



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**Diseño agronómico de un sistema de riego parcelario para el Módulo 7
del Proyecto Chambo - Guano, Fase II, comunidad Chingazos, cantón
Guano**

SEGUNDO RAFAEL MUÑOZ LEMA

**Trabajo de Titulación 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

ENERO - 2024

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Segundo Rafael Muñoz Lema declaro que este proyecto de tesis es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este proyecto de investigación de maestría.



Firmado electrónicamente por:
**SEGUNDO RAFAEL
MUNOZ LEMA**

Segundo Rafael Muñoz Lema

CI. 0105496038

© 2024, Segundo Rafael Muñoz Lema

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

EL TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Titulación modalidad Tesis, titulado: **Diseño agronómico de un sistema de riego parcelarlo para el Módulo 7 del Proyecto Chambo - Guano, Fase II, comunidad Chingazos, cantón Guano**, de responsabilidad del señor Segundo Rafael Muñoz Lema, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

Dr. Edison Marcelo Salas Castelo, Ph.D.

PRESIDENTE



Firmado electrónicamente por:
EDISON MARCELO
SALAS CASTELO

Ing. Rosa del Pilar Castro Gómez, Ph.D.

TUTORA



Firmado electrónicamente por:
ROSA DEL PILAR
CASTRO GOMEZ

Ing. Vicente Javier Parra León, M. Sc.

MIEMBRO



Firmado electrónicamente por:
VICENTE JAVIER
PARRA LEON

Ing. Víctor Alberto Lindao Córdova, Ph.D.

MIEMBRO



Firmado electrónicamente por:
VICTOR ALBERTO
LINDAO CORDOVA

Riobamba, enero de 2024

DEDICATORIA

A mi esposa **Rosa Quizpilema**, por su comprensión, paciencia y apoyo en cada momento de esta etapa de mi vida.

A mis hijos **Anthony Rafael y María José**, por aceptar que les robe un tiempo de ellos para dedicarme a los estudios, además, por estar ahí cuando necesite apoyo.

A mis padres **Rafael María Muñoz (+) y Ana María Lema**, por aconsejarme y apoyar en cada momento de mi vida.

A mis hermanos **Verónica, Mauricio y Geovanny**, por compartir momentos únicos en la vida.

A **Edwin Mainato**, por apoyar y escucharme.

AGRADECIMIENTO

A DIOS, por brindarme un corazón lleno de bondades y debilidades, por la compañía e inspiración de todos los días.

Al Ing. Juan León Ruiz Ph.D (+) por invitar a seguir esta maestría.

A la Ing. Rosa Castro Ph.D., Ing. Víctor Lindao Ph.D. e Ing. Vicente Parra M. Sc. por el apoyo y recomendaciones realizadas para este trabajo.

Al Ing. Cristian Campusano e Ing. Giovanni Peñaherrera, por el apoyo en su momento a este proyecto de vida.

A Segundo Quizpilema (+) y Paula Zhao por el apoyo brindado desde que forme parte de su familia.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	xv
SUMMARY	xvi

CAPÍTULO I

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Planteamiento del problema.....	1
1.1.1.	<i>Situación actual del problema</i>	1
1.1.2.	<i>Formulación del problema</i>	2
1.1.3.	<i>Preguntas por resolver</i>	2
1.2.	Justificación.....	3
1.3.	Objetivos.....	3
1.3.1.	<i>General</i>	3
1.3.2.	<i>Específicos</i>	3
1.4	Hipótesis	3

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO	5
2.1.	Cédula de cultivo.....	5
2.2.	Calidad del agua.....	5
2.3.	Lamina neta.....	6
2.3.1.	<i>Textura</i>	6
2.3.2.	<i>Estructura</i>	6
2.3.3.	<i>Densidad aparente</i>	6
2.3.4.	<i>Capacidad de campo</i>	6
2.3.5.	<i>Punto de marchitez permanente</i>	7
2.4.	Necesidades totales.....	7
2.4.1.	<i>Evaporación</i>	7
2.4.2.	<i>Transpiración</i>	7
2.4.3.	<i>Evapotranspiración</i>	8
2.4.4.	<i>Evapotranspiración de referencia</i>	8
2.4.5.	<i>Coefficiente del cultivo</i>	8
2.4.6.	<i>Evapotranspiración de cultivo</i>	8

2.4.7.	<i>Necesidades netas</i>	8
2.4.8.	<i>Eficiencia de riego</i>	9
2.5.	Balance hídrico	9
2.6.	Infiltración	9
2.7.	Operacionalización de variables	10
2.8.	Matriz de consistencia	15

CAPÍTULO III

3.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	18
3.1.	Caracterización del área en estudio	18
3.1.1.	<i>Ubicación política</i>	18
3.1.2.	<i>Ubicación geográfica</i>	18
3.1.3.	<i>Ubicación ecológica</i>	18
3.2.	Materiales	19
3.2.1.	<i>Material y equipo para evaluaciones en campo</i>	19
3.2.2.	<i>Material complementario</i>	19
3.3.	Metodología	20
3.3.1.	<i>Caracterización del suelo</i>	20
3.3.1.1.	<i>Análisis de suelo</i>	20
3.3.1.2.	<i>Capacidad de campo</i>	20
3.3.1.3.	<i>Punto de marchitez permanente</i>	20
3.3.1.4.	<i>Densidad aparente</i>	21
3.3.1.5.	<i>Velocidad de Infiltración</i>	21
3.3.2.	Cultivo y necesidades totales de agua de riego	22
3.3.2.1.	<i>Patrón de cultivo</i>	22
3.3.2.2.	<i>Evapotranspiración de referencia</i>	22
3.3.2.3.	<i>Precipitación</i>	23
3.3.2.4.	<i>Coeficiente del cultivo</i>	23
3.3.2.5.	<i>Evapotranspiración del cultivo</i>	23
3.3.2.6.	<i>Balance hídrico</i>	24
3.3.2.7.	<i>Necesidad neta</i>	24
3.3.2.8.	<i>Necesidades totales</i>	24
3.3.2.9.	<i>Selección de cultivo</i>	24
3.3.2.10.	<i>Profundidad radicular</i>	25
3.3.2.11.	<i>Lámina bruta</i>	25
3.3.2.12.	<i>Selección del emisor</i>	25

3.3.3.	<i>Estudio agroeconómico</i>	26
3.3.3.1.	<i>Encuestas socio-económicas</i>	26
3.3.3.2.	<i>Evaluación financiera</i>	26
3.3.4.	<i>Presupuesto</i>	27
3.3.4.1.	<i>Diseño hidráulico parcelario</i>	28
3.3.4.2.	<i>Lista de materiales</i>	28

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
4.1.	Caracterización del suelo	29
4.1.1.	<i>Análisis de suelo</i>	29
4.1.2.	<i>Parámetros físicos del suelo necesarios para el diseño agronómico</i>	31
4.1.2.1.	<i>Capacidad de campo y punto de marchitez permanente</i>	31
4.1.2.2.	<i>Densidad aparente</i>	32
4.1.2.2.	<i>Velocidad de infiltración</i>	32
4.2.	Cultivo y necesidades totales de agua de riego	33
4.2.1.	<i>Patrón de cultivo</i>	33
4.2.2.	<i>Evapotranspiración y precipitación</i>	33
4.2.3.	<i>Coefficiente del cultivo (Kc)</i>	35
4.2.4.	<i>Evapotranspiración del cultivo (ETc)</i>	37
4.2.5.	<i>Balance hídrico</i>	37
4.2.6.	<i>Necesidad Neta</i>	38
4.2.7.	<i>Selección de cultivo</i>	39
4.2.8.	<i>Profundidad radicular</i>	40
4.2.9.	<i>Lámina bruta</i>	40
4.2.10.	<i>Selección del emisor</i>	40
4.2.11.	<i>Frecuencia y tiempo de riego</i>	42
4.3.	Estudio agroeconómico	43
4.3.1.	<i>Encuestas socio económicas</i>	43
4.3.2.	<i>Evaluación financiera</i>	45
4.3.2.1.	<i>Costos de producción</i>	46
4.3.2.2.	<i>Valor actual neto VAN</i>	47
4.3.2.3.	<i>Tasa Interna de Retorno</i>	48
4.3.2.4.	<i>Relación Beneficio costos B/C</i>	48
4.3.2.5.	<i>Periodo de retorno de la inversión (PRI)</i>	48
4.4.	Presupuesto	50

CAPÍTULO V

5.	PROPUESTA	51
5.1.	Diseño hidráulico parcelario	51
5.1.1.	<i>Lista de materiales</i>	52
	CONCLUSIONES.....	54
	RECOMENDACIONES.....	55
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Operacionalización de variable independiente	10
Tabla 2-2: Operacionalización variable dependiente.....	11
Tabla 3-2: Matriz de consistencia	15
Tabla 1-4: Parámetros físicos del suelo importantes para el diseño agronómico del módulo 7, Chingazos.	29
Tabla 2-4: Parámetros físicos del suelo (Obtenidos en campo) importantes para el diseño agronómico del sistema de riego, módulo 7, Chingazos.	32
Tabla 3-4: Determinación de la evapotranspiración de referencia (ET _o) y precipitación efectiva para el módulo 7, Chingazos.....	35
Tabla 4-4: Evapotranspiración del cultivo (Etc) de maíz, chocho, fresa, mora y limón para el módulo 7 de la comunidad de Chingazos.....	37
Tabla 5-4: Necesidad Neta y caudal ficticio para el módulo 7, comuna Chingazos	38
Tabla 6-4: Profundidad radicular de maíz, chocho, fresa, mora y limón para el módulo 7 de la comunidad de Chingazos	40
Tabla 7-4: Parámetros para determinar la pluviometría del micro aspersor Mini-Wobbler, para el diseño parcelario del módulo 7, Chingazos.....	41
Tabla 8-4: Tiempo de riego e intervalo de riego para el módulo 7 de la comunidad de Chingazos	43
Tabla 9-4: Costos de reducción por hectárea sin proyecto de los cultivos presentes en el módulo 7 de la comunidad de Chingazos.....	46
Tabla 10-4: Utilidad agrícola sin proyecto del módulo 7 de la comunidad de Chingazo Bajo ..	47
Tabla 11-4: Costos de producción por hectárea con proyecto de los cultivos presentes en el módulo 7 de la comunidad de Chingazos.....	47
Tabla 12-4: Utilidad agrícola con proyecto del módulo 7 de la comunidad de Chingazo Bajo .	47
Tabla 13-4: Análisis de tasa interna de retorno (TIR), valor actual neto (VAN) y beneficio costo (B/C) para el módulo 7 de la comunidad de Chingazos	49
Tabla 14-4: Período de Retorno de la Inversión	50
Tabla 15-4: Lista de materiales del diseño parcelario del módulo 7, Chingazos	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-3: Ubicación geográfica del módulo 7 en la comuna Chingazo Bajo, parroquia La Matriz, cantón Guano, provincia de Chimborazo.....	19
Figura 1-4: Curva de infiltración para el módulo 7 de la comunidad de Chingazos.....	32
Figura 2-4: Patrón de cultivo del módulo 7 de la comunidad de Chingazos.....	34
Figura 3-4: Interpolación de la Evapotranspiración (Eto) de los datos meteorológicos de las estaciones M0243 Pungales y M0045 Riobamba aeropuerto	34
Figura 4-4: Curva del coeficiente del cultivo (Kc) del maíz y chocho para el módulo 7 de la comunidad de Chingazos	36
Figura 5-4: Curva del coeficiente del cultivo (Kc) de la fresa, limón y mora para el módulo 7 de la comunidad de Chingazos	36
Figura 6-4: Balance hídrico para el módulo 7, comunidad de Chingazo Bajo determinado por Thornwaite y Penman-Monteith	38
Figura 7-4: Necesidades totales (mm día-1) para los cinco cultivos del módulo 7, comunidad de Chingazos	39
Figura 8-4: Uniformidad de distribución (DU) y coeficiente de uniformidad de Christiansen (CU) realizado en WinSPP3 3.0.....	42
Figura 1-5: Catastro del módulo 7, comuna de Chingazos.....	51
Figura 2-5: Diseño parcelario del módulo 7, comunidad de Chingazos	52

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4: Ingreso mensual en dólares de la población del módulo 7	44
Gráfico 2-4: Distribución de la población del módulo 7 según la edad	44

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE CAMPO

ANEXO B: DENSIDAD APARENTE DEL MÓDULO 7

ANEXO C: REPORTE DE PESO SECO DEL SUELO DEL MÓDULO 7, COMUNA
CHINGAZOS

ANEXO D: ENSAYO DE VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN DEL MÓDULO 7

ANEXO E: HOJA DE EXCEL PARA EL CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE
INFILTRACIÓN

ANEXO F: IDENTIFICACIÓN DEL PATRÓN DE CULTIVOS

ANEXO G: ENCUESTA SOCIOECONÓMICA DEL MÓDULO 7

ANEXO H: CATASTRO DEL MÓDULO 7, PARA EL DISEÑO PARCELARIO DEL
MÓDULO 7. CHINGAZOS

ANEXO I: DETALLE DEL COSTO DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR
MICRO-ASPERSIÓN PARA EL MÓDULO 7, CHINGAZOS

RESUMEN

El objeto de este estudio fue realizar el diseño agronómico de un sistema de riego parcelario para el módulo 7 del proyecto Chambo – Guano, fase II, comunidad Chingazos, cantón Guano, para lo cual se determinó la capacidad de campo, punto de marchitez permanente, densidad aparente y velocidad de infiltración. Además, se obtuvo el patrón de cultivo, precipitación, coeficiente del cultivo, evapotranspiración del cultivo, balance hídrico, necesidades netas, profundidad radicular, lamina bruta y el emisor. También, se realizó la encuesta socio-económica, la evaluación financiera y el presupuesto para la implementación. El módulo 7 presenta las siguientes características: textura arenosa, capacidad de campo de 7.7 %, punto de marchitez permanente de 2.1%, densidad aparente de 1.3 g cm⁻³. Los cultivos presentes son maíz, limón, fresa, chocho y mora. La necesidad neta es de 2.69 mm día⁻¹, la lámina bruta es de 23.12 mm, la velocidad de infiltración es de 156.8 mm h⁻¹. La frecuencia de riego calculado es cada siete días por 3 horas para el mini-Wobbler boquilla # 6. La propuesta con proyecto promovió la implementación de aguacate, la utilidad por familia es de USD 1 739.20 por año versus a USD 92.00 sin proyecto, el VAN es de USD 181 377, TIR 27.10%, B/C 1.05 y PRI 5.016 años. La inversión es de USD 192 797.67. Se concluye que los parámetros físicos del suelo son aptos para riego por microaspersión, además, se recomienda la siembra de aguacate, por lo tanto, la lámina bruta de riego es de 23.12 mm cada 7 días por tres horas. El estudio demostró una rentabilidad positiva. La inversión para la instalación del sistema de riego es de USD 4 988.29 por hectárea. Se recomienda a las entidades competentes realizar la gestión de recursos económicos para la implementación del sistema de riego.

Palabras clave: <LÁMINA NETA>, <INFILTRACIÓN>, <REQUERIMIENTO HÍDRICO>, <DISEÑO PARCELARIO>, <CAUDAL>, <MINI ASPERSOR>.



0168-DBRA-UPT-IPEC-2023

01-12-2023

SUMMARY

The purpose of this study was to carry out the agronomic design of a parcel irrigation system for Module 7 of the Chambo-Guano Project, Phase II, Chingazos community, Guano canton. To achieve this, field capacity, permanent wilting point, bulk density, and infiltration rate were determined. Additionally, crop pattern, precipitation, crop coefficient, crop evapotranspiration, water balance, net requirements, root depth, gross irrigation depth, and the emitter were obtained. A socio-economic survey, financial evaluation, and budget for implementation were also conducted. Module 7 has the following characteristics: sandy texture, field capacity of 7.7%, permanent wilting point of 2.1%, and bulk density of 1.3 g cm⁻³. The existing crops include corn, lemon, strawberry, chocho, and blackberry. The net water requirement is 2.69 mm day⁻¹, the gross irrigation depth is 23.12 mm, and the infiltration rate is 156.8 mm h⁻¹. The calculated irrigation frequency is every seven days for 3 hours using mini-Wobbler nozzle #6. The proposed project encourages the cultivation of avocados. The family income is USD 1,739.20 per year compared to USD 92.00 without the project. The NPV is USD 181,377, IRR is 27.10%, B/C is 1.05, and PRI is 5.016 years. The investment is USD 192,797.67. It is concluded that the soil's physical parameters are suitable for micro-sprinkler irrigation. Avocado cultivation is recommended, and the gross irrigation depth is 23.12 mm every 7 days for three hours. The study demonstrated positive profitability, with an investment of USD 4,988.29 per hectare for the irrigation system installation. Competent authorities are advised to manage financial resources for the implementation of the irrigation system.

Keywords: <NET IRRIGATION DEPTH>, <INFILTRATION>, <WATER REQUIREMENT>, <PARCEL DESIGN>, <FLOW RATE>, <MINI SPRINKLER>

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Por la ubicación geográfica la comunidad de Chingazos no dispone agua de riego para la agricultura, a pesar, que el sistema de riego Chambo-Guano abarca esta comunidad. Por otra parte, la falta de estudios de diseño agronómico ha ocasionado que la falta de agua de riego perdure desde hace varias décadas, por esta razón, la agricultura viene siendo de subsistencia y de tipo estacional (cultivos de secano), la cual desencadena problemas sociales como: ingresos económicos menores al sueldo básico, alta tasa de migración y bajos rendimientos de los cultivos.

1.1.1. Situación actual del problema

La actividad agrícola utiliza el 70% del total del agua dulce disponible en el planeta (IICA, 2017). Sin embargo, más de 3 000 millones de personas viven en áreas agrícolas con escasez de agua (ONU, 2020). Donde el 40% de esta población, tienen limitaciones más severas al acceso a este recurso natural (FAO, 2021). Por lo tanto, la agricultura de secano ocupa el 80% de las tierras cultivadas a nivel mundial, y contribuye con el 60% de los alimentos (WWAP, 2019).

La cantidad de agua dulce utilizada para la agricultura en el continente americano representa el 48%, siendo América del Sur la región con mayor uso de agua con el 71% (IICA, 2017). El recurso hídrico renovable per cápita para América del Sur decreció de 35 000 a menos de 30 000 m³ en los últimos 18 años, mientras que, la extracción de agua per cápita incrementó a más de 500 m³ (FAO, 2021).

En Ecuador, el 82% del total de agua dulce se usa en la agricultura, siendo el área con potencial para riego de 3.6 Mha; sin embargo, el 25% de esta superficie tiene riego (Márquez et al., 2017; CEPAL, 2021). Según SENAGUA (2019), las causas principales para tener poco riego incluyen la corta vida útil de la infraestructura del riego y las obras inconclusas de los proyectos. Por ejemplo, el sistema de riego Chambo-Guano que inició la construcción en 1 944 y que hasta la fecha no se concluye la fase II (Romero y Paredes, 2018).

En la provincia de Chimborazo, el 48% del agua dulce se destina para el riego, distribuida en 760 juntas de riego, de las cuales, cuatro sistemas de riego público administran el 30% del caudal

provincial que representa el 20% de usuarios y área regada, mientras que, la administración comunitaria maneja el 70% del caudal y abarca el 80% del área regada (GAD Chimborazo, 2015).

En el cantón Guano, en cambio, el 60% del territorio se destina a la producción agrícola, los principales cultivos son: maíz, chochos, frutales (cítricos, tunas, durarnos, uvillas, aguacates.) y alfalfa (GAD Chimborazo, 2015). En la parroquia La Matriz los cultivos son cultivados en época de lluvia (cultivo de secano) o regados con agua abastecidos por tanqueros.

El sistema de riego Chambo-Guano es un sistema público integrado por ocho zonas (MAE, 2013). El caudal concesionado es de $5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ para el riego de 5 673 ha (SENAGUA, