.019	1.13

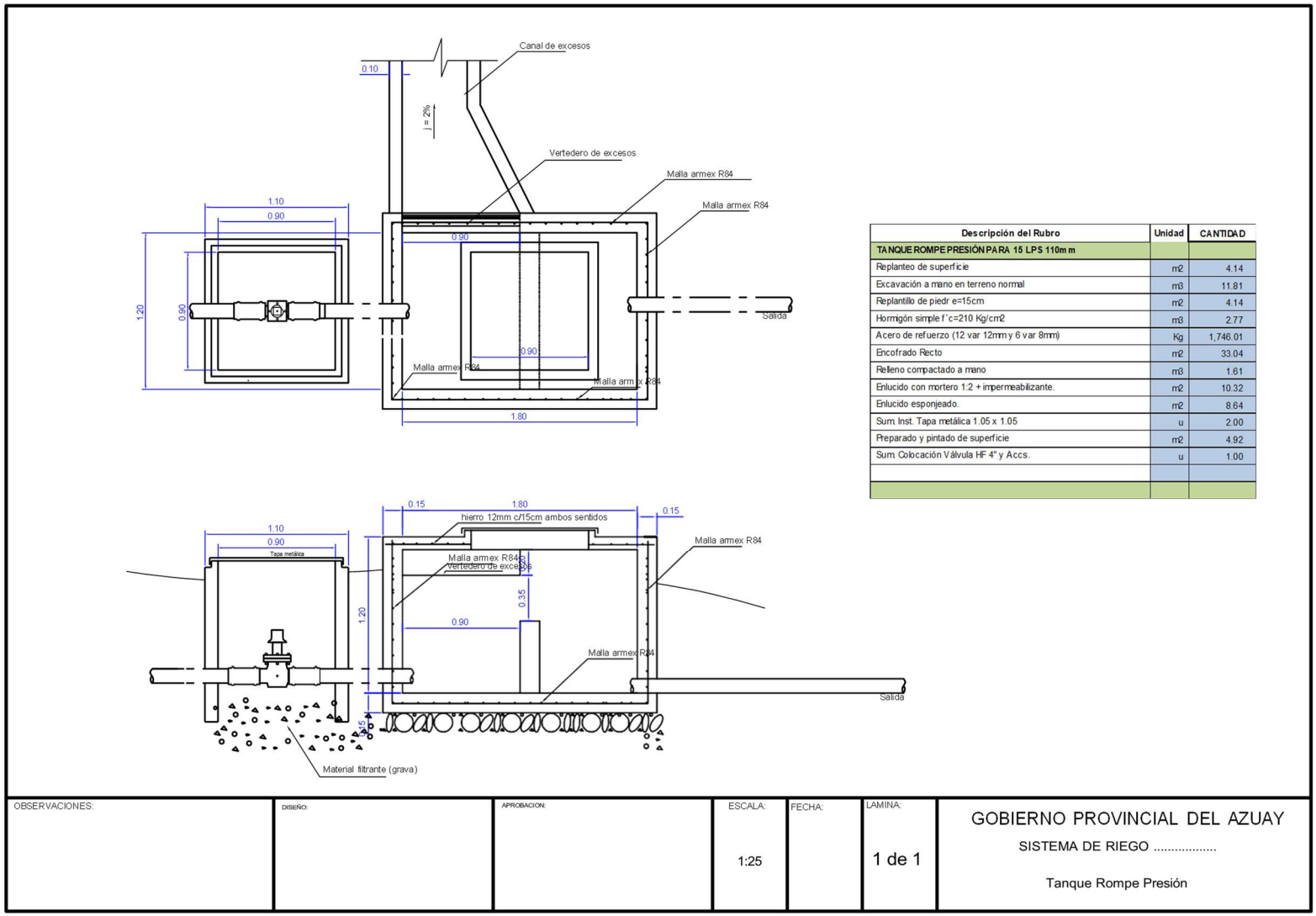
0+135.47	2,236.31	2,236.31	0.00	3.36	149.51	110	106	10	0.037	1.648	2255.966	21.299	19.651	1.965	0.197	0.020	1.13
0+138.72	2,234.82	2,234.82	0.00	3.59	153.10	110	106	10	0.04	1.688	2255.926	22.798	21.110	2.111	0.211	0.021	1.13
0+141.98	2,237.30	2,237.30	0.00	4.09	157.19	110	106	10	0.045	1.733	2255.881	20.318	18.585	1.858	0.186	0.019	1.13
0+145.24	2,236.61	2,236.61	0.00	3.33	160.52	110	106	10	0.037	1.770	2255.844	21.001	19.231	1.923	0.192	0.019	1.13
0+148.71	2,239.09	2,239.09	0.00	4.26	164.78	110	106	10	0.047	1.817	2255.797	18.524	16.707	1.671	0.167	0.017	1.13
0+152.17	2,238.40	2,238.40	0.00	3.53	168.31	110	106	10	0.039	1.856	2255.758	19.215	17.359	1.736	0.174	0.017	1.13
0+155.64	2,237.71	2,237.71	0.00	3.53	171.84	110	106	10	0.039	1.895	2255.719	19.903	18.008	1.801	0.180	0.018	1.13
0+159.11	2,240.41	2,240.41	0.00	4.39	176.23	110	106	10	0.048	1.943	2255.671	17.203	15.260	1.526	0.153	0.015	1.13
0+162.57	2,239.93	2,239.93	0.00	3.50	179.73	110	106	10	0.039	1.982	2255.632	17.682	15.700	1.570	0.157	0.016	1.13
0+166.04	2,242.74	2,242.74	0.00	4.46	184.19	110	106	10	0.049	2.031	2255.583	14.872	12.841	1.284	0.128	0.013	1.13
0+169.51	2,242.22	2,242.22	0.00	3.51	187.70	110	106	10	0.039	2.070	2255.544	15.391	13.321	1.332	0.133	0.013	1.13
0+172.97	2,244.04	2,244.04	0.00	3.91	191.61	110	106	10	0.043	2.113	2255.501	13.574	11.461	1.146	0.115	0.012	1.13
0+176.44	2,243.51	2,243.51	0.00	3.51	195.12	110	106	10	0.039	2.152	2255.462	14.104	11.952	1.195	0.120	0.012	1.13
0+179.91	2,242.83	2,242.83	0.00	3.53	198.65	110	106	10	0.039	2.191	2255.423	14.780	12.589	1.259	0.126	0.013	1.13
0+185.09	2,242.07	2,242.07	0.00	5.24	203.89	110	106	10	0.058	2.249	2255.365	15.548	13.299	1.330	0.133	0.013	1.13
0+190.28	2,242.36	2,242.36	0.00	5.19	209.08	110	106	10	0.057	2.306	2255.308	15.255	12.949	1.295	0.130	0.013	1.13
0+192.83	2,242.49	2,242.49	0.00	2.55	211.63	110	106	10	0.028	2.334	2255.280	15.126	12.792	1.279	0.128	0.013	1.13
0+196.22	2,241.95	2,241.95	0.00	3.44	215.07	110	106	10	0.038	2.372	2255.242	15.666	13.294	1.329	0.133	0.013	1.13
0+198.64	2,241.95	2,241.95	0.00	2.41	217.48	110	106	10	0.027	2.399	2255.215	15.666	13.267	1.327	0.133	0.013	1.13
0+199.82	2,240.79	2,240.79	0.00	1.66	219.14	110	106	10	0.018	2.417	2255.197	16.824	14.407	1.441	0.144	0.014	1.13
