



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

Diseño hidráulico del sistema de riego parcelario para el Proyecto Chambo Guano Los Chingazos - Fase II, en el Módulo 6, comunidad Chingazo Bajo del cantón Guano

MERCY ALEXANDRA CASTELO BERRONES

Trabajo de Titulación con la modalidad Tesis, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de:

**MAGÍSTER EN RIEGOS CON MENCIÓN EN RIEGO
PARCELARIO**

RIOBAMBA - ECUADOR

FEBRERO DE 2024

Yo, Mercy Alexandra Castelo Berrones, declaro que este proyecto de investigación es de mi autoría y que los resultados de este son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citadas y referenciadas. Por lo tanto, como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación de Maestría.



Mercy Alexandra Castelo Berrones

C.I. 0603972878

©2024, Mercy Alexandra Castelo Berrones

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO – ESPOCH

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Titulación modalidad Tesis, titulado: Diseño hidráulico del sistema de riego parcelario para el proyecto Chambo Guano Los Chingazos - Fase II, en el Módulo 6, comunidad Chingazo Bajo del cantón Guano, de responsabilidad de la señorita Mercy Alexandra Castelo Berrones, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

Ing. Rosa del Pilar Castro Gómez, Ph. D

PRESIDENTA



Firmado electrónicamente por:
ROSA DEL PILAR
CASTRO GOMEZ

Ing. Karla Milena González Valdez, MSc.

DIRECTORA



Firmado electrónicamente por:
KARLA MILENA
GONZALEZ VALDEZ

Ing. Pablo Edilberto Melo Coy, MSc.

MIEMBRO



Firmado electrónicamente por:
PABLO EDILBERTO
MELO COY

Ing. Robinson Fabricio Peña Murillo, MSc.

MIEMBRO



Firmado electrónicamente por:
ROBINSON FABRICIO
PENA MURILLO

RIOBAMBA – ECUADOR

FEBRERO DE 2024

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres Arturo y Anita por su apoyo incondicional y por ser mi ejemplo de vida.

A mis hermanos Arturo y Nelly que con su presencia me impulsan a seguir adelante.

A mis sobrinos Diego, Doménica, Nicol, Alejandro y Analía por ser la alegría del hogar.

A mi Canelita por su compañía.

Mercy Alexandra Castelo Berrones

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por cada momento durante la realización de esta tesis que me condujo a la reflexión y el aprendizaje.

Agradezco también a mis tutores la Ing. Karla Milena González Valdez MSc., el Ing. Pablo Edilberto Melo Coy MSc. y el Ing. Robinson Fabricio Peña Murillo MSc. por sus aportes y contribución en la ejecución del presente trabajo y mi reconocimiento al Ing. Juan Eduardo León Ruiz PhD. (+) por impulsar este proyecto.

Mercy Alexandra Castelo Berrones

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN xiii

SUMMARYxiv

CAPÍTULO I

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Planteamiento del problema	1
1.2	Situación problemática	1
1.3	Formulación del problema.....	3
1.4	Preguntas directrices o específicas de la investigación	3
1.5	Justificación de la investigación	3
1.6	Objetivos	4
1.6.1	<i>Objetivo general</i>	4
1.6.2	<i>Objetivos específicos</i>	4
1.7	Hipótesis.....	4
1.8	Hipótesis general	4

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO	5
2.1	Antecedentes del problema.....	5
2.2	Bases teóricas	5
2.2.1	<i>Estudios base.....</i>	5
2.2.1.1	<i>Topografía.....</i>	5
2.2.1.2	<i>Actualización y validación de catastro.....</i>	7
2.2.1.3	<i>Definición de módulos de riego.....</i>	7
2.2.1.4	<i>Análisis de los derechos del agua.....</i>	7
2.2.2	<i>Estudios complementarios</i>	8
2.2.2.1	<i>Aforos.....</i>	8
2.2.2.2	<i>Ensayo de penetración estándar (SPT).....</i>	8
2.2.2.3	<i>Ensayo Triaxial</i>	8
2.2.2.4	<i>Análisis de agua</i>	8
2.2.3	<i>Diseño de infraestructura de riego</i>	9

2.2.3.1	<i>Diseño estructural</i>	9
2.2.3.2	<i>Diseño hidráulico de red principal y secundaria</i>	9
2.2.3.3	<i>Diseño de reservorio</i>	10
2.2.3.4	<i>Diseño de obras de arte</i>	11
2.2.3.5	<i>Diseño de válvulas</i>	11
2.2.3.6	<i>Diseño de hidrantes</i>	11
2.2.3.7	<i>Sectorización</i>	11
2.2.4	<i>Presupuesto y especificaciones técnicas</i>	12
2.2.4.1	<i>Cálculo de volúmenes de obra</i>	12
2.2.4.2	<i>Análisis de precios unitarios</i>	12
2.2.4.3	<i>Desagregación tecnológica</i>	12
2.2.4.4	<i>Presupuesto general</i>	12
2.2.4.5	<i>Especificaciones técnicas</i>	12
2.2.4.6	<i>Manual de operación y mantenimiento</i>	13
2.3	Identificación de variables	15
2.3.1	<i>Variables dependientes</i>	15
2.3.2	<i>Variables independientes</i>	15
2.4	Operacionalización de variables	16
2.5	Matriz de consistencia	17

CAPÍTULO III

3.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	18
3.1	Caracterización del área en estudio	18
3.2	Materiales	18
3.3	Métodos	19
3.3.1	<i>Estudios base</i>	19
3.3.2	<i>Estudios complementarios</i>	21
3.3.3	<i>Diseño de infraestructura de riego</i>	23
3.3.4	<i>Presupuesto y especificaciones técnicas</i>	28
3.3.5	<i>Anexos</i>	30

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1	Diseño de infraestructura de riego	34

4.2	Presupuesto y especificaciones técnicas	46
------------	--	-----------

CAPÍTULO V

5.	PROPUESTA	48
-----------	------------------------	-----------

	CONCLUSIONES.....	50
--	--------------------------	-----------

	RECOMENDACIONES.....	51
--	-----------------------------	-----------

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Operacionalización de variables	16
Tabla 2-1: Matriz de consistencia	17
Tabla 1-3: Ubicación de muestro	22
Tabla 1-4: Área neta por lote.....	32
Tabla 2-4: Caudales por lote	36
Tabla 3-4: Caudales por turno.....	38
Tabla 4-4: Cálculo hidráulico de redes, presión dinámica en zona alta.	39
Tabla 5-4: Cálculo hidráulico de redes, presión dinámica en zona baja.	39
Tabla 6-4: Cálculo hidráulico de redes, velocidades máximas y mínimas.....	41
Tabla 7-4: Reservorios de la comunidad Chingazo Bajo.....	43
Tabla 8-4: Cálculo de volumen de reservorio.....	43
Tabla 9-4: Comportamiento del reservorio	44
Tabla 10-4: Módulos de riego	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-4. Ortofoto del área del módulo 6, comunidad Chingazo Bajo.	31
Figura 2-4. Red de distribución.....	35

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. HOJA DE CÁLCULO HIDRÁULICO DE LA CONDUCCIÓN.

ANEXO B. DESARENADOR.

ANEXO C. VOLÚMENES DE OBRA.

ANEXO D. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS.

ANEXO E. DESAGREGACIÓN TECNOLÓGICA.

ANEXO F. PRESUPUESTO.

ANEXO G. COSTOS INDIRECTOS.

ANEXO H. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA.

ANEXO I. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

ANEXO J. PLANOS.

ANEXO K. ÁREAS CATASTRADAS.

ANEXO L. AUTORIZACIÓN DE USO Y APROVECHAMIENTO.

ANEXO M. SPT.

ANEXO N. TRIAXIAL.

ANEXO O. ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA.

ANEXO P. DISEÑO HIDRÁULICO EPANET.

ANEXO Q. RESULTADOS DE VELOCIDADES.

ANEXO R. RESERVORIO.

ANEXO S. VÁLVULAS.

ANEXO T. HIDRANTES.

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación consistió en realizar el diseño del sistema de riego parcelario para el proyecto Chambo Guano Los Chingazos Fase II, en concreto para el Módulo 6 ubicado en la comunidad Chingazo Bajo. Se realizaron estudios preliminares como topografía, actualización de catastro, ensayos de calidad de agua, mecánica de suelos y análisis de derechos de agua, los mismos que sirvieron de base para el diseño hidráulico en conjunto con la elaboración de planos, presupuesto y especificaciones técnicas, insumos necesarios para su construcción. El diseño hidráulico se realizó con base en tres criterios de diseño, el primero el caudal de diseño, el cual se calculó en el estudio agronómico y se limitó al caudal existente; el segundo criterio a considerar fue un rango de velocidades de entre 0.5 m s^{-1} y 3.0 m s^{-1} que corresponden a velocidades óptimas para PVC; y, el tercer criterio fueron las presiones estática -debajo de 0.63 MPa- y dinámica - sobre los 0.10 MPa-, controlando las pérdidas de carga a lo largo de la red. El diseño hidráulico se modeló para 28 escenarios que representan cada uno de los turnos de riego, de este análisis se obtuvo una red de 9.96 km en tuberías de 160 mm, 110 mm, 90 mm, 63 mm, 50 mm y 40 mm de diámetro, además de ello se plantearon obras especiales que complementan el funcionamiento del sistema como: desarenador, reservorio, válvulas de aire, desagüe, reductoras de presión y de sectorización, así también, 131 hidrantes en cabecera de lote. A partir de los diseños hidráulicos se generó información de planos, presupuesto referencial y especificaciones técnicas que permitirán la implementación del sistema de riego tecnificado, el valor previsto para la construcción es de \$ 488478.38 USD. Se concluye que el diseño hidráulico permitió conocer las dimensiones, capacidad y costo de los elementos técnicos del sistema de riego en el Módulo 6, elementos que se enmarcaron en los criterios de diseño establecidos, lo que propició un equilibrio entre el funcionamiento del sistema y su costo. Con el fin de asegurar su correcto funcionamiento, los usuarios deberán tener una estricta organización a la hora de utilizar el turno y horario planteado, para esto se recomienda la respectiva capacitación en temas relacionados a operación y mantenimiento, lo que permitirá desarrollar una eficiente gestión del recurso hídrico que se verá reflejada en un incremento de la productividad.

Palabras clave: CHAMBO GUANO LOS CHINGAZOS, DISEÑO HIDRÁULICO, TECNIFICACIÓN DE RIEGO, OBRAS HIDRÁULICAS, TURNOS DE RIEGO.



0005-DBRA-UPT-DP-2024

15-01-2024

SUMMARY

This research aimed to design the irrigation system for the Chambo Guano Los Chingazos Phase II project, specifically for Module 6 located in the Chingazo Bajo community. Preliminary studies such as topography, updating of the cadastre, water quality tests, soil mechanics, and analysis of water rights were carried out, which served as the basis for the hydraulic design together with the preparation of plans, budgets, and technical specifications, all of which were necessary for its construction.

The hydraulic design was based on three design criteria: the first was the design flow, which was calculated in the agronomic study and limited to the existing flow; the second criterion to be considered was a range of velocities between 0.5 m s⁻¹ and 3.0 m s⁻¹ which correspond to optimal velocities for PVC; and the third criterion was the static pressure - below 0.63 MPa - and dynamic pressure - above 0.10 MPa -, controlling the head losses along the network.

The hydraulic design was modeled for 28 scenarios that represent each of the irrigation shifts; from this analysis a network of 9.96 km was obtained in pipes of 160 mm, 110 mm, 90 mm, 90 mm, 63 mm, 50 mm, and 40 mm in diameter, in addition to this, especial works were proposed that complement the operation of the system such as sand trap, reservoir, air valves, drainage, pressure reducers, and vectorization as well as 131 hydrants at the head of the lot.

Based on the hydraulic designs, information was generated on plans, reference budget, and technical specifications that will allow the implementation of the technic irrigation system; the expected value for the construction is USD 488478.38.

It is concluded that the hydraulic design allowed us to know the dimensions, capacity, and cost of the technical elements of the irrigation system in Module 6 and elements that were framed within the established design criteria, which led to a balance between the operation of the system and its cost.

To ensure its correct operation, users must be strictly organized when using the planned shift and timetable. To this end, we recommend the respective training on issues related to operation and maintenance, which will enable efficient water resource management to be developed, which will be reflected in an increase in productivity.

KEYWORDS: <CHAMBO, GUANO, LOS CHINGAZOS>, <HYDRAULIC DESIGN>, <IRRIGATION TECHNIFICATION>, <HYDRAULIC WORKS>, <IRRIGATION SHIFTS>.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Chingazo Bajo es una comunidad de la zona rural del cantón Guano en la provincia de Chimborazo, con potencial agrícola que en la actualidad no cuenta con servicio de riego a nivel parcelario.

La infraestructura del sistema de riego que cubre esta comunidad se desarrolla hasta el nivel de conducción principal -línea de abastecimiento de agua- mediante canal abierto, el cual transporta el agua a gravedad, de allí en adelante no existen obras de distribución por medio de las cuales se pueda hacer una aplicación efectiva del riego.

1.2 Situación problemática

La Convención Marco de las Naciones Unidas (CMNUCC) reconoce que el cambio climático es un problema de proporciones mundiales y que sus efectos en países pequeños y en desarrollo son graves (CMNUCC, 1992). Los efectos del cambio climático son extremos y se manifiestan con: lluvias fuertes y prolongadas que provocan inundaciones, altas temperaturas con ausencia de lluvias que provocan sequías severas, y escasez de agua en etapas críticas del desarrollo de los cultivos (FAO, 2021).

La FAO estima que para el 2050 la agricultura tendrá que producir casi un 50% más de alimentos, para cubrir las necesidades de una población calculada de 9700 millones (FAO, 2021). Sin embargo, en el sector agrícola el cambio climático ocasiona problemas de acceso al agua y pérdidas productivas, lo que genera un reto para la humanidad. Así lo afirman también investigaciones en Latinoamérica que reportan inundaciones más frecuentes, pérdida de biodiversidad y presencia de enfermedades en las plantas (Ocampo, 2011), lo que reduce la productividad de los cultivos.

La agricultura es una actividad económica de alto consumo de recursos hídricos, esta requiere estrategias que incrementen la eficiencia del uso del agua, más aún cuando la superficie de riego en el mundo es de 325 Mha que representa el 20% de la superficie total de tierra cultivada en la que se produce el 40% de los alimentos (FAO, 2021). La tecnificación del riego es una solución

viable para gestionar la oferta y disponibilidad del agua en zonas agrícolas (Salgado *et al.*, 2014); sin embargo, es poco común que las zonas rurales cuenten con infraestructura moderna de riego.

En las zonas rurales del Ecuador, la productividad de la agricultura disminuye por factores como la escasez del agua (Eche, 2018); lo cual se refleja en los bajos ingresos económicos que perciben las familias que se dedican a esta actividad. Por ejemplo, se estima que un tercio de las familias campesinas en el extremo norte de los Andes Ecuatorianos no genera ningún ingreso por su baja producción agrícola; y un factor influyente en esta situación es la baja disponibilidad de agua para riego (Eche, 2018).

En Ecuador las tecnologías en sistemas de riego están aún en proceso de desarrollo y se limitan a empresas que producen cultivos de exportación; por ejemplo, en el 2018 solo el 21% de la superficie agrícola tenía algún tipo de riego, y en el 2019 fue del 24% (INEC, 2021). A pesar de que en los últimos años se ha experimentado una leve mejoría, Ecuador no llega a niveles de países tecnificados como Israel, que reutiliza hasta un 70% del agua residual y además desarrolló tal tecnología en riego que en igual cantidad de tierra y con menos agua incrementó su productividad y pasó de tener un territorio conformado por el 40% desierto y 60% tierra infértil al 95% en campos agrícolas y plantaciones forestales (Lara – Cobo *et al.*, 2021).

La provincia de Chimborazo tiene 212501 ha para producción agrícola, sin embargo, solo 50963 ha cuentan con alguna infraestructura de riego (Plan provincial de riego Chimborazo, 2014). Por ello, el plan provincial 2014-2026 de Chimborazo propone mejorar los sistemas de riego y drenaje a partir de diseños técnicos. En este contexto el área de riego del sistema Chambo Guano Los Chingazos ya se considera dentro de las áreas irrigadas de la provincia, sin embargo, la zona en estudio aún necesita de un diseño e implementación de un sistema de riego tecnificado.

El Sistema de Riego Chambo Guano Los Chingazos constituye la principal infraestructura productiva de la provincia y de la zona centro del país, moviliza además la actividad agrícola en los cantones Riobamba, Chambo y Guano. Su construcción inició en 1949 y entró en operación en 1952, en su inicio con 2500 ha regadas y un caudal promedio de $2.5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (MAE, 2013). Pero a partir de 1995 se realizaron mejorías en su infraestructura, lo que incrementó el caudal a $5.9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, y una superficie regada de 5673 ha.

El sistema de riego inicia en la bocatoma ubicada después de la confluencia de los ríos Guamote y Cebadas, donde se forma el río Chambo -Coordenadas UTM x: 764782, y: 9792847, sistema WG84-, luego la conducción recorre 50.7 km de canal principal, con 40 túneles en su recorrido, un ramal -TB.11- de 11.50 km, 10 reservorios, un sifón invertido sobre el río Guano de 3 km

(Cuadrado, 2017), luego del cual la conducción continúa por canal abierto en 7.4 km hasta la comunidad Chingazo Bajo. Este sistema está dividido en 7 zonas de riego con una denominación de 0 a 6, la Fase I del sistema está entre la bocatoma y el sifón, de ahí en adelante se encuentra la zona 7 y se denomina Fase II del proyecto, la cual está conformada por ocho comunidades que son: Alacao, Carrera Ambato, Chingazo Alto, Chingazo Bajo, San Gerónimo, San José de Chocón, Santa Rosa, y San Vicente (Cuadrado, 2017).

En la actualidad, la zona 7 del sistema no cuenta con el servicio de riego a pesar de tener los derechos legales que le acreditan ser beneficiaria y encontrarse dentro del padrón de usuarios del sistema. Esto se debe a la falta de infraestructura del riego secundaria y parcelaria.

Ante la escasez del agua en el sector y la falta de infraestructura, la tecnificación del riego es la respuesta a estos problemas. Mediante la implementación de riego tecnificado se espera eliminar pérdidas y desperdicios del recurso (Olvera-Salgado, 2014), además de mayor productividad agrícola por unidad de agua, por ello el involucramiento de la escuela Superior Politécnica de Chimborazo es vital para ayudar a diseñar un sistema de riego eficiente que permita realizar una distribución adecuada e incrementar la productividad del sector.

1.3 Formulación del problema

¿Cómo optimizar el recurso agua para uso agrícola en el módulo 6 de la Comunidad Chingazo Bajo del Sistema de Riego Chambo Guano Fase II?

1.4 Preguntas directrices o específicas de la investigación

- ¿Cuál es área susceptible de ser regada en el Módulo 6 de la comunidad Chingazo Bajo?
- ¿Cuáles son los elementos técnicos del sistema de riego?
- ¿Qué información se requiere para implementar un sistema de riego?

1.5 Justificación de la investigación

El proyecto se justifica desde el punto de vista técnico y social, porque mediante el diseño del sistema de riego parcelario y su posterior implementación se podrá optimizar el uso del agua y esto reflejará un aumento de la productividad en la comunidad Chingazo Bajo. El diseño del sistema de riego parcelario del Módulo 6 como parte del sistema de riego en su conjunto será un aporte para la comunidad que favorecerá su desarrollo económico y dará pie a la modernización

de la agricultura en el cantón, el cual se espera que sea un referente para la provincia y la zona centro del país.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

- Diseñar el sistema de riego parcelario para el proyecto Chambo Guano Los Chingazos Fase II, en el Módulo 6 ubicado en la comunidad Chingazo Bajo.

1.6.2 Objetivos específicos

- Determinar el área bruta y neta del área de riego en base al levantamiento topográfico del Módulo 6.
- Realizar el diseño hidráulico parcelario con base en el estudio agronómico del Módulo 6.
- Elaborar planos de detalle, presupuesto referencial y especificaciones técnicas de las obras a implementar en el sistema de riego parcelario en el Módulo 6.

1.7 Hipótesis

1.8 Hipótesis general

Mediante el diseño del sistema de riego parcelario se conocerán las dimensiones, capacidad y costo de los elementos técnicos del sistema en el Módulo 6 ubicado en la comunidad Chingazo Bajo del proyecto Chambo Guano Los Chingazos Fase II.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

Dos recursos fundamentales para la agricultura son el agua y la tierra, y están relacionados con aspectos como por ejemplo la inseguridad alimentaria y la pobreza, la adaptación al cambio climático, así como la degradación y el agotamiento de los recursos naturales que afectan a millones de habitantes de las zonas rurales de todo el mundo (FAO, 2011). En el ámbito de la producción agrícola, entre otros aspectos, el riego es un factor clave para disminuir la inseguridad alimentaria provocada por el cambio climático. La irregularidad de ciclos estacionales como los inviernos cortos, veranos largos, posibilita el incremento y diversificación de los cultivos, así como el desarrollo de nuevos cultivos en lugares en los que por lo general no se los podría producir por condiciones climáticas o de altura (SENAGUA, 2019).

En zonas de agricultura familiar y campesina, el riego fomenta condiciones de equidad social, al posibilitar a dichos productores incrementar su producción, garantizar la soberanía alimentaria local y contar con ingresos como resultado de su excedente productivo (SENAGUA, 2019). El objetivo de implementar sistemas de riego tecnificados y modernos es incrementar la productividad del agua que se usa en la agricultura, mediante la reducción de pérdidas de agua en todo el sistema. La tecnificación es una alternativa para hacer un uso eficiente del agua en la producción agrícola, sin embargo, debe ir acompañada de capacitación y adiestramiento al productor para su resultado efectivo (Olvera-Salgado *et al.*, 2014).

Y si hablamos de riego tecnificado, es necesario empezar por el principio, es decir por la elaboración de un proyecto técnico en la cual se plasme toda la información necesaria para en el futuro implementar un sistema que se apegue a las condiciones y requerimientos de la zona, para el caso particular del módulo 6 de la comunidad Chingazo Bajo.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Estudios base

2.2.1.1 Topografía

Puntos de control topográfico

Los puntos de control topográfico son puntos del terreno de los cuales se conocen su ubicación y son visibles e identificables (Vozmediano, 2006). Los puntos de control deben estar materializados, además su coordenada corresponde al punto exacto de la cabeza de un clavo de acero (Corral, 1996). Estos pueden construirse en forma de hitos y placa de alto relieve para su identificación.

La precisión del levantamiento topográfico depende de los puntos de control, por lo que es recomendable distribuir de manera uniforme estos puntos alrededor del área de estudio. La correcta ubicación de estos puntos permitirá en gran medida eliminar deformaciones que se originan durante la orientación de la fotografía (Vozmediano, 2006).

El sistema de coordenadas aceptado como datum universal es el World Geodetic System 1984 (WGS84), creado para disponer de un sistema de coordenadas que cubra toda la superficie terrestre (Fernández, 2001) y unifique el posicionamiento global. La toma de datos de estos hitos se realizó con tecnología GNSS mediante el método estático. Los puntos de control se vincularon a la REGME -Red GNSS de monitoreo continuo del Ecuador- (Porras, 2017) con la época de referencia post-sísmica vigente a partir del 17 de abril del 2016: 2016.436. Para la generación de estos puntos se utilizó el software Trimble Business Center (TBC).

Fotografía aérea

La fotografía aérea representa un sistema de información, es decir permite proporcionar cierta información en referencia a su posición en el espacio de una manera ágil, como por ejemplo la superficie topográfica (Neira, 2005). Esta información se obtiene por medio de una cámara fotográfica y representa en forma objetiva y temporal la realidad de un área determinada mediante una imagen digital que contiene información georeferenciada de uso de suelo, ocupación y aprovechamiento.

La calidad de la imagen digital depende de su resolución, mientras mayor es la resolución mejor será su calidad, así también mayor será su espacio de almacenamiento (Vozmediano, 2006).

Ortofotografía y ortofotomosaico

La ortofotografía es un documento fotogramétrico que se genera desde la imagen fotográfica en la que se conserva toda la información y características geométricas; para su correcta generación se eliminan efectos de inclinación de la cámara y desplazamientos causados por el relieve.

El ortofotomosaico nace de imposibilidad de plasmar toda la superficie en una sola ortofotografía, por lo que se necesita generar un mosaico de ortofotos traslapadas, las cuales deben estar georeferenciadas (Vozmediano, 2006).

Modelo digital del terreno (MDT) y curvas de nivel

Un modelo digital de terreno es una estructura que representa datos numéricos de una distribución espacial (Felicísimo, 1994) compuesta por puntos con coordenadas de posición y altura que definen las características reales de la topografía del terreno. A partir del MDT es posible derivar algunos productos, como por ejemplo planos de curvas de nivel, las cuales quedan definidas en función del nivel a una equidistancia determinada (Vozmediano, 2006).

2.2.1.2 Actualización y validación de catastro

El catastro de predios es una herramienta para afrontar temas relacionados con la propiedad de la tierra (Kaufmann, 2002) con datos inherentes como código catastral, propietario y superficie. En el caso particular del catastro agrícola, este se enfoca en el uso, tenencia y extensión de la tierra y se realiza como herramienta cartográfica para la gestión agrícola (Ponvert-Delisles, 2012).

2.2.1.3 Definición de módulos de riego

Los módulos de riego se establecen con fines operativos de manera que cada uno disponga de infraestructura propia que facilite la entrega, medición y distribución del agua, además se encuentran administrados de manera general por los propios usuarios (Ortega-Gaucin, 2008), por otra parte se espera que los módulos de riego tengan características similares entre sí.

2.2.1.4 Análisis de los derechos del agua

La autorización de uso y aprovechamiento del agua es un documento que permite a una persona natural o jurídica el uso del agua desde fuentes como por ejemplo ríos, humedales, quebradas, lagunas, pozos y lluvia (LORHUyA, 2014). Para toda actividad que requiera hacer uso del recurso hídrico se deberá contar con la respectiva autorización, la cual es emitida por parte de la Autoridad Única del Agua, por otra parte la persona natural o jurídica que cuenta con una autorización es denominada usuario y la autorización le otorga la posibilidad para realizar la captación, tratamiento, conducción y utilización del caudal de agua autorizado (ARCA, 2016).

2.2.2 Estudios complementarios

2.2.2.1 Aforos

Los aforos permiten conocer las velocidades del flujo, así como también el ancho y la profundidad de la sección transversal de la corriente de un cuerpo de agua con el objetivo de determinar el valor del caudal de un cauce (Suarez, 2018), es así que el valor del caudal es obtenido mediante expresiones matemáticas que relacionan la velocidad del agua y la sección transversal del canal. El tipo de medición de caudal depende de diferentes aspectos como por ejemplo la facilidad de acceso al lugar, las características del sitio y las condiciones ambientales y las características de la fuente (Suarez, 2018).

2.2.2.2 Ensayo de penetración estándar (SPT)

El ensayo SPT se encuentra estandarizado por la Norma Técnica Ecuatoriana: NTE INEN 689. 1982-05 Mecánica de Suelos Ensayo de Penetración Estándar, en la cual se establece el método de ensayo para determinar de forma indirecta el grado de resistencia del suelo in situ (INEN, 1982).

2.2.2.3 Ensayo Triaxial

El ensayo triaxial permite determinar propiedades de fuerza no drenadas y relaciones esfuerzo deformación de suelos (ASTM, 1996), el ensayo se realiza mediante el método estándar de prueba de compresión triaxial en suelos cohesivos no consolidados no drenados según lo estipula la Norma: ASTM 2550-95.

2.2.2.4 Análisis de agua

Criterios para la selección del punto de muestreo.

Accesibilidad. - el punto de muestreo se debe ubicar en un lugar de fácil acceso con las vías de acceso vehicular y peatonal que sean necesarias, de tal manera que faciliten obtener las muestras.

Representatividad. - el punto de recolección de las muestras debe ser lo más representativo posible de las características totales del agua a usarse en la zona del proyecto.

Seguridad. - el punto de muestreo, sus alrededores y las condiciones físicas deben garantizar la seguridad de las personas responsables del muestreo, de manera que se minimicen los riesgos de accidentes y de lesiones personales.

Toma de muestras

La toma de muestras para el análisis de agua se debe realizar según lo especifica la Norma Técnica Ecuatoriana: NTE INEN 2169:2013 Agua. Calidad de agua. Manejo y conservación de muestras.

Análisis químico

Los criterios de calidad admisible para aguas destinadas para uso agrícola están determinados en el Acuerdo Ministerial 097-A Registro Oficial Suplemento 387, que corresponde a la reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (MAE, 2015).

2.2.3 Diseño de infraestructura de riego

2.2.3.1 Diseño estructural

El diseño estructural de las obras civiles se realiza con el fin de dimensionar espesores y refuerzos adecuados para cada elemento de las estructuras con el objetivo de resistir momentos y esfuerzos (Ramos, 2014). Mediante el diseño estructural se obtiene una estructura segura y económica, además de evitar falla durante su vida útil (Riddell e Hidalgo, 2018).

2.2.3.2 Diseño hidráulico de red principal y secundaria

El diseño hidráulico tiene como propósito determinar los diámetros y longitudes de las tuberías que conforman el sistema de riego, las cuales conforman las redes. Los criterios de diseño a considerar en el diseño hidráulico de las redes son caudal de diseño, velocidad, presión estática, pérdida de carga y presión dinámica (CONGOPE, 2016).

Caudal de diseño

El caudal de diseño es el caudal necesario para el funcionamiento del sistema de riego (CONGOPE, 2016) y se encuentra definido con base en las necesidades de riego, además no podrá ser superior al caudal autorizado por el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

Presiones estáticas y dinámicas en redes principal y secundaria

En un fluido que circula por el interior de una tubería se manifiestan dos presiones: presión estática y presión dinámica. La presión estática hace referencia a la presión generada por el agua

de manera estática y depende del peso específico y de la altura del nivel del agua. Cuanto mayor sea el valor de estos dos factores, mayor será la presión estática que se ejercerá. Por otra parte la presión dinámica es la presión que se origina como consecuencia de la velocidad a la que circula el agua por la tubería (Prabhata, 2008).

Velocidades máximas y mínimas

Las velocidades de circulación del agua por el interior de una tubería se fijan entre valores límites, por ejemplo mientras mayor sea la velocidad de circulación, la tubería será de menor costo, sin embargo por razones técnicas deben limitarse siempre los valores máximos y mínimos (Prabhata, 2008).

Las velocidades máximas y mínimas están determinadas por el tipo de material a utilizarse, por ejemplo para tuberías de PVC (policloruro de vinilo), la velocidad mínima recomendada es de 0.5 m s^{-1} , mientras que la velocidad máxima recomendada es de 4.5 m s^{-1} .

Pérdidas de carga

La pérdida de carga en una tubería es la pérdida de presión que se produce en el agua debido a la fricción de las partículas entre sí y contra las paredes de la tubería que las conduce. Las pérdidas pueden ser por longitud a lo largo de la tubería, o localizadas, debido a escenarios particulares, como un estrechamiento, un cambio de dirección o la presencia de una válvula.

2.2.3.3 Diseño de reservorio

Cálculo del volumen

Con el fin de realizar un pre dimensionamiento, uno de los elementos básicos es el volumen de almacenamiento, el cual se calcula con base en el caudal volumétrico multiplicado por un periodo de tiempo determinado para la reserva (Pastillo, 2014).

Operación del reservorio

La operación del reservorio se observa mediante la simulación de su funcionamiento, es decir lo que ocurre con la estructura mientras se llena y se vacía al mismo tiempo, por otra parte también cubre situaciones por efectos de mantenimiento, cuando el tanque se encuentre vacío y por el

contrario cuando se encuentre lleno. Esta revisión del funcionamiento se realiza para revisar su diseño hidráulico y estructural (Pastillo, 2014).

2.2.3.4 *Diseño de obras de arte*

Las obras de arte de un sistema de riego son todas aquellas obras civiles ubicadas en la conducción principal, redes secundarias y terciarias con el fin de optimizar el funcionamiento y operación del sistema (Ochoa, 2005).

2.2.3.5 *Diseño de válvulas*

Las conducciones presentan perfiles irregulares, razón por la cual presentan una serie de singularidades, por ejemplo en los puntos bajos de la línea de conducción se acumulan los sedimentos, provocando la reducción del área de flujo del agua, por tal razón es necesario instalar válvulas de purga o desagüe que permitan de manera periódica la limpieza de los tramos de tubería (Prabhata, 2008).

En el caso contrario en los puntos altos de las líneas de conducción de agua, el aire se acumula lo que provoca la reducción del área de flujo del agua, y produce un aumento de pérdida de carga y una disminución del caudal. Para evitar esta acumulación es necesario instalar válvulas de aire (Prabhata, 2008).

2.2.3.6 *Diseño de hidrantes*

El hidrante de riego es el dispositivo mediante el cual se entrega agua a la parcela, su funcionamiento está sujeto al turno y horario establecido en la programación de riego, además su diámetro está en función del caudal máximo de aplicación (Espinosa, 2016).

2.2.3.7 *Sectorización*

La sectorización resulta de la planificación de riego y se establece con fines operativos de manera que cada sector dispone de infraestructura propia para facilitar la entrega, medición y distribución del agua en el turno y horario que corresponda (Ortega-Gaucin, 2008).

2.2.4 *Presupuesto y especificaciones técnicas*

2.2.4.1 *Cálculo de volúmenes de obra*

La elaboración del presupuesto inicia con el cálculo de los volúmenes de obra de cada uno de los componentes de infraestructura, para lo cual se identifica cada uno de los rubros con sus cantidades y unidades de medida (Arboleda, 2007).

2.2.4.2 *Análisis de precios unitarios*

Los precios unitarios se calculan para cada rubro, para lo que se considera los costos de equipo, mano de obra, materiales, transporte, rendimiento del equipo mecánico y cuadrilla tipo (Arboleda, 2007).

2.2.4.3 *Desagregación tecnológica*

La desagregación tecnológica es el proceso dirigido a descomponer proyectos, en sus diferentes elementos técnicos y económicos con el objeto de permitir la apertura de varias licitaciones para su ejecución buscando la participación de la industria y el trabajo nacional (LOSNCP, 2014).

2.2.4.4 *Presupuesto general*

El presupuesto de una obra es específico de cada tipo de obra, ya que se calcula con base en las cantidades de obra y los análisis de precios unitarios, con diferencia entre los costos directos e indirectos. El presupuesto general contempla los costos de todos los componentes del proyecto, los cuales son: construcción, plan de manejo ambiental, operación y mantenimiento (Arboleda, 2007).

2.2.4.5 *Especificaciones técnicas*

Las especificaciones técnicas se desarrollan para cada rubro del proyecto, en términos de especificaciones particulares y en relación con las especificaciones para la Construcción, la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-2015, ACI-318-14 y Norma Técnica Ecuatoriana INEN-ISO 18091.

2.2.4.6 *Manual de operación y mantenimiento*

El manual de operación y mantenimiento de un sistema de riego describe las normas y procedimientos técnicos que a seguir por parte de operadores para efectuar la función de operación y mantenimiento (Concha, 2013).

Marco conceptual

Aforo. Es el conjunto de operaciones para determinar el caudal en un curso de agua para un nivel observado (Alvarado, 2017).

Altura de presión. La altura de presión de cualquier sección de la tubería está representada por la distancia vertical entre la línea de gradiente hidráulico y el eje de la tubería (Swamme, 2008).

Agua. A través de la historia se conoce que las diversas culturas se han desarrollado alrededor de las fuentes de agua (IICA, 2017) y, es tal su importancia, que la sociedad actual enfoca sus esfuerzos en crear métodos que optimicen el uso de este recurso tan preciado que cada vez es más escaso.

El agua es un activo estratégico a nivel mundial y dado que es un elemento vital, su escasez y baja calidad puede restringir el desarrollo de países y sociedades enteras (Olvera, 2014).

Los recursos tierra y agua son fundamentales para la agricultura y el desarrollo rural, también están vinculados con retos mundiales como la inseguridad alimentaria, la pobreza, la adaptación al cambio climático y la mitigación del mismo, así como la degradación y el agotamiento de los recursos naturales que afectan al sustento de millones de habitantes de las zonas rurales de todo el mundo (FAO, 2011).

Agricultura. La agricultura tiene un rol fundamental en la economía de América Latina, ya que representa una importante fuente de ingresos, empleos y alimentos para la región y el mundo (CEPAL, FAO, IICA, 2021). Además, la agricultura emplea el 69% del agua dulce (IICA, 2017), lo que la convierte en la actividad económica de mayor demanda de agua.

Se estima que para satisfacer los requerimientos mundiales se necesitará incrementar la producción de alimentos por lo menos un 30% y para lograrlo, se requerirá un aumento del rendimiento e intensidad de los cultivos, así como la diversificación de las variedades de cultivos (FAO, 2021).

Autorización de uso y aprovechamiento del agua. Es el acto administrativo expedido por la Autoridad Única del Agua por medio del cual atiende favorablemente una solicitud presentada por personas naturales o jurídicas, para el uso de un caudal del agua, destinado al consumo humano o riego que garantice la soberanía alimentaria, incluyendo también el abrevadero de animales y actividades de producción acuícola (LORHUA, 2014).

Caudal. Volumen de agua que pasa a través de una sección transversal del río en la unidad de tiempo, se expresa en metros cúbicos por segundo o litros por segundo (Alvarado, 2017).

Catastro. El catastro sirve como base de control y gestión administrativa estatal de todo tipo de bienes contenidos dentro de un país o región (Sánchez, 2018).

Desagregación tecnológica. La desagregación tecnológica es el proceso dirigido a descomponer proyectos, en sus diferentes elementos técnicos y económicos con el objeto de permitir la apertura de varias licitaciones para su ejecución buscando la participación de la industria y el trabajo nacional (La desagregación tecnológica como herramienta, 2018).

Padrón de usuarios. Según la real academia española el padrón es un registro administrativo, para el caso de las Juntas de Riego el padrón de usuarios es el registro oficial donde se encuentran inscritos los usuarios del agua para uso agrícola, el mismo que debe estar reconocido por la Autoridad Única del Agua.

Pérdida de carga. Disminución de la presión del agua, como producto de la fricción de esta con la tubería (CONGOPE, 2014).

Precios unitarios. Llamado también análisis de costo unitario es una técnica utilizada en la gestión de proyectos de obra o construcción. Consiste en desglosar el costo por unidad de medida de cada rubro, identificando los rendimientos, costos y cantidades de cada uno de los insumos o materialízales a utilizarse (Vivar, 2021).

Regularización ambiental. Es un proceso sistemático que permite registrarse, calificarse y obtener una declaratoria ambiental según el proyecto, obra o actividad en funcionamiento, otorgada por la Autoridad Ambiental competente (Erazo, 2013).

Sistemas de riego. En el ámbito de la producción agrícola, entre otros aspectos, el riego es un factor clave para disminuir la inseguridad productiva provocada por la irregularidad de ciclos estacionales como los inviernos cortos, veranos largos, posibilita el incremento y diversificación

de los cultivos, así como el desarrollo de nuevos cultivos en lugares en los que normalmente no se los podría producir por condiciones climáticas o de altura (SENAGUA, 2019).

En zonas de agricultura familiar y campesina, el riego fomenta condiciones de equidad social, al posibilitar a dichos productores incrementar su producción, garantizar localmente la soberanía alimentaria y contar con ingresos como resultado de su excedente productivo (SENAGUA, 2019).

Tecnificación de riego. Las prácticas y necesidades de riego varían considerablemente según las áreas. Esto complica el diseño y la planificación de nuevos proyectos y la operación de los sistemas actuales, tanto a nivel regional como en un predio determinado. La técnica más adecuada es la resultante de la combinación de las condiciones de suelo, clima, disponibilidad de agua y los cultivos que van a regarse; el conocimiento de los componentes de ese sistema y de las relaciones entre ellos que se establecen en la producción agrícola permite predecir el comportamiento futuro y diseñar el sistema de riego que en forma más económica aumente los rendimientos de los cultivos, al asegurar a las plantas una adecuada y oportuna disponibilidad de agua (Gurovich, 1985).

Topografía. La topografía se ocupa del estudio de los métodos para obtener la representación plana de una parte de la superficie terrestre con todos sus detalles (García, 1994).

2.3 Identificación de variables

2.3.1 Variables dependientes

- Velocidad de circulación del agua.
- Presión de dinámica.
- Presión estática.
- Presupuesto.

2.3.2 Variables independientes

- Área bruta.
- Área neta de riego.

2.4 Operacionalización de variables

Tabla 1-1: Operacionalización de variables

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	CONCEPTO	INDICADOR	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Velocidad de circulación del agua	Dependiente	La velocidad de circulación es la velocidad de paso del agua a lo largo de una tubería, cuya magnitud física expresa el espacio recorrido por el agua en la unidad de tiempo.	Velocidad del agua en metros por segundo ($m s^{-1}$).		Software Epanet versión 2.0
Presión dinámica	Dependiente	Presión interior de la tubería de abastecimiento durante un determinado estado de servicio medido en un punto determinado.	Presión dinámica en los puntos de servicio en metros columna de agua (m c a).		Software Epanet versión 2.0
Presión estática	Dependiente	Presión interior de la tubería de abastecimiento cuando, estando en carga, se encuentra el agua en reposo.	Presión estática en la red en metros columna de agua (m c a).		Software Epanet versión 2.0
Presupuesto	Dependiente	Cálculo anticipado del costo de una obra durante un determinado período de tiempo.	Presupuesto en dólares americanos (USD)		Software PUNIS
Área bruta	Independiente	Es el área total comprendida dentro de los límites del Módulo 6 ubicado en la comunidad Chingazo Bajo.	Número de hectáreas de área bruta (ha).		Software Civil Cad
Área neta de riego	Independiente	Es el área resultante de descontar del área bruta del módulo 6 las áreas que no son susceptibles de aplicar riego.	Número de hectáreas de área neta (ha).		Software Civil Cad

Realizado por: Castelo, Mercy, 2024.

2.5 Matriz de consistencia

Tabla 2-1: Matriz de consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
GENERAL Optimizar el recurso agua para uso agrícola en el Módulo 6 de la Comunidad Chingazo Bajo del Sistema de Riego Chambo Guano Fase II	Diseñar el sistema de riego parcelario para el Módulo 6 ubicado en la comunidad Chingazo Bajo del proyecto Chambo Guano Los Chingazos Fase II.	Mediante el sistema de riego parcelario se optimizará el uso del agua en el Módulo 6 ubicado en la comunidad Chingazo Bajo del proyecto Chambo Guano Los Chingazos Fase II.	VARIABLE DEPENDIENTE Velocidad de circulación del agua	Velocidad del agua en cada diámetro seleccionado.		Software Epanet versión 2.0 Hoja de cálculo.
			VARIABLE DEPENDIENTE Presión dinámica	Presión dinámica en los puntos de servicio.		Software Epanet versión 2.0 Hoja de cálculo.
			VARIABLE DEPENDIENTE Presión estática	Presión estática en la red.		Software Epanet versión 2.0 Hoja de cálculo.
			VARIABLE DEPENDIENTE Presupuesto	Volúmenes de obra. Precios unitarios. Presupuesto.		Software PUNIS
			VARIABLE INDEPENDIENTE Área bruta	Número de hectáreas de área bruta.		Software Civil Cad
			VARIABLE INDEPENDIENTE Área neta de riego	Número de hectáreas de área neta.		Software Civil Cad

Realizado por: Castelo, Mercy, 2024.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1 Caracterización del área en estudio

Ubicación política

Provincia:	Chimborazo
Cantón:	Guano
Parroquia:	Matriz
Sector:	Chingazo Bajo

Ubicación geográfica

Latitud:	1° 37' 17.62''
Longitud:	78° 34' 47.53''

Ubicación ecológica

Altitud:	2700 msnm
Temperatura media:	20.6°C
Precipitación anual:	516.3 mm
Región:	Sierra

3.2 Materiales

Material y equipo para evaluaciones en campo

Equipo para la obtención de ortofoto.

Equipo para la determinación de propiedades del suelo mediante mecánica de suelos.

Equipo para evaluación de la calidad de agua.

3.3 Métodos

3.3.1 Estudios base

Topografía

Puntos de control topográfico

Se colocaron 54 puntos de control fotogramétrico y geodésico que se materializaron en forma de hitos, de los cuales 50 se instalaron con cilindros de hormigón y 4 con identificación de placa de alto relieve. Estos puntos se midieron con equipos de precisión bajo el sistema de coordenadas WGS84 (Fernández, 2001).

La toma de datos de estos hitos se realizó con tecnología GNSS mediante el método estático y se vincularon a la REGME con la época de referencia post-sísmica vigente a partir del 17 de abril del 2016: 2016.436; además para la generación de estos puntos se utilizó el software Trimble Business Center.

Fotografía aérea

La fotografía aérea se logró mediante el sobrevuelo de un dron modelo WINGTRA, con el que se planificó el vuelo mediante el software UAS Master, el plan de vuelo consideró 700 ha en área bruta, para garantizar la buena calidad del levantamiento de las 576 ha de toda la zona en estudio, en donde está inmerso el módulo 6. Con el vuelo se consiguió 4371 fotos y en el procesamiento de la fotografía se utilizó un traslape del 75% entre fotografías tanto de manera longitudinal como transversal, de manera que se cubrió toda el área de interés.

Ortofotomosaico

El ortofotomosaico se generó a partir de las imágenes del vuelo en formato TIFF y de los resultados de la fase de ajuste de los modelos. Para la obtención de las ortofotos se rectificó la orientación interna y externa con los datos provenientes de los puntos de control fotogramétrico y geodésico.

Modelo digital del terreno (MDT) y curvas de nivel

El MDT se generó a partir del GSD (ground sample distance), lo cual es la distancia en el suelo que separa los centros de dos píxeles adyacentes de una fotografía aérea, esta precisión es proporcional a la densidad de la nube de puntos que se genera durante el vuelo y que conforman la ortofotografía (Fernández, 2001). El proceso para la generación del modelo digital se realiza a través de la filtración y clasificación de las diferentes capas de elevaciones que se generan a partir la nube de puntos. También, con base en esta información se obtuvieron las curvas de nivel a cada metro en formatos DWG y SHAPE.

Actualización y validación de catastro

Con base en la ortofoto, el modelo digital de terreno y la información base del GADMG se realizó la actualización y validación del catastro de la zona en estudio, para lo cual se realizaron las siguientes actividades:

- Dibujo de linderos sobre plano digital y ortofotografía.
- Dibujo de obras civiles existentes (vías, canchas, casas y tanques).
- Identificación y actualización de propietarios de lotes.
- Corrección de linderos sobre plano digital y ortofotografía en conjunto con los dueños de los predios.
- Cálculo de áreas y generación de padrón de usuarios.

El catastro se actualizó y validó sobre la base del levantamiento topográfico, se generó en formato .xls y se ordenó de la siguiente manera:

- Comunidad, módulo, zona y toma.
- Código de lote.
- Nombre del propietario.
- Superficie.

Definición de módulos de riego

Para la delimitación y definición de módulos de riego se realizaron las siguientes consideraciones:

- Se conservaron zonas de presión, es decir se mantuvo un desnivel máximo que varía ente 70 y 100 m, para cada uno de los módulos.

- Se estimaron áreas similares y homogéneas con relación a los 12 módulos de riego que conforman todo el proyecto. En módulo 6, el cual es objeto de este estudio tiene un área de 39.87 ha.

Análisis de los derechos del agua

Se analizó la autorización para el uso y aprovechamiento de agua de la cuenca del río Pastaza, subcuenca del río Chambo que dispone la junta de riego del sistema Chambo Guano Los Chingazos. De este análisis se desprende que mediante Resolución No. 5788-2019-RV/2021 de 03 de febrero de 2021, el sistema cuenta con un caudal de 5898.40 L s⁻¹ para riego de 7373 ha, con una dosis promedio de riego de 0.80 L s⁻¹ ha. Para la Fase II el caudal es de 1360 L s⁻¹, y con base en lo que indicó el Gobierno Provincial se tienen 108 L s⁻¹ para la comunidad Chingazo Bajo.

3.3.2 Estudios complementarios

Ensayo de penetración estándar (SPT)

El ensayo SPT se realizó según lo estipula la Norma Técnica Ecuatoriana: NTE INEN 689. 1982-05 Mecánica de Suelos Ensayo de Penetración Estándar y se efectuó para conocer la capacidad portante del suelo en el lugar que se escogió para la ubicación del tanque de reserva.

El tanque de reserva se ubicó de manera logística en el lugar más alto de la zona regable y con cercanía a la toma, de manera que exista la menor pérdida de área de riego en la comunidad Chingazo Bajo. El ensayo se realizó en las coordenadas UTM x: 769672.48, y: 9820575.91 a una profundidad máxima de 6.5 m en el centro del terreno del tanque de reserva.

El ensayo consistió en hincar el penetrómetro estándar de 50 cm, mediante la utilización de una masa de 63.5 kg que se deja caer en caída libre desde una altura de 76 cm, al mismo tiempo se cuenta el número de golpes en los últimos 50 cm por cada metro de profundidad. A la vez se obtuvieron las muestras disturbadas en el tubo partido para realizar la clasificación de suelos.

Una vez concluida la fase de campo, los ensayos se realizaron en laboratorio y se obtuvo contenido de humedad natural, granulometría, límite líquido, límite plástico, densidad relativa y se realizó la clasificación de suelos manual visual.

Ensayo triaxial

Se realizó el ensayo mediante el método estándar de prueba de compresión triaxial en suelos cohesivos no consolidados no drenados según lo estipula la Norma: ASTM 2850-95.

Para la toma de la muestra no alterada se perfiló un bloque de suelo de alrededor de 40 cm por lado, a continuación se envolvió el bloque con plástico de embalaje y se transportó con cuidado al laboratorio.

En laboratorio, la muestra preparada se somete a condiciones de esfuerzo similares a las que se tienen en campo, luego se incrementa el esfuerzo axial hasta llevarlo a la falla. Una vez que se concluyó el ensayo se construye la gráfica de los correspondientes círculos de Mohr, con lo cual se determinan los parámetros mecánicos del suelo, por lo que mediante este procedimiento se obtuvieron los valores de la cohesión y el ángulo de rozamiento interno.

Análisis de agua

Se seleccionaron tres puntos de muestreo para realizar el análisis de agua, en razón de su accesibilidad, seguridad y representatividad. Los puntos de muestreo se dispusieron de la siguiente manera:

Tabla 1-3: Ubicación de muestro

Punto de muestreo	Coordenadas UTM		Detalle
	x	y	
1	765090	9823408	Salida del sifón sobre el río
2	769351	9822427	Toma en la comunidad Chingazo Alto
3	769634	9820658	Toma en la comunidad Chingazo Bajo

Realizado por: Castelo, Mercy, 2024.

El muestreo del agua se realizó según lo especifica la Norma Técnica Ecuatoriana: NTE INEN 2169:2013 Agua. Calidad de agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.

El análisis químico del agua se realizó en laboratorio y se observaron los parámetros requeridos en el Acuerdo Ministerial 097-A Registro Oficial Suplemento 387 del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, de 4 de noviembre de 2015 que establece los requisitos para determinar si el agua es óptima para su uso como agua de riego.

3.3.3 *Diseño de infraestructura de riego*

Diseño estructural

Se realizó el diseño estructural de las obras propuestas en el proyecto de acuerdo con lo que solicita la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15 y la ACI 318-19 del American Concrete Institute.

Diseño estructural de tanque de reserva

El diseño estructural de una obra importante como es el caso del tanque de reserva conllevó a diversos análisis como son la definición de su geometría, el material de construcción y su comportamiento estructural.

Durante la ejecución del diseño estructural se observaron los siguientes factores:

- Peso propio de la estructura.
- Empuje del agua.
- Empuje lateral del terreno.

Las simulaciones sobre el comportamiento estructural se realizaron en condiciones de tanque vacío y lleno, de manera que quedaran cubiertas las situaciones en las que por diversas razones el tanque se encuentre vacío y soporte solo las cargas del suelo, y en caso contrario para cuando el tanque se encuentre lleno las paredes soporten por si solas la presión del agua.

Para definir las dimensiones de los elementos estructurales, se observó los requisitos mínimos que indica el ACI en referencia de los espesores mínimos en muros reforzados para depósitos de agua. Un espesor mínimo de 30 cm para muros mayores a 3 m de altura, 20 cm cuando el recubrimiento del acero de refuerzo igual o mayor a 5 cm y 15 cm de espesor para cualquier elemento estructural (ACI, 2014).

El cálculo del refuerzo mínimo, refuerzo por contracción y temperatura se realizó en concordancia a la recomendación del ACI 318-19, y para ello se utilizaron las siguientes expresiones:

$$A_{smin} = \frac{0.8\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \quad [2]$$

Donde:

A_{min} = área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción mínimo (mm^2);

f_c = resistencia especificada a la compresión del concreto (MPa);

f_y = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo no preesforzado (MPa);

b_w = ancho del alma (mm) y

d = distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción (mm).

Diseño hidráulico de red principal y secundaria

El trazado de la red se realizó mediante la evaluación de las condiciones del terreno, como por ejemplo las pendientes óptimas, se observó también la ubicación de los caminos, linderos y obras existentes.

Los criterios de diseño que se consideraron en el diseño hidráulico de las redes son los siguientes:

Caudal de diseño

El caudal de diseño se definió con base en las necesidades de riego y en concordancia con el caudal de descarga del emisor que se seleccionó en el diseño agronómico, además se verificó que no sea superior al caudal autorizado por el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

Presiones estáticas y dinámicas en redes principal y secundaria

Al plantear el diseño se dimensionaron las tuberías de manera que la presión nominal del tubo sea superior a la presión estática del sistema. Además se verificó que la presión dinámica satisfaga la presión de trabajo de los emisores. Las condiciones que se verificaron son:

- Presión dinámica \geq presión de servicio requerida en emisores (10 m.c.a. – 30 m.c.a.).
- Presión nominal de la tubería $>$ Presión estática de la red.

Para la zona alta del módulo 6, debido a que esta área se encuentra próxima al reservorio no existe suficiente diferencia de nivel que origine la mínima presión requerida por los emisores, por lo que, los turnos de riego 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 únicamente recibirán agua en la cantidad necesaria, mas no en la presión requerida; por esta razón es obligado el uso de bombas para realizar riego por micro aspersión.

Velocidades máximas y mínimas

Las velocidades máximas y mínimas se determinaron por el tipo de material que se escogió, para este proyecto se utilizaron tuberías de PVC, por lo que se conservó una velocidad mínima de 0.5 m s^{-1} y una velocidad máxima de 3.0 m s^{-1} .

Para el cálculo de las velocidades se utilizó la expresión de Hazen-Williams (Alegret y Martínez, 2019), ecuación 3.

$$v = 0.849 C_{HW} R_h^{0.63} S^{0.54} \quad [3]$$

Donde:

v = velocidad media de circulación (m s^{-1});

C_{HW} = coeficiente de pérdidas de Hazen-Williams (adimensional);

R_H = radio hidráulico (m) y

S = pendiente de la rasante de energía, equivale al cociente $hf \text{ L}^{-1}$: pérdida de carga unitaria o por metro lineal (adimensional).

Pérdidas de carga

Las pérdidas de carga se calcularon mediante el método de Hazen-Williams y el coeficiente de Chow se eligió en relación a la utilización de tuberías de PVC, para este proyecto se tiene un $C=150$.

Para el cálculo de las pérdidas de carga se utilizó la expresión de Hazen-Williams (Alegret y Martínez, 2019), ecuación 4.

$$hf = 10.672 \frac{L}{D^{4.871}} \left(\frac{Q}{C_{HW}} \right)^{1.852} \quad [4]$$

Donde:

hf = pérdidas de carga en un conducto circular de longitud L (m);

L = longitud de la tubería (m);

D = diámetro interior o hidráulico de la conducción (m);

Q = caudal de circulación ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$) y

C_{HW} = coeficiente de pérdidas de Hazen-Williams (adimensional).

Software

Para realizar el diseño hidráulico de la conducción al módulo 6 se utilizó una hoja de cálculo Excel (Anexo A). Los datos de entrada fueron: abscisas, cotas, coeficiente de Chow y caudal; mediante iteraciones se determinó el diámetro adecuado para la conducción, de manera que se cumplieron los criterios de diseño –velocidad y presión- que se estableció en los puntos anteriores. La hoja de cálculo fue diseñada con las ecuaciones de Hazen-Williams.

Para realizar el diseño hidráulico de las redes se utilizó el software Epanet 2.0 vE, el cual es descarga libre. Los datos de entrada fueron: longitud, cotas, coeficiente de Chow, caudal y diámetros estimados; mediante la observación de los criterios de diseño se determinó el diámetro adecuado para cada tramo de red en estudio, de manera que se cumplieron los criterios de diseño –velocidad y presión- al igual que en la hoja de cálculo. El método de cálculo utilizado en este software fue de Hazen-Williams.

Diseño de reservorio

Cálculo del volumen

El volumen del reservorio se calculó con base en el caudal de diseño y se establecieron 12 horas de reserva. Para dimensionar el reservorio se utilizó la ecuación 5.

$$V = Q * t \quad [5]$$

Donde:

V = volumen de reserva (m³);

Q = caudal de circulación en la llegada al depósito (m³ h⁻¹) y

t = tiempo de reserva (h).

Operación del reservorio

El reservorio se calculó para cubrir las demandas de riego durante un periodo de 12 horas al día, el comportamiento de llenado y vaciado del reservorio es tal que cubrirá los volúmenes de las demandas de caudal en las parcelas.

Diseño de obras de arte

Al tratarse de obras secundarias que requieren de diseños particulares, estos se realizaron de acuerdo con las necesidades de este proyecto, en procura del buen funcionamiento hidráulico del sistema y de acuerdo con lo que solicita la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15 y la ACI 318-14 del American Concrete Institute.

Desarenador

El desarenador está ubicado al ingreso de los dos reservorios ubicados en la comunidad Chingazo Bajo, la obra está diseñada para sedimentar partículas iguales y mayores a un diámetro de 0.10 mm, que corresponde a una arena fina; además se sabe que este material que se sedimentará a una velocidad de 0.16 m s^{-1} , información que determina las dimensiones de la cámara desarenadora (Anexo B).

El desarenador se diseñó para realizar un lavado intermitente, por lo que cuenta con un by pass que permitirá dotar de servicio durante su lavado.

Diseño de válvulas

Las válvulas se dimensionaron de acuerdo con las condiciones esperadas en la operación del sistema, se tomó en cuenta presiones, capacidad, tipo de conexiones, material, costo, vida útil y disponibilidad en el mercado local.

Diseño de hidrantes

Los hidrantes tienen la capacidad suficiente para abastecer del caudal de diseño a cada una de las parcelas, el diámetro mínimo es de 32 mm (1”).

Sectorización

El área total de riego está dividida en 12 módulos de riego, los módulos cubren áreas semejantes y la sectorización está basada en los criterios del diseño hidráulico. Se conservaron caudales manejables y zonas de presión. Este proyecto se centra en el estudio del módulo 6.

3.3.4 *Presupuesto y especificaciones técnicas*

Cálculo de volúmenes de obra

Se levantó la información de cada uno de los componentes de infraestructura que intervienen en el sistema propuesto, cada ítem se identificó con su respectiva unidad de medida y cuantificación (Anexo C).

Análisis de precios unitarios

El software que se utilizó para el análisis de precios unitarios y presupuesto fue Punís V.10, este programa permitió que las cantidades de obra, análisis de precios unitarios y especificaciones técnicas queden ligados entre sí. Además, la definición de rubros de obra y el cálculo de las cantidades de obra están dentro de un rango de + 5% de las cantidades reales.

Los precios unitarios están calculados para cada rubro, se tomó en cuenta los costos de equipo, mano de obra, materiales, transporte, rendimiento del equipo mecánico y cuadrilla tipo (Anexo D). Las cantidades de obra se calcularon con los rubros de obra a ejecutarse, la unidad de medida, los diseños propuestos indicados en los planos de planta, de perfil longitudinal, secciones transversales, cortes longitudinales y detalles constructivos.

Para el costo de mano de obra se tomó como base los salarios de mano de obra que se emiten por la Contraloría General del Estado para el año 2023. Los precios de materiales y equipos se definieron de acuerdo con proformas emitidas por proveedores, siempre en relación con las especificaciones técnicas.

Desagregación tecnológica

De acuerdo con lo que determina la ley y según corresponde, se realizó la desagregación tecnológica de los rubros del este estudio (Anexo E).

Presupuesto general

El presupuesto se calculó con base en las cantidades de obra y los análisis de precios unitarios, con diferencia entre los costos directos e indirectos (Anexo F).

Para establecer el porcentaje de los costos indirectos se consideraron los siguientes aspectos:

- Gastos de administración,
- Gastos generales,
- Financiamiento,
- Garantías, pólizas y seguros,
- Imprevistos y
- Utilidad.

Con estas consideraciones y su análisis se fijó el valor de costos indirectos en 20% del valor de costos directos (Anexo G). Por cada componente del estudio, se presenta:

- Presupuesto de obra.
- Anexo de volúmenes de obra.
- Análisis de precios unitarios.
- Mano de obra.
- Lista de Materiales.
- Cuadrilla tipo.
- Equipos.
- Componentes de fórmula polinómica para reajuste de precios.
- Cronograma valorado de trabajo.
- Especificaciones técnicas.

Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas fueron desarrolladas para cada rubro del proyecto, en términos de especificaciones particulares se encuentran en relación con las especificaciones para la construcción, la norma ecuatoriana de la construcción NEC-2015. Cada especificación incluye el control de calidad, ensayos durante la ejecución de obra y los aspectos que se refirieron a la conservación ambiental, además cada una se identificó con el código que se estableció en el presupuesto general (Anexo H).

Manual de operación y mantenimiento

El manual describe las normas, organización y procedimientos que se utilizarán por parte de operadores para efectuar la función de operación y mantenimiento y se incorporaron las acciones necesarias para el buen funcionamiento y durabilidad del sistema de riego (Anexo I).

3.3.5 *Anexos*

Planos y esquemas de instalación

Para la elaboración de los planos se utilizó el formato de trabajo A3, esto en función del área del proyecto, además las láminas se identificaron con un rótulo que contiene la información básica que permite identificar el proyecto, como por ejemplo: responsables, localización, escalas y fecha de ejecución.

Planos de topografía

Los planos se dibujaron con la respectiva cuadrícula de coordenadas y curvas de nivel, las unidades de medida lineal son metros; adicional a esto se dibujaron los detalles alrededor del área de riego como vías y estructuras existentes con su respectiva nomenclatura (Anexo J-TOP).

Planos estructurales

Los planos estructurales contienen cuadros de resumen de accesorios y materiales, con sus respectivas ubicaciones. Los detalles de interés del plano se encuentran ampliados (Anexo J-EST).

Planos hidráulicos

Se identificaron las abscisas de las redes en planta como también de las estructuras especiales, además, se especificó el material, diámetro y longitud.

Para los perfiles longitudinales se especificaron los datos hidráulicos que se obtuvieron en el diseño, tales como caudal, diámetro, velocidad, longitud, material y clase de tubería; de igual manera los datos constructivos como corte y relleno de zanja. La escala vertical se exageró 10 veces (Anexo J-HID).

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Topografía

La ortofoto posee un GSD de 7 cm, lo cual significa que un pixel de la imagen representa 7 cm lineales en el suelo, con base en la ortofoto se obtuvieron las curvas de nivel a cada metro (Anexo J-TOP).

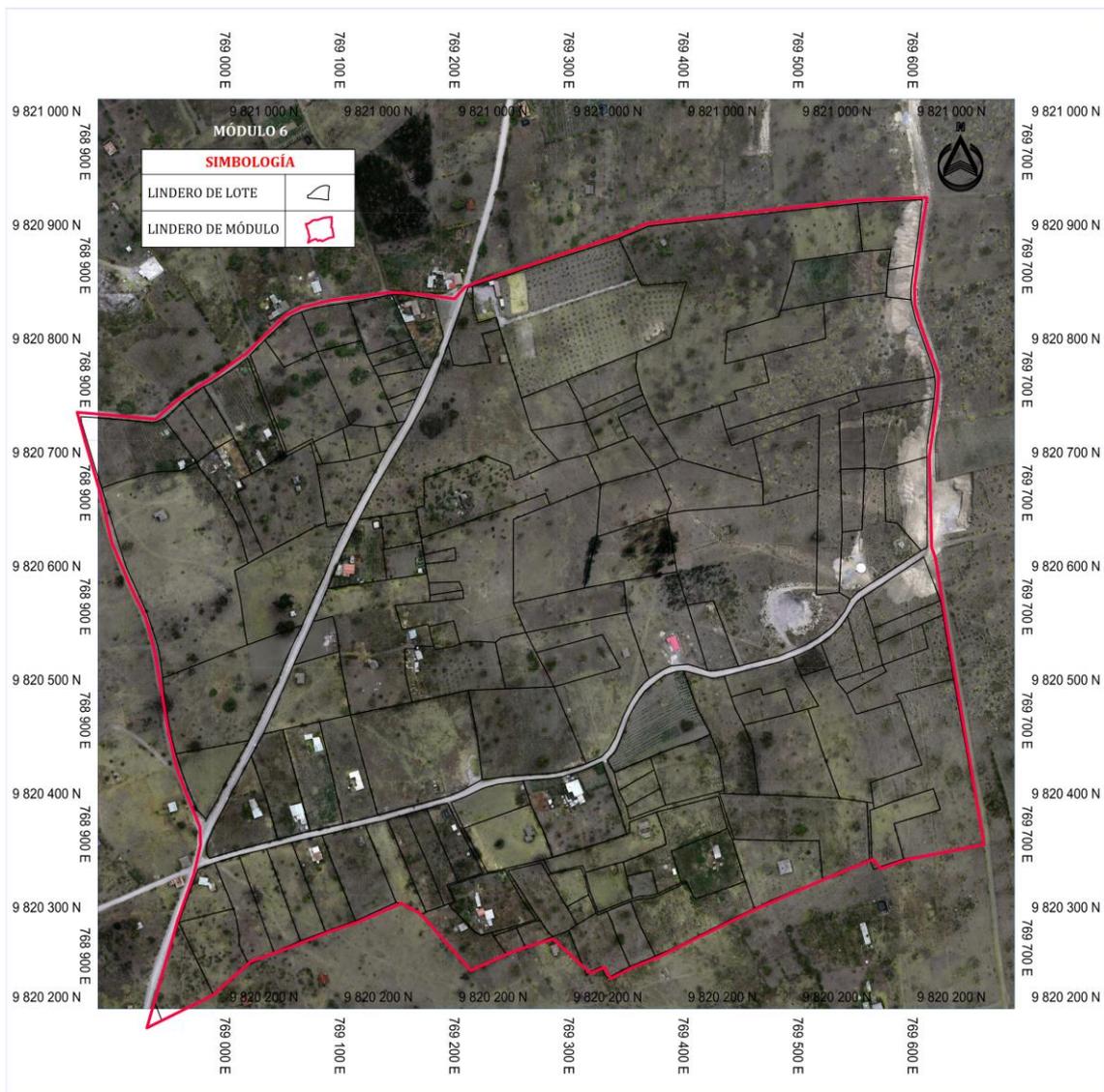


Figura 1-4. Ortofoto del área del módulo 6, comunidad Chingazo Bajo.

Realizado por: Castelo, Mercy, 2024.

Actualización y validación de catastro

El módulo 6 lo conforman 131 lotes o predios de terreno en una extensión de 39.87 ha (Anexo K), de este hecho se puede identificar que la tenencia de tierra está fragmentada, de manera que el promedio de tenencia está alrededor de 0.30 ha. El área obtenida de los predios es de 38.76 ha, y el área neta susceptible de riego es de 37.84 ha, la cual resulta menor porque existen sectores ocupados por infraestructura dentro del área del módulo que no se consideran como área regable. Según el CAMAREN (1999), se considera minifundio a la parcelación de la tierra donde se realizan labores agrícolas que se encuentran por debajo de una hectárea en superficie, también la CAAP (2002) indica que el minifundio puede llegar a dividir una hectárea hasta en 20 parcelas; desde esta óptica la tenencia de tierra en el módulo 6 ubicado en la comunidad Chingazo Bajo es considerada minifundio.

Tabla 1-4: Área neta por lote

Código	Área (ha)								
M06-001	0.26	M06-028	0.30	M06-055	0.11	M06-082	0.05	M06-109	0.27
M06-002	0.06	M06-029	0.15	M06-056	0.12	M06-083	0.33	M06-110	0.29
M06-003	1.07	M06-030	0.18	M06-057	0.19	M06-084	0.88	M06-111	0.21
M06-004	0.30	M06-031	0.12	M06-058	1.37	M06-085	0.13	M06-112	0.12
M06-005	0.23	M06-032	0.44	M06-059	0.16	M06-086	0.14	M06-113	0.46
M06-006	0.36	M06-033	0.33	M06-060	0.13	M06-087	0.18	M06-114	0.46
M06-007	0.22	M06-034	0.32	M06-061	0.57	M06-088	0.18	M06-115	0.56
M06-008	0.08	M06-035	0.13	M06-062	0.26	M06-089	0.05	M06-116	0.24
M06-009	0.09	M06-036	0.25	M06-063	0.63	M06-090	0.05	M06-117	0.19
M06-010	0.31	M06-037	0.34	M06-064	0.41	M06-091	0.07	M06-118	0.22

M06-011	0.83	M06-038	0.39	M06-065	0.07	M06-092	0.02	M06-119	0.31
M06-012	0.35	M06-039	0.40	M06-066	0.04	M06-093	0.02	M06-120	0.11
M06-013	0.25	M06-040	0.27	M06-067	0.16	M06-094	0.04	M06-121	0.17
M06-014	0.10	M06-041	0.29	M06-068	1.13	M06-095	0.07	M06-122	0.27
M06-015	0.11	M06-042	0.21	M06-069	0.58	M06-096	0.09	M06-123	0.21
M06-016	0.04	M06-043	0.38	M06-070	0.79	M06-097	0.08	M06-124	0.12
M06-017	0.65	M06-044	0.17	M06-071	0.16	M06-098	0.12	M06-125	0.26
M06-018	0.20	M06-045	0.06	M06-072	0.16	M06-099	0.74	M06-126	0.10
M06-019	0.27	M06-046	0.10	M06-073	0.27	M06-100	0.15	M06-127	0.39
M06-020	0.46	M06-047	0.15	M06-074	0.18	M06-101	0.17	M06-128	1.53
M06-021	0.33	M06-048	0.20	M06-075	0.22	M06-102	0.15	M06-129	0.74
M06-022	1.51	M06-049	0.60	M06-076	0.04	M06-103	0.30	M06-130	0.21
M06-023	0.11	M06-050	0.05	M06-077	0.04	M06-104	0.06	M06-131	0.22
M06-024	0.05	M06-051	0.06	M06-078	0.09	M06-105	0.22		37.84
M06-025	0.58	M06-052	0.04	M06-079	0.01	M06-106	0.09		
M06-026	2.02	M06-053	0.21	M06-080	0.03	M06-107	0.32		
M06-027	0.31	M06-054	0.05	M06-081	0.02	M06-108	0.25		

Realizado por: Castelo, Mercy, 2024.

Definición de módulos de riego

El módulo de riego 6 quedó delimitado al norte por los módulos 4 y 2, al sur por el módulo 7, al este por la plataforma del canal de conducción principal del sistema y al oeste por el módulo 9. El desnivel del módulo es de 95 m, con una cota de 2765 msnm en la cabecera y 2670 msnm al pie del módulo (Anexo J-TOP).

Análisis de los derechos del agua

El sistema Chambo Guano Los Chingazos dispone de una autorización para el uso y aprovechamiento de agua de 5898.40 L s^{-1} , dentro de la cual se otorga 1360 L s^{-1} para uso de la Fase II incluidos los 108 L s^{-1} para la comunidad Chingazo Bajo (Anexo L).

Ensayo de penetración estándar (SPT)

El ensayo SPT se realizó hasta una profundidad de 6.5 m, nivel hasta el cual no se encontró nivel freático, la caracterización del suelo corresponde a un Tipo 2 según la clasificación SUCS y tipo de perfil D sin presencia de conglomerados; además la capacidad admisible del suelo encontrada fue 15 Ton m⁻² (Anexo M).

Ensayo triaxial

La cohesión o fuerza de atracción entre las partículas encontrada mediante el ensayo triaxial es 0.09 kg cm^{-2} y su ángulo de fricción interna es de 34.8° (Anexo N).

Análisis de agua

Los valores reportados en el análisis del agua (Anexo O) se encuentran dentro de los parámetros establecidos para calidad de agua de riego según lo establece el Acuerdo Ministerial 097-A Registro Oficial Suplemento 387 del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente. Según Baccaro (2006) la calidad de agua queda garantizada para la actividad agrícola al reunir los requisitos mínimos para alcanzar una adecuada producción de cultivos.

4.1 Diseño de infraestructura de riego

Diseño hidráulico de red de distribución

Trazado de red

El trazado de la red de distribución fue determinado por la topografía de la zona en estudio, se optó por pendientes adecuadas para el diseño hidráulico, en su mayoría pendientes negativas y se observó también la ubicación de los caminos, linderos y obras existentes con el propósito de evitar dificultades durante la construcción de la obra (Fig. 2-4).

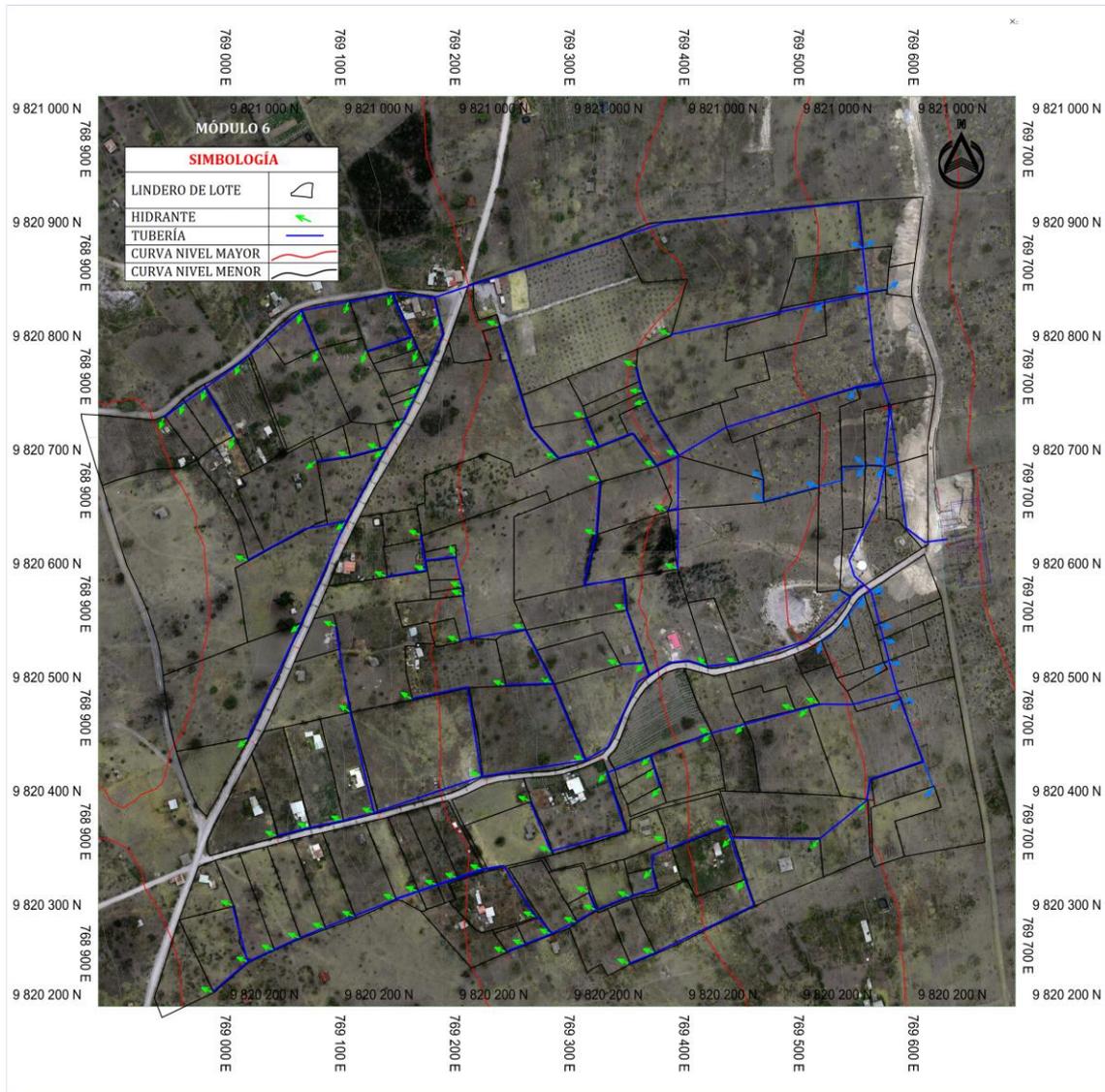


Figura 2-4. Red de distribución

Realizado por: Castelo, Mercy, 2024.

Caudal de diseño

El caudal de diseño fue definido en el estudio agronómico –Tesis de Maestría: Diseño Agronómico del sistema de riego parcelario del proyecto Chambo Guano, Fase II, para el módulo 6 en la comunidad Chingazos, cantón Guano-, el cual es insumo del presente proyecto, y resultado

de los requerimientos hídricos de la zona en relación al área neta del módulo. De manera que en el estudio agronómico se realizó el diseño parcelario para los 131 lotes que conforman el módulo 6 y con base en esta información se dimensionaron las redes de distribución para satisfacer la demanda en cada hidrante de riego.

Tabla 2-4: Caudales por lote

Código	Caudal								
o	1	o	1	o	1	o	1	o	1
	(L s ⁻¹)								
M06-001	4.4	M06-028	5.2	M06-055	2.0	M06-082	0.8	M06-109	4.5
M06-002	0.9	M06-029	2.5	M06-056	2.5	M06-083	6.1	M06-110	5.1
M06-003	20.4	M06-030	3.1	M06-057	3.2	M06-084	16.5	M06-111	3.2
M06-004	5.3	M06-031	1.9	M06-058	25.3	M06-085	1.8	M06-112	2.2
M06-005	4.2	M06-032	8.0	M06-059	2.7	M06-086	2.7	M06-113	8.3
M06-006	6.1	M06-033	5.4	M06-060	2.1	M06-087	2.9	M06-114	7.8
M06-007	3.9	M06-034	5.5	M06-061	10.5	M06-088	3.2	M06-115	10.2
M06-008	1.3	M06-035	2.1	M06-062	4.6	M06-089	0.5	M06-116	3.9
M06-009	1.5	M06-036	4.8	M06-063	11.4	M06-090	0.8	M06-117	3.4
M06-010	5.5	M06-037	6.0	M06-064	6.8	M06-091	1.1	M06-118	4.0
M06-011	15.8	M06-038	6.7	M06-065	1.3	M06-092	0.3	M06-119	4.1
M06-012	6.1	M06-039	7.4	M06-066	0.5	M06-093	0.2	M06-120	1.9
M06-013	4.2	M06-040	4.8	M06-067	2.9	M06-094	0.4	M06-121	3.0

M06-014	1.8	M06-041	5.0	M06-068	20.2	M06-095	1.3	M06-122	5.2
M06-015	1.3	M06-042	3.5	M06-069	11.1	M06-096	1.8	M06-123	3.5
M06-016	0.6	M06-043	6.8	M06-070	13.9	M06-097	1.5	M06-124	1.9
M06-017	11.8	M06-044	2.9	M06-071	3.0	M06-098	2.1	M06-125	4.3
M06-018	3.4	M06-045	0.6	M06-072	2.9	M06-099	13.2	M06-126	1.7
M06-019	4.8	M06-046	1.5	M06-073	4.8	M06-100	2.6	M06-127	7.0
M06-020	7.6	M06-047	2.5	M06-074	2.7	M06-101	2.7	M06-128	27.9
M06-021	6.0	M06-048	3.4	M06-075	3.0	M06-102	2.6	M06-129	13.4
M06-022	27.3	M06-049	10.6	M06-076	0.8	M06-103	5.4	M06-130	3.5
M06-023	1.8	M06-050	0.6	M06-077	0.6	M06-104	1.1	M06-131	3.8
M06-024	0.8	M06-051	0.8	M06-078	1.4	M06-105	3.7		
M06-025	10.6	M06-052	0.7	M06-079	0.3	M06-106	1.5		
M06-026	30.9	M06-053	3.4	M06-080	0.4	M06-107	5.5		
M06-027	5.5	M06-054	0.8	M06-081	0.3	M06-108	3.9		

Realizado por: Castelo, Mercy, 2024.

Uno o varios lotes se encuentran agrupados en cada turno de riego, esta agrupación obedece a su posición altimétrica y geográfica, es decir los lotes se encuentran cercanos entre sí y en la misma franja altimétrica. La segunda consideración que se hizo fue en relación a la distribución equitativa de las áreas de riego, de manera que se obtuvieron caudales similares en cada turno de riego, sin embargo, se tiene un caudal máximo de 30.9 L s⁻¹ y cada turno tendrá una duración de tres horas.

Tabla 3-4: Caudales por turno

Día	Caudal (L s-1)			
	Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 4
Lunes	25.7	21.6	23.0	24.7
Martes	30.9	17.7	24.3	27.3
Miércoles	23.2	24.6	25.3	25.2
Jueves	23.2	23.2	24.0	22.2
Viernes	24.1	26.2	23.1	20.5
Sábado	21.1	29.7	24.5	22.0
Domingo	22.4	13.6	27.9	27.1

Realizado por: Castelo, Mercy, 2024.

El caudal con el que se diseñó cada tramo de la red corresponde al máximo que fluye por dicho tramo, de entre los 28 turnos semanales que se consideraron en el diseño agronómico.

Dimensionamiento de la tubería

Se analizaron 28 escenarios, los cuales corresponden a los turnos de riego, es decir mientras cada sección recibe agua (Anexo P). Con esta consideración se dimensionó el diámetro de tubería de cada tramo de la red con atención en el rango de velocidades permitido para el material seleccionado - policloruro de vinilo- y de igual manera, se seleccionó el espesor de la tubería en observancia de los desniveles existentes, por tanto cada tramo de tubería soportará la presión estática a la que se encuentra sometido.

Presiones estáticas y dinámicas en la red de distribución

La presión estática máxima en el punto más crítico de la red es 52.06 m.c.a. o 0.52 MPa, esto es en el hidrante ubicado en el lote M06-127, dado que se encuentra en la cota más baja del módulo. Este valor corresponde a la diferencia de nivel entre la válvula reductora colocada en la cota 2709.64 m.s.n.m. con un remante de presión de 17.04 m.c.a., y el hidrante situado en la cota 2674.62 m.s.n.m.

Para cubrir las solicitudes de la tubería por concepto de presión estática se eligieron tuberías con la mínima presión nominal encontradas en el mercado local, de las cuales todas están por encima de los 0.63 MPa.

Para el caso de las presiones dinámicas, estas se verificaron en dos zonas, la primera en la parte alta donde se encuentra la zona de baja presión para los sectores cubiertos en los turnos de riego 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8; la presión dinámica se encuentra en el rango de 0.36 m.c.a. y 13.81 m.c.a., con excepción de los lotes M06-27 y M06-28 que alcanzan una presión dinámica de 20.7 m.c.a. y 21.4 m.c.a.

Las presiones dinámicas en los hidrantes de zona baja se encuentran en el rango de 11.52 m.c.a. y 44.54 m.c.a.; para los 10 hidrantes que superan los 40 m.c.a. se deberán utilizar reductores de presión en el hidrante para no afectar el funcionamiento de los emisores.

Tabla 4-4: Cálculo hidráulico de redes, presión dinámica en zona alta.

Código	Presión (m.c.a.)	Turno	Código	Presión (m.c.a.)	Turno	Código	Presión (m.c.a.)	Turno
M06-01	6.38	1	M06-15	4.56	3	M06-26	4.09	6
M06-02	0.36	1	M06-07	4.31	3	M06-12	5.12	6
M06-03	4.08	1	M06-24	10.2	3	M06-19	10.24	6
M06-14	7.84	2	M06-09	6.98	3	M06-27	21.39	7
M06-13	7.84	2	M06-08	6.60	3	M06-28	20.74	7
M06-06	4.53	2	M06-23	6.07	3	M06-21	13.81	7
M06-04	4.54	2	M06-11	5.18	4	M06-20	6.66	7
M06-05	4.29	2	M06-10	6.11	4	M06-22	4.43	8
M06-17	6.19	3	M06-18	1.68	4			
M06-16	7.81	3	M06-26	4.09	5			

Realizado por: Castelo, Mercy, 2024.

Tabla 5-4: Cálculo hidráulico de redes, presión dinámica en zona baja.

Código	Presión (m.c.a.)	Tur no	Código	Presión (m.c.a.)	Tur no	Código	Presión (m.c.a.)	Tur no	Código	Presión (m.c.a.)	Tur no
M06-39	32.73	9	M06-65	28.1	14	M06-111	25.1	17	M06-107	21.08	23
M06-32	18.49	9	M06-74	30.26	14	M06-131	28.84	17	M06-89	26.22	24
M06-30	16.62	9	M06-43	28.11	14	M06-124	26.14	17	M06-105	37.97	24

M06-31	20.74	9	M06-57	17.77	14	M06-62	37.31	18	M06-95	38.41	24
M06-33	28.03	9	M06-56	15.7	14	M06-61	38.32	18	M06-90	26.60	24
M06-42	31.16	10	M06-55	23.75	14	M06-69	37.56	18	M06-93	34.51	24
M06-25	11.52	10	M06-40	31.72	15	M06-67	23.35	19	M06-92	33.66	24
M06-34	19.38	10	M06-51	17.45	15	M06-68	19.77	19	M06-78	29.13	24
M06-41	30.85	10	M06-50	17.97	15	M06-63	21.7	20	M06-91	31.16	24
M06-58	33.02	11	M06-52	16.93	15	M06-83	24.73	20	M06-94	35.87	24
M06-45	33.00	12	M06-64	22.02	15	M06-71	22.56	20	M06-104	40.86	24
M06-46	32.78	12	M06-72	27.21	15	M06-81	26.70	21	M06-88	29.74	24
M06-36	34.83	12	M06-73	27.56	15	M06-80	26.93	21	M06-102	33.53	24
M06-44	32.89	12	M06-75	32.61	16	M06-97	29.34	21	M06-103	27.14	24
M06-47	39.63	12	M06-76	31.22	16	M06-82	26.27	21	M06-114	41.79	25
M06-35	35.14	12	M06-101	43.01	16	M06-96	28.79	21	M06-119	37.74	25
M06-59	43.17	12	M06-100	41.25	16	M06-79	27.75	21	M06-113	30.59	25
M06-60	44.54	12	M06-87	34.77	16	M06-98	30.38	21	M06-112	32.35	25
M06-37	28.07	12	M06-77	32.64	16	M06-70	19.14	21	M06-127	36.65	26
M06-49	39.16	13	M06-86	39.18	16	M06-99	30.26	22	M06-126	37.39	26
M06-38	31.86	13	M06-85	37.23	16	M06-84	29.72	22	M06-120	36.51	26

M06-48	40.17	13	M06-110	44.19	16	M06-109	21.93	23	M06-121	32.59	26
M06-29	27.56	13	M06-118	28.63	17	M06-108	20.66	23	M06-128	44.06	27
M06-53	18.91	14	M06-117	27.38	17	M06-122	25.51	23	M06-115	36.59	28
M06-54	21.08	14	M06-125	30.13	17	M06-116	24.03	23	M06-129	37.16	28
M06-66	28.06	14	M06-123	29.12	17	M06-106	22.92	23	M06-130	30.96	28

Realizado por: Castelo, Mercy, 2024.

Según el CONGOPE (2016), un sistema de riego con las presiones adecuadas determina las descargas óptimas de caudal con relación al emisor. Además, escoger tuberías con grandes diámetros disminuye pérdidas de presión y por el contrario diámetros pequeños provocan importantes pérdidas de carga.

Velocidades máximas y mínimas

Las velocidades obtenidas en el diseño van desde una velocidad mínima de 0.55 m s^{-1} hasta una velocidad máxima de 2.54 m s^{-1} (Anexo Q), de manera que se encuentran bajo los criterios de diseño establecidos para tuberías de PVC.

Tabla 6-4: Cálculo hidráulico de redes, velocidades máximas y mínimas.

Ramal	V.	V.	Ramal	V.	V.	Ramal	V.	V.
	Máx. (m s^{-1})	Mín. (m s^{-1})		Máx. (m s^{-1})	Mín. (m s^{-1})		Máx. (m s^{-1})	Mín. (m s^{-1})
R6	1.63	1.63	R6-2	2.35	1.15	R6-2.6	1.67	1.24
R6-1	2.02	1.49	R6-2.1	2.36	1.35	R6-2.7	1.73	1.73
R6-1.1	1.67	1.27	R6-2.1.1	2.51	1.44	R6-2-41	1.77	1.77
R6-1.1.1	1.77	1.24	R6-2.1.1.1	1.96	1.96	R6-2-85	1.80	1.21
R6-1.1.2	2.12	1.88	R6-2.1.2	2.46	1.11	R6-3	1.70	1.70
R6-1.1.2.1	1.70	1.70	R6-2.1.2.1	2.16	2.16	R6-3.1	1.32	1.32
R6-1.1.3	1.56	1.56	R6-2.1.2.2	0.73	0.73	R6-3.2	1.70	1.70

R6-1.2	1.39	1.39	R6-2.1.2.3	1.64	1.64	R6-3.3	0.82	0.82
R6-1.3	2.54	1.51	R6-2.1.3	2.29	2.29	R6-4	1.50	1.06
R6-1.3.1	2.37	0.73	R6-2.1.4	1.22	0.86	R6-4.1	1.95	1.86
R6-1.3.1.1	1.91	1.91	R6-2.2	1.93	1.03	R6-4.2	1.50	1.50
R6-1.3.2	1.44	1.44	R6-2.2.1	1.37	0.64	R6-4.3	2.25	0.73
R6-1.3.3	1.73	1.73	R6-2.3	2.17	1.84	R6-4.4	0.55	0.55
R6-1.4	1.36	1.36	R6-2.4	1.20	1.20			
R6-1.5	1.53	1.53	R6-2.5	1.18	1.18			

Realizado por: Castelo, Mercy, 2024.

La velocidad máxima permisible depende del material de la tubería (Prabhata, 2018), para el caso de tubería de PVC se recomienda un máximo de 4.5 m s⁻¹ (INEN 5, 1992); por lo tanto el diseño cubre la solicitud con suficiente holgura. De igual manera, el diseño hidráulico de la red de distribución se lo ejecutó equilibrando las pérdidas de carga en función del diámetro seleccionado, lo cual resultó en mantener una velocidad por debajo de 2.54 m s⁻¹.

La restricción de velocidad mínima también es un criterio a considerar, en especial si existe presencia de sedimentos (Prabhata, 2018), el criterio de diseño en el Ecuador corresponde a valores entre 0.60 m s⁻¹ y 0.90 m s⁻¹ (INEN 5, 1992), sin embargo la velocidad mínima obtenida a pesar de ser menor que la recomendada se justifica desde el concepto de no estrechar las tuberías en extremo y utilizar un mínimo diámetro de 40 mm para la distribución hasta cabecera de lote.

Diseño de reservorio

Cálculo del volumen

Para la comunidad de Chingazo Bajo se tiene un caudal de 108 L s⁻¹ y para fines constructivos se resolvió dividir el caudal, para lo cual el reservorio 1 cubrirá un área de 137.58 ha con un caudal de llenado de 56.2 L s⁻¹ y el reservorio 2 cubrirá el área restante de 126.86 ha con un caudal de llenado de 51.8 L s⁻¹ (Tabla 8).; con esta consideración se dimensionaron los reservorios para almacenar 56.2 L s⁻¹ durante 12 horas (Tabla 9). La configuración del tanque es trapezoidal como una pirámide truncada y su geometría obedece a su mayor estabilidad en relación a los muros verticales (Anexo R).

Tabla 7-4: Reservorios de la comunidad Chingazo Bajo

Módulo	Reservorio 1		Módulo	Reservorio 2	
	Área regable (ha)	Caudal (L s ⁻¹)		Área regable (ha)	Caudal (L s ⁻¹)
06	37.84	30.9	07	38.65	31.6
09	36.45	29.8	08	35.29	28.8
10	10.15	8.3	10	31.1	25.4
11	39.34	32.1	12	21.82	17.8
12	13.8	11.3			216.0

Realizado por: Castelo, Mercy, 2024.

Tabla 8-4: Cálculo de volumen de reservorio

Variable	Dimensión	Unidad
Caudal	56.2	L s ⁻¹
Tiempo de llenado	12	h
Volumen calculado	2428	m ³
Profundidad del reservorio	4	m
Talud	2	m
Borde libre	0.5	m
Dimensión superior largo	35	m
Dimensión superior ancho	25	m
Dimensión inferior largo	31	m
Dimensión inferior ancho	21	m
Volumen	2611	m ³

Realizado por: Castelo, Mercy, 2024.

Operación del reservorio

El reservorio se diseñó para cubrir las demandas de riego durante un periodo de 12 horas al día, durante los 4 turnos de riego establecidos en el diseño agronómico; en consecuencia se analizó el comportamiento del reservorio con atención en su periodo de llenado y vaciado mientras cubre los volúmenes demandados en el riego parcelario.

Tabla 9-4: Comportamiento del reservorio

Hora		Volumen			Hora		Volumen		
inicia	final	llenado	vaciado	reservorio	inicia	final	llenado	vaciado	reservorio
l		m ³	m ³	m ³	l		m ³	m ³	m ³
06:00	07:00	202.32	404.64	2225.68	18:00	19:00	2630.1	0	202.48
	0					0	6		
07:00	08:00	404.64	809.28	2023.36	19:00	20:00	2832.4	0	404.8
	0					0	8		
08:00	09:00	606.96	1213.9	1821.04	20:00	21:00	3034.8	0	607.12
	0		2			0			
09:00	10:00	809.28	1618.5	1618.72	21:00	22:00	3237.1	0	809.44
	0		6			0	2		
10:00	11:00	1011.6	2023.2	1416.4	22:00	23:00	3439.4	0	1011.76
	0					0	4		
11:00	12:00	1213.9	2427.8	1214.08	23:00	24:00	3641.7	0	1214.08
	0	2	4			0	6		
12:00	13:00	1416.2	2832.4	1011.76	24:00	01:00	3844.0	0	1416.4
	0	4	8			0	8		
13:00	14:00	1618.5	3237.1	809.44	01:00	02:00	4046.4	0	1618.72
	0	6	2			0			
14:00	15:00	1820.8	3641.7	607.12	02:00	03:00	4248.7	0	1821.04
	0	8	6			0	2		
15:00	16:00	2023.2	4046.4	404.8	03:00	04:00	4451.0	0	2023.36
	0					0	4		
16:00	17:00	2225.5	4451.0	202.48	04:00	05:00	4653.3	0	2225.68
	0	2	4			0	6		
17:00	18:00	2427.8	4855.6	0.16	05:00	06:00	4855.6	0	2428
	0	4	8			0	8		

Realizado por: Castelo, Mercy, 2024.

Diseño de obras de arte

Al tratarse de obras secundarias que requieren de diseños particulares, estos se realizaron de acuerdo con las necesidades de este diseño, en procura del buen funcionamiento hidráulico del proyecto y de acuerdo con lo que solicita la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15 y la ACI 318-14 del American Concrete Institute (Anexo B).

Diseño de válvulas

Las válvulas se dimensionaron de acuerdo con las condiciones esperadas en la operación del sistema, se tomó en cuenta presiones, capacidad, tipo de conexiones, material, costo, vida útil y disponibilidad en el mercado local.

Se colocaron válvulas reductoras de presión de tipo proporcional para reducir la presión en los puntos críticos de la red, esta válvula reducirá 2/3 de la presión de entrada de manera que la presión de la red se mantiene dentro de los rangos requeridos por los emisores (Anexo S).

Diseño de hidrantes

Los hidrantes tienen la capacidad suficiente para abastecer del caudal de diseño a cada una de las parcelas o lotes, el diámetro mínimo contemplado es de 32 mm o en unidades inglesas 1" (Anexo T).

Sectorización

El área total del proyecto se dividió en 12 módulos de riego, para la comunidad Chingazo Bajo se tienen 7 módulos con áreas semejantes, para de esta manera conservar caudales manejables dentro de cada módulo de riego.

Tabla 10-4: Módulos de riego

Chingazo Alto			Chingazo Bajo		
Módulo	Área regable (ha)	Caudal (L s ⁻¹)	Módulo	Área regable (ha)	Caudal (L s ⁻¹)
01	35.73	34.2	06	37.84	30.9
02	44.01	42.2	07	38.65	31.6
03	36.28	34.8	08	35.29	28.8
04	35.54	34.1	09	36.45	29.8
05	38.31	36.7	10	31.1	33.7
			11	39.34	32.1
			12	35.62	29.1

Realizado por: Castelo, Mercy, 2024.

El módulo 6 toma el agua desde el reservorio 1, inicia en la caja de válvulas y se conduce mediante el ramal R6 el cual es independiente de los demás módulos que se sirven de este reservorio. R6

se desarrolla hasta la abscisa 0+148.49 y en este punto se implantó una caja de válvulas de sectorización que distribuirá el agua a los ramales R6-1, R6-2, R6-3 y R6-4 en el turno correspondiente.

4.2 Presupuesto y especificaciones técnicas

Cálculo de volúmenes de obra

Se levantó la información de cada uno de los componentes de infraestructura que intervienen en el sistema propuesto, cada ítem se identificó con su respectiva unidad de medida y cuantificación (Anexo C).

Presupuesto general

El presupuesto se calculó con base en las cantidades de obra, los costos de materiales, transporte, mano de obra y equipos, así como los costos indirectos y el resultado de este análisis asciende a la suma de \$ 488478.38 USD (Anexo F).

En términos de área se tiene una inversión de \$ 12909.05 USD por hectárea, no obstante, en el presupuesto se consideró la construcción del reservorio y la red de distribución para el módulo 6, sin embargo, hay que notar que el reservorio será utilizado también por los módulos 9, 10, 11 y 12; por lo que tomar el valor del presupuesto del reservorio exclusivamente como inversión de este módulo sería sobrevalorar la inversión para este sector.

Por tanto, al analizar el área cubierta por el reservorio (Tabla 8) se tiene 137.58 ha, de las cuales 37.84 ha corresponden al módulo 6, lo que representa el 28% en términos de área; al realizar un símil en referencia al presupuesto del reservorio se tiene un valor de \$ 85541.04 USD y en adición al costo de la distribución de \$ 182974.68 USD se tiene un total de \$ 268515.72 USD por concepto de la inversión en infraestructura de riego a cabecera de lote en el módulo 6. Con base en este análisis se tiene una inversión por hectárea de \$ 7096.08 USD.

De acuerdo con los criterios de priorización de proyectos de inversión indicados en el Plan Nacional de Riego y Drenaje (2019), un proyecto se considera viable cuando la inversión por hectárea no excede los \$13000 USD por hectárea, por lo que este proyecto es viable. Además existen 5 rangos de priorización en una escala del 1 al 5, donde 5 es el de mayor prioridad y de acuerdo con el valor por hectárea este proyecto se encuentra en el nivel 2 de prioridad; es decir

que según la normativa nacional de inversión este proyecto se enmarca dentro de los criterios de viabilidad y elegibilidad desde el punto de vista económico financiero.

Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas fueron desarrolladas para cada rubro del proyecto, en términos de especificaciones particulares y están de acuerdo con las especificaciones para la construcción de la norma ecuatoriana de la construcción NEC-2015. Cada especificación se identificó con el código que se estableció en el presupuesto general e incluye definición, especificación particular, medición y forma de pago del rubro (Anexo H).

Manual de operación y mantenimiento

El manual describe las normas, organización y procedimientos que se utilizarán por parte de operadores para efectuar la función de operación y mantenimiento del sistema de riego, en procura del buen funcionamiento y durabilidad del sistema de riego (Anexo I).

CAPÍTULO V

5. PROPUESTA

En la actualidad, la zona 7 del sistema de riego Chambo Guano Los Chingazos ubicada en el cantón Guano de la provincia de Chimborazo no cuenta con servicio de riego. Dentro de esta zona se encuentra la comunidad Chingazo Bajo, la cual posee un alto potencial agrícola que no es aprovechado por la falta de infraestructura de riego a nivel parcelario.

Ante la incapacidad de utilizar el agua en la comunidad por no contar con instalaciones de riego, la implementación de un sistema tecnificado se convierte en la respuesta a estos problemas, con ello se espera minimizar pérdidas y desperdicios de agua, además elevar la productividad agrícola del sector.

El proyecto propone implementar dos reservorios en la comunidad Chingazo Bajo, de los cuales uno de ellos servirá para dotar de agua al módulo 6. A partir del reservorio que tendrá una capacidad de almacenamiento de 2428 m³, se desarrolla una red de distribución presurizada de 6.96 km de longitud. La red está dividida en cuatro ramales principales de los cuales se ramifican 38 ramales hasta cabecera de las 131 parcelas o lotes.

El sistema de riego contará con diversas obras especiales como el desarenador para captar y eliminar arenas a la entrada del reservorio, así también el reservorio dispondrá de una captación flotante que evitará el paso de elementos residuales presentes en el agua. También se encuentran contempladas obras como válvulas de aire, desagüe, sectorización y de reducción de presión para el buen funcionamiento del sistema.

La implementación del sistema de riego tendrá un costo de \$ 488478.38 USD, el cual tendrá que ser gestionado por parte de los beneficiarios del proyecto en las instituciones llamadas a atender tales requerimientos, como por el ejemplo el Gobierno Provincial de Chimborazo el cual es el ente competente en temas de riego.

Una vez implementada la infraestructura de riego se deberá capacitar a la población para el buen uso del sistema, así también los usuarios deberán tener un estricto control sobre los turnos y horarios establecidos.

Con el cumplimiento de las fases de construcción, operación y mantenimiento del sistema se espera que la productividad del sector se eleve, de manera que sea un aporte en la economía local y en la modernización de la agricultura.

CONCLUSIONES

- El diseño del sistema de riego parcelario para el proyecto Chambo Guano Los Chingazos Fase II, permitió conocer cada uno de los elementos necesarios para proveer de agua a las parcelas ubicadas en el módulo 6 de la comunidad Chingazo Bajo, del diseño se desprendieron dimensiones, capacidad y costos de la infraestructura propuesta.
- Mediante la actualización del catastro del módulo 6 se distinguió el área susceptible de ser regada del área bruta, identificando 131 lotes de terreno en una extensión de 39.87 ha de área bruta y 37.84 ha de área neta apta para actividades agrícolas.
- Los elementos del sistema de riego se definieron en particular para las condiciones encontradas en el Módulo 6, por tanto se proyectó la ejecución de un reservorio con capacidad de almacenamiento de 2428 m³, 6.96 km de redes de distribución en tubería PVC y obras especiales para expulsión e inclusión de aire, purga y reducción de presión.
- El diseño hidráulico parcelario se realizó con base en el estudio agronómico, con un caudal de diseño de 30.9 L s⁻¹ que cubre las necesidades de riego establecidas en el diseño agronómico para el módulo 6 de la comunidad Chingazo Bajo.
- El diseño hidráulico se plasmó en herramientas técnicas para la ejecución de la obra como son planos de detalle, presupuesto referencial y especificaciones técnicas de las obras a implementar en el sistema de riego parcelario, además se elaboró el manual de operación y mantenimiento.
- Mantener una velocidad aproximada a 2.5 m s⁻¹ en el diseño hidráulico de redes, propició un equilibrio entre las presiones del sistema esperadas en el funcionamiento y el costo de la tubería.
- La infraestructura planteada en el diseño del sistema de riego tiene un costo de \$ 270018.12 USD, lo que corresponde a una inversión por hectárea de \$ 7135.79, situándose dentro de los umbrales críticos de priorización del Estado.

RECOMENDACIONES

- Implementar los diseños propuestos de acuerdo con la información técnica generada para la ejecución del sistema de riego del módulo 6 ubicado en la comunidad Chingazo Bajo.
- Por el alto costo de la inversión se recomienda gestionar alianzas inter institucionales e inclusive con organizaciones no gubernamentales que puedan interesarse en financiar la implementación del sistema de riego en toda la comunidad Chingazo Bajo.
- Generar el respectivo permiso ambiental en la plataforma destinada para este efecto, una vez se hayan conseguido los recursos económicos para la ejecución del proyecto.
- Una vez implementado el sistema de riego, los usuarios deberán capacitarse en temas de operación y mantenimiento, de manera que se realice oportunamente mantenimiento preventivo, rutinario y emergente, así como la correcta operación del sistema de acuerdo con lo planificado en el presente estudio.
- Los usuarios del sistema de riego deberán mantener una estricta organización para el cumplimiento de los turnos y horarios propuestos en el diseño.
- Implementar un sistema de riego tecnificado es el primer paso para asegurar un uso sostenible del agua de riego, ya que se incrementa la eficiencia y se minimizan las pérdidas por infiltración, sin embargo se recomienda que la comunidad se capacite además en buenas prácticas ambientales en relación a las actividades agrícolas que se desarrollarán en el sector.

GLOSARIO

ACI. American Concrete Institute.

Aforo. Es una medición de caudal que consiste en determinar la cantidad de agua que pasa por una sección transversal de un cuerpo de agua en un instante de tiempo dado.

ARCA. Agencia de Regulación y Control del Agua.

ASTM. American Society for Testing and Materials.

CAAP. Centro Andino de Acción Popular.

CAMAREN. Sistema de Capacitación para el Manejo de los Recursos Naturales Renovables.

CEPAL. Comisión Económica para América Latina.

CMNUCC. Convención Marco de las Naciones Unidas.

Conducción. Es la estructura u obra que permite el transporte de un fluido desde una fuente hasta el destino requerido

CONGOPE. Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador.

Desagregación tecnológica. Es el proceso dirigido a descomponer proyectos, en sus diferentes elementos técnicos y económicos con el objeto de permitir la apertura de varias licitaciones para su ejecución buscando la participación de la industria y el trabajo nacional.

Dwg. DraWinG es un formato de archivo informático de dibujo computarizado, utilizado principalmente por el programa AutoCAD, producto de la compañía AutoDesk.

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

GADMG. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Guano.

GNSS. Global Navigation Satellite System.

GSD. Ground Sample Distance, es la distancia en el suelo que separa los centros de dos píxeles adyacentes de una fotografía aérea.

Hidrante de riego. Es un sistema de válvula integrada diseñado para asegurar el suministro de agua a una red comunitaria desde una red de distribución

IICA. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

INEC. Instituto Nacional de Estadística y Censos.

LORHUyA. Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua.

MAATE. Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

MAE. Ministerio del Ambiente de Ecuador

MDT. Modelo digital del terreno.

NEC. Norma Ecuatoriana de la Construcción.

NTE INEN. Norma Técnica Ecuatoriana del Servicio Ecuatoriano de Normalización.

Padrón de usuarios. Registro de usuarios que existe en la Junta de Riego.

Penetrómetro. Equipo que mide la dureza del suelo mediante la profundidad de penetración de una aguja.

Pérdida de carga. Pérdida de presión que se produce en un fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las conduce.

Presión nominal. Presión hidráulica máxima que un componente es capaz de resistir en utilización continuada y en condiciones de servicio.

PUNIS. Programa creado en la Hoja Electrónica Excel para la elaboración de presupuestos.

PVC. Policloruro de vinilo.

REGME. Red GNSS de Monitoreo Continuo del Ecuador.

SENAGUA. Secretaría Nacional del Agua, actualmente Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

SHAPE. Formato no topológico que se utiliza para almacenar la ubicación geométrica y la información de atributos de las entidades geográficas

SPT. Ensayo de penetración estándar.

SUIA. Sistema Único de Información Ambiental

TBC. Trimble Business Center.

UTM. Universal Transverse Mercator.

WG84. World Geodetic System 1984. Sistema de coordenadas geodésico de carácter global

BIBLIOGRAFÍA

- ALEGRET, E., Y Y. MARTÍNEZ. 2019.** *Coefficiente de Hazen-Williams en función del número de Reynolds y la rugosidad relativa. Revista Ingeniería Hidráulica y Ambiental.* 90(3):41-55.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 1996.** *Norma ASTM D 2850.* Conshohocken, USA. 10 p.
- CORRAL, I. 1996.** *Topografía de obras.* 2ª Ed. Centre de publicacions del campus nord Universitat Politècnica de Catalunya. Catalunya, España. 354 p.
- CUADRADO, B.S. 2017.** *Diseños definitivos de la conducción principal del proyecto del sistema Chambo-Guano Fase II. Información general del proyecto.* Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 16 p.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS – ONU. 1992.** *Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático.* New York, USA. 50 p.
- ECHE, D. 2018.** *Migración y renovación generacional en la agricultura familiar indígena: estudio de caso Otavalo-Ecuador.* Siembra. 5(1):001-015.
- FERNÁNDEZ, I.A. 2001.** *Localizaciones Geográficas, el Datum.* Universidad de Valladolid. Valladolid, España. 25 p.
- GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO – GADPCH. 2014.** *Plan Provincial de Riego y Drenaje.* Riobamba, Ecuador. 344 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS – INEC. 2021.** *Información Agroambiental y Tecnificación Agropecuaria Módulo ESPAC.* Quito, Ecuador. 14 p.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN – INEN. 1982.** *Norma Técnica Ecuatoriana, Mecánica de suelos, ensayo de penetración estándar INEN 689.* Quito, Ecuador. 11 p.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN – INEN. 2013.** *Norma Técnica Ecuatoriana, Agua, calidad del agua, muestreo manejo y conservación de muestras INEN 2169.* Quito, Ecuador. 26 p.
- LARA-COBO, N., N. MORALES-MERCHÁN Y P. YÁNEZ-MORETTA. 2021.** *La riqueza generada en la escasez: el caso de la Innovación en Israel.* Polo del conocimiento. 6(12):90-105. DOI: 10.23857/pc.v6i12.3358.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE, AGUA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA – MAATE. 2013.** *Evaluación de necesidades tecnológicas para el manejo técnico.* Quito, Ecuador. 7 p.

- MINISTERIO DEL AMBIENTE, AGUA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA – MAATE.**
2021. *Resolución No. 5788-2019-RV/2021*, Renovación de autorización de uso de agua. Riobamba, Ecuador. 366 p.
- OCAMPO, O. 2011.** *El cambio climático y su impacto en el agro*. Revista de ingeniería. 1(30):115-123.
- OLVERA-SALGADO, M.D., G. BAHENA-DELGADO, O. ALPUCHE-GARCÉS Y F. García-Matías. 2014.** *La tecnificación del riego ante la escasez del agua para la generación de alimentos*. Estudio de caso en Chihuahua, México. Ambiente y Desarrollo. 18(35):23-36. DOI:10.11144/Javeriana.AyD18-35.trea.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDA PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA – FAO. 2011.** *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura – La gestión de los sistemas en situación de riesgo*. Madrid, España. 314 p.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDA PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA – FAO. 2021.** *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura – Sistemas al límite. Informe de síntesis*. Roma. 64 p.
- RIDDELL, R. Y P. HIDALGO. 2018.** *Diseño Estructural*. 6ª Ed. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 390 p.
- VILLÓN, M. 2008.** *Hidráulica de canales*. 2ª Ed. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 446 p.

ANEXOS

ANEXO A. HOJA DE CÁLCULO HIDRÁULICO DE LA CONDUCCIÓN.

ANEXO B. DESARENADOR.

ANEXO C. VOLÚMENES DE OBRA.

ANEXO D. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS.

ANEXO E. DESAGREGACIÓN TECNOLÓGICA.

ANEXO F. PRESUPUESTO.

ANEXO G. COSTOS INDIRECTOS.

ANEXO H. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA.

ANEXO I. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

ANEXO J. PLANOS.

ANEXO K. ÁREAS CATASTRADAS.

ANEXO L. AUTORIZACIÓN DE USO Y APROVECHAMIENTO.

ANEXO M. SPT.

ANEXO N. TRIAXIAL.

ANEXO O. ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA.

ANEXO P. DISEÑO HIDRÁULICO EPANET.

ANEXO Q. RESULTADOS DE VELOCIDADES.

ANEXO R. RESERVORIO.

ANEXO S. VÁLVULAS.

ANEXO T. HIDRANTES.



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 01 / 02 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Mercy Alexandra Castelo Berrones</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
<i>Instituto de Posgrado y Educación Continua</i>
Título a optar: <i>Magíster en Riegos con mención en Riego Parcelario</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.



firmado electrónicamente por:
LUIS ALBERTO
CAMINOS VARGAS



0005-DBRA-UPT-DP-2024