0+201.30	2,241.12	2,241.12	0.00	1.51	220.65	110	106	10	0.017	2.434	2255.180	16.492	14.058	1.406	0.141	0.014	1.13
0+207.29	2,240.69	2,240.69	0.00	6.01	226.66	110	106	10	0.066	2.500	2255.114	16.927	14.427	1.443	0.144	0.014	1.13
0+211.75	2,240.88	2,240.88	0.00	4.46	231.12	110	106	10	0.049	2.549	2255.065	16.734	14.185	1.418	0.142	0.014	1.13
0+216.20	2,241.50	2,241.50	0.00	4.50	235.62	110	106	10	0.05	2.599	2255.015	16.116	13.517	1.352	0.135	0.014	1.13
0+220.65	2,240.96	2,240.96	0.00	4.48	240.10	110	106	10	0.049	2.648	2254.966	16.650	14.002	1.400	0.140	0.014	1.13
0+226.41	2,239.81	2,239.81	0.00	5.87	245.97	110	106	10	0.065	2.713	2254.901	17.802	15.089	1.509	0.151	0.015	1.13
0+230.53	2,240.45	2,240.45	0.00	4.16	250.13	110	106	10	0.046	2.759	2254.855	17.166	14.407	1.441	0.144	0.014	1.13
0+234.64	2,240.23	2,240.23	0.00	4.12	254.25	110	106	10	0.045	2.804	2254.810	17.383	14.579	1.458	0.146	0.015	1.13
0+238.10	2,240.00	2,240.00	0.00	3.46	257.71	110	106	10	0.038	2.842	2254.772	17.612	14.770	1.477	0.148	0.015	1.13
0+241.55	2,241.86	2,241.86	0.00	3.92	261.63	110	106	10	0.043	2.885	2254.729	15.755	12.870	1.287	0.129	0.013	1.13
0+245.01	2,242.09	2,242.09	0.00	3.46	265.09	110	106	10	0.038	2.923	2254.691	15.526	12.603	1.260	0.126	0.013	1.13
0+248.70	2,242.82	2,242.82	0.00	3.76	268.85	110	106	10	0.041	2.964	2254.650	14.795	11.831	1.183	0.118	0.012	1.13
0+252.39	2,243.26	2,243.26	0.00	3.72	272.57	110	106	10	0.041	3.005	2254.609	14.355	11.350	1.135	0.114	0.011	1.13
0+253.48	2,243.26	2,243.26	0.00	1.09	273.66	110	106	10	0.012	3.017	2254.597	14.355	11.338	1.134	0.113	0.011	1.13
0+254.61	2,243.52	2,243.52	0.00	1.16	274.82	110	106	10	0.013	3.030	2254.584	14.089	11.059	1.106	0.111	0.011	1.13
0+255.89	2,243.52	2,243.52	0.00	1.28	276.10	110	106	10	0.014	3.044	2254.570	14.089	11.045	1.105	0.111	0.011	1.13
0+257.03	2,243.52	2,243.52	0.00	1.15	277.25	110	106	10	0.013	3.057	2254.557	14.089	11.032	1.103	0.110	0.011	1.13
0+260.19	2,243.53	2,243.53	0.00	3.16	280.41	110	106	10	0.035	3.092	2254.522	14.081	10.989	1.099	0.110	0.011	1.13
0+263.35	2,243.32	2,243.32	0.00	3.17	283.58	110	106	10	0.035	3.127	2254.487	14.294	11.167	1.117	0.112	0.011	1.13
0+266.51	2,243.20	2,243.20	0.00	3.16	286.74	110	106	10	0.035	3.162	2254.452	14.415	11.253	1.125	0.113	0.011	1.13
0+269.67	2,244.91	2,244.91	0.00	3.59	290.33	110	106	10	0.04	3.202	2254.412	12.699	9.497	0.950	0.095	0.010	1.13
0+272.83	2,244.45	2,244.45	0.00	3.19	293.52	110	106	10	0.035	3.237	2254.377	13.168	9.931	0.993	0.099	0.010	1.13
0+275.98	2,243.73	2,243.73	0.00	3.24	296.76	110	106	10	0.036	3.273	2254.341	13.883	10.610	1.061	0.106	0.011	1.13
0+279.14	2,244.67	2,244.67	0.00	3.30	300.06	110	106	10	0.036	3.309	2254.305	12.942	9.633	0.963	0.096	0.010	1.13
0+282.30	2,243.79	2,243.79	0.00	3.28	303.34	110	106	10	0.036	3.345	2254.269	13.822	10.477	1.048	0.105	0.011	1.13
0+285.46	2,242.60	2,242.60	0.00	3.38	306.72	110	106	10	0.037	3.382	2254.232	15.011	11.629	1.163	0.116	0.012	1.13
0+288.62	2,241.43	2,241.43	0.00	3.37	310.09	110	106	10	0.037	3.419	2254.195	16.183	12.764	1.276	0.128	0.013	1.13
0+291.06	2,243.36	2,243.36	0.00	3.11	313.20	110	106	10	0.034	3.453	2254.161	14.251	10.798	1.080	0.108	0.011	1.13

0+296.51	2,242.65	2,242.65	0.00	5.51	318.71	110	106	10	0.061	3.514	2254.100	14.961	11.447	1.145	0.115	0.012	1.13
0+299.76	2,241.03	2,241.03	0.00	3.63	322.34	110	106	10	0.04	3.554	2254.060	16.583	13.029	1.303	0.130	0.013	1.13
0+302.82	2,241.39	2,241.39	0.00	3.08	325.42	110	106	10	0.034	3.588	2254.026	16.225	12.637	1.264	0.126	0.013	1.13
0+304.48	2,241.39	2,241.39	0.00	1.66	327.08	110	106	10	0.018	3.606	2254.008	16.225	12.619	1.262	0.126	0.013	1.13
0+305.28	2,240.07	2,240.07	0.00	1.54	328.62	110	106	10	0.017	3.623	2253.991	17.545	13.922	1.392	0.139	0.014	1.13
0+306.00	2,240.07	2,240.07	0.00	0.72	329.34	110	106	10	0.008	3.631	2253.983	17.545	13.914	1.391	0.139	0.014	1.13
0+311.31	2,237.54	2,237.54	0.00	5.88	335.22	110	106	10	0.065	3.696	2253.918	20.077	16.381	1.638	0.164	0.016	1.13
0+315.05	2,236.29	2,236.29	0.00	3.94	339.16	110	106	10	0.043	3.739	2253.875	21.323	17.584	1.758	0.176	0.018	1.13
0+318.79	2,237.24	2,237.24	0.00	3.86	343.02	110	106	10	0.043	3.782	2253.832	20.374	16.592	1.659	0.166	0.017	1.13
0+321.40	2,237.24	2,237.24	0.00	2.61	345.63	110	106	10	0.029	3.811	2253.803	20.374	16.563	1.656	0.166	0.017	1.13
0+321.72	2,238.25	2,238.25	0.00	1.05	346.68	110	106	10	0.012	3.823	2253.791	19.368	15.545	1.555	0.156	0.016	1.13
0+322.05	2,238.25	2,238.25	0.00	0.33	347.01	110	106	10	0.004	3.827	2253.787	19.368	15.541	1.554	0.155	0.016	1.13
0+322.46	2,238.25	2,238.25	0.00	0.42	347.43	110	106	10	0.005	3.832	2253.782	19.368	15.536	1.554	0.155	0.016	1.13
0+325.73	2,237.15	2,237.15	0.00	3.45	350.88	110	106	10	0.038	3.870	2253.744	20.463	16.593	1.659	0.166	0.017	1.13
0+328.77	2,235.39	2,235.39	0.00	3.51	354.39	110	106	10	0.039	3.909	2253.705	22.225	18.316	1.832	0.183	0.018	1.13
0+330.83	2,235.36	2,235.36	0.00	2.06	356.45	110	106	10	0.023	3.932	2253.682	22.249	18.317	1.832	0.183	0.018	1.13
0+335.83	2,234.34	2,234.34	0.00	5.10	361.55	110	106	10	0.056	3.988	2253.626	23.272	19.284	1.928	0.193	0.019	1.13
0+337.73	2,234.28	2,234.28	0.00	1.90	363.45	110	106	10	0.021	4.009	2253.605	23.337	19.328	1.933	0.193	0.019	1.13
0+339.91	2,234.28	2,234.28	0.00	2.18	365.63	110	106	10	0.024	4.033	2253.581	23.337	19.304	1.930	0.193	0.019	1.13
0+343.13	2,234.27	2,234.27	0.00	3.22	368.85	110	106	10	0.035	4.068	2253.546	23.348	19.280	1.928	0.193	0.019	1.13
0+346.35	2,234.34	2,234.34	0.00	3.22	372.07	110	106	10	0.035	4.103	2253.511	23.270	19.167	1.917	0.192	0.019	1.13
0+351.00	2,234.65	2,234.65	0.00	4.66	376.73	110	106	10	0.051	4.154	2253.460	22.959	18.805	1.880	0.188	0.019	1.13
0+353.56	2,235.26	2,235.26	0.00	2.63	379.36	110	106	10	0.029	4.183	2253.431	22.357	18.174	1.817	0.182	0.018	1.13
0+355.62	2,235.02	2,235.02	0.00	2.07	381.43	110	106	10	0.023	4.206	2253.408	22.592	18.386	1.839	0.184	0.018	1.13
0+362.20	2,235.52	2,235.52	0.00	6.59	388.02	110	106	10	0.073	4.279	2253.335	22.092	17.813	1.781	0.178	0.018	1.13
0+365.84	2,236.34	2,236.34	0.00	3.74	391.76	110	106	10	0.041	4.320	2253.294	21.270	16.950	1.695	0.170	0.017	1.13
0+369.48	2,235.89	2,235.89	0.00	3.67	395.43	110	106	10	0.04	4.360	2253.254	21.728	17.368	1.737	0.174	0.017	1.13
0+373.13	2,236.31	2,236.31	0.00	3.67	399.10	110	106	10	0.04	4.400	2253.214	21.306	16.906	1.691	0.169	0.017	1.13
0+376.48	2,235.61	2,235.61	0.00	3.43	402.53	110	106	10	0.038	4.438	2253.176	22.007	17.569	1.757	0.176	0.018	1.13
0+379.84	2,234.80	2,234.80	0.00	3.45	405.98	110	106	10	0.038	4.476	2253.138	22.810	18.334	1.833	0.183	0.018	1.13
0+383.20	2,234.01	2,234.01	0.00	3.45	409.43	110	106	10	0.038	4.514	2253.100	23.606	19.092	1.909	0.191	0.019	1.13
0+388.01	2,234.33	2,234.33	0.00	4.83	414.26	110	106	10	0.053	4.567	2253.047	23.285	18.718	1.872	0.187	0.019	1.13
0+392.92	2,233.66	2,233.66	0.00	4.95	419.21	110	106	10	0.055	4.622	2252.992	23.949	19.327	1.933	0.193	0.019	1.13
0+398.50	2,233.53	2,233.53	0.00	5.58	424.79	110	106	10	0.061	4.683	2252.931	24.087	19.404	1.940	0.194	0.019	1.13
0+403.13	2,233.86	2,233.86	0.00	4.64	429.43	110	106	10	0.051	4.734	2252.880	23.754	19.020	1.902	0.190	0.019	1.13
0+406.45	2,233.64	2,233.64	0.00	3.33	432.76	110	106	10	0.037	4.771	2252.843	23.973	19.202	1.920	0.192	0.019	1.13
0+409.76	2,233.49	2,233.49	0.00	3.32	436.08	110	106	10	0.037	4.808	2252.806	24.124	19.316	1.932	0.193	0.019	1.13
0+413.08	2,233.31	2,233.31	0.00	3.32	439.40	110	106	10	0.037	4.845	2252.769	24.299	19.454	1.945	0.195	0.020	1.13
0+416.36	2,233.03	2,233.03	0.00	3.29	442.69	110	106	10	0.036	4.881	2252.733	24.585	19.704	1.970	0.197	0.020	1.13
0+419.64	2,232.72	2,232.72	0.00	3.29	445.98	110	106	10	0.036	4.917	2252.697	24.892	19.975	1.997	0.200	0.020	1.13
0+422.91	2,230.83	2,230.83	0.00	3.78	449.76	110	106	10	0.042	4.959	2252.655	26.783	21.824	2.182	0.218	0.022	1.13
0+426.19	2,231.18	2,231.18	0.00	3.30	453.06	110	106	10	0.036	4.995	2252.619	26.438	21.443	2.144	0.214	0.021	1.13
0+429.47	2,231.57	2,231.57	0.00	3.30	456.36	110	106	10	0.036	5.031	2252.583	26.048	21.017	2.102	0.210	0.021	1.13

0+432.74	2,230.44	2,230.44	0.00	3.47	459.83	110	106	10	0.038	5.069	2252.545	27.177	22.108	2.211	0.221	0.022	1.13
0+436.02	2,231.05	2,231.05	0.00	3.33	463.16	110	106	10	0.037	5.106	2252.508	26.564	21.458	2.146	0.215	0.022	1.13
0+439.30	2,231.73	2,231.73	0.00	3.35	466.51	110	106	10	0.037	5.143	2252.471	25.885	20.742	2.074	0.207	0.021	1.13
0+442.57	2,231.15	2,231.15	0.00	3.33	469.84	110	106	10	0.037	5.180	2252.434	26.462	21.282	2.128	0.213	0.021	1.13
0+445.85	2,231.94	2,231.94	0.00	3.37	473.21	110	106	10	0.037	5.217	2252.397	25.670	20.453	2.045	0.205	0.021	1.13
0+449.51	2,231.47	2,231.47	0.00	3.69	476.90	110	106	10	0.041	5.258	2252.356	26.146	20.888	2.089	0.209	0.021	1.13
0+453.16	2,232.28	2,232.28	0.00	3.74	480.64	110	106	10	0.041	5.299	2252.315	25.332	20.033	2.003	0.200	0.020	1.13
0+456.81	2,231.73	2,231.73	0.00	3.70	484.34	110	106	10	0.041	5.340	2252.274	25.882	20.542	2.054	0.205	0.021	1.13
0+460.47	2,232.38	2,232.38	0.00	3.71	488.05	110	106	10	0.041	5.381	2252.233	25.229	19.848	1.985	0.199	0.020	1.13
0+464.12	2,232.71	2,232.71	0.00	3.67	491.72	110	106	10	0.04	5.421	2252.193	24.904	19.483	1.948	0.195	0.020	1.13
0+467.78	2,233.32	2,233.32	0.00	3.70	495.42	110	106	10	0.041	5.462	2252.152	24.297	18.835	1.883	0.188	0.019	1.13
0+471.43	2,232.90	2,232.90	0.00	3.68	499.10	110	106	10	0.041	5.503	2252.111	24.712	19.209	1.921	0.192	0.019	1.13
0+475.09	2,233.48	2,233.48	0.00	3.70	502.80	110	106	10	0.041	5.544	2252.070	24.135	18.591	1.859	0.186	0.019	1.13
0+478.74	2,233.07	2,233.07	0.00	3.68	506.48	110	106	10	0.041	5.585	2252.029	24.548	18.963	1.896	0.190	0.019	1.13
0+481.98	2,233.49	2,233.49	0.00	3.26	509.74	110	106	10	0.036	5.621	2251.993	24.127	18.506	1.851	0.185	0.019	1.13
0+485.21	2,233.09	2,233.09	0.00	3.26	513.00	110	106	10	0.036	5.657	2251.957	24.523	18.866	1.887	0.189	0.019	1.13
0+488.45	2,233.33	2,233.33	0.00	3.25	516.25	110	106	10	0.036	5.693	2251.921	24.280	18.587	1.859	0.186	0.019	1.13
0+491.69	2,233.49	2,233.49	0.00	3.24	519.49	110	106	10	0.036	5.729	2251.885	24.124	18.395	1.840	0.184	0.018	1.13
0+494.93	2,232.97	2,232.97	0.00	3.28	522.77	110	106	10	0.036	5.765	2251.849	24.647	18.882	1.888	0.189	0.019	1.13
0+498.16	2,233.16	2,233.16	0.00	3.24	526.01	110	106	10	0.036	5.801	2251.813	24.449	18.648	1.865	0.187	0.019	1.13
0+501.40	2,233.32	2,233.32	0.00	3.24	529.25	110	106	10	0.036	5.837	2251.777	24.293	18.456	1.846	0.185	0.019	1.13
0+504.64	2,233.45	2,233.45	0.00	3.24	532.49	110	106	10	0.036	5.873	2251.741	24.160	18.287	1.829	0.183	0.018	1.13
0+507.88	2,232.88	2,232.88	0.00	3.29	535.78	110	106	10	0.036	5.909	2251.705	24.737	18.828	1.883	0.188	0.019	1.13
0+511.11	2,233.03	2,233.03	0.00	3.24	539.02	110	106	10	0.036	5.945	2251.669	24.587	18.642	1.864	0.186	0.019	1.13
0+514.35	2,233.18	2,233.18	0.00	3.24	542.26	110	106	10	0.036	5.981	2251.633	24.437	18.456	1.846	0.185	0.019	1.13
0+517.59	2,232.50	2,232.50	0.00	3.31	545.57	110	106	10	0.036	6.017	2251.597	25.118	19.101	1.910	0.191	0.019	1.13
0+520.65	2,232.52	2,232.52	0.00	3.07	548.64	110	106	10	0.034	6.051	2251.563	25.090	19.039	1.904	0.190	0.019	1.13
0+523.72	2,232.61	2,232.61	0.00	3.07	551.71	110	106	10	0.034	6.085	2251.529	24.999	18.914	1.891	0.189	0.019	1.13
0+526.79	2,232.58	2,232.58	0.00	3.07	554.78	110	106	10	0.034	6.119	2251.495	25.031	18.912	1.891	0.189	0.019	1.13
0+529.86	2,232.49	2,232.49	0.00	3.07	557.85	110	106	10	0.034	6.153	2251.461	25.120	18.967	1.897	0.190	0.019	1.13
0+532.92	2,232.45	2,232.45	0.00	3.07	560.92	110	106	10	0.034	6.187	2251.427	25.167	18.980	1.898	0.190	0.019	1.13
0+535.99	2,232.38	2,232.38	0.00	3.07	563.99	110	106	10	0.034	6.221	2251.393	25.231	19.010	1.901	0.190	0.019	1.13
0+539.06	2,232.33	2,232.33	0.00	3.07	567.06	110	106	10	0.034	6.255	2251.359	25.281	19.026	1.903	0.190	0.019	1.13
0+542.12	2,232.37	2,232.37	0.00	3.07	570.13	110	106	10	0.034	6.289	2251.325	25.243	18.954	1.895	0.190	0.019	1.13
0+545.19	2,232.43	2,232.43	0.00	3.07	573.20	110	106	10	0.034	6.323	2251.291	25.183	18.860	1.886	0.189	0.019	1.13
0+548.26	2,231.02	2,231.02	0.00	3.38	576.58	110	106	10	0.037	6.360	2251.254	26.592	20.232	2.023	0.202	0.020	1.13
0+551.32	2,231.19	2,231.19	0.00	3.07	579.65	110	106	10	0.034	6.394	2251.220	26.425	20.031	2.003	0.200	0.020	1.13
0+554.39	2,231.42	2,231.42	0.00	3.08	582.73	110	106	10	0.034	6.428	2251.186	26.190	19.762	1.976	0.198	0.020	1.13
0+557.46	2,231.33	2,231.33	0.00	3.07	585.80	110	106	10	0.034	6.462	2251.152	26.288	19.826	1.983	0.198	0.020	1.13
0+560.53	2,231.09	2,231.09	0.00	3.08	588.88	110	106	10	0.034	6.496	2251.118	26.526	20.030	2.003	0.200	0.020	1.13
0+563.59	2,230.80	2,230.80	0.00	3.08	591.96	110	106	10	0.034	6.530	2251.084	26.818	20.288	2.029	0.203	0.020	1.13

Nota: Elaboración propia (2026)

Anexo 3 *Plano Tanque rompe presión*



Descripción del Rubro	Unidad	CANTIDAD
TANQUE ROMPE PRESIÓN PARA 15 LPS 110m m		
Replanteo de superficie	m2	4.14
Excavación a mano en terreno normal	m3	11.81
Replantillo de piedr e=15cm	m2	4.14
Hormigón simple f`c=210 Kg/cm2	m3	2.77
Acero de refuerzo (12 var 12mm y 6 var 8mm)	Kg	1,746.01
Encofrado Recto	m2	33.04
Relleno compactado a mano	m3	1.61
Enlucido con mortero 1:2 + impermeabilizante.	m2	10.32
Enlucido esponjeado.	m2	8.64
Sum. Inst. Tapa metálica 1.05 x 1.05	u	2.00
Preparado y pintado de superficie	m2	4.92
Sum. Colocación Válvula HF 4" y Accs.	u	1.00

OBSERVACIONES:	DISEÑO:	APROBACION:	ESCALA:	FECHA:	LAMINA:	GOBIERNO PROVINCIAL DEL AZUAY
			1:25		1 de 1	SISTEMA DE RIEGO ..... Tanque Rompe Presión

Nota: Planos proporcionados por la Dirección de Riego de la Prefectura del Azuay mediante comunicación personal (2026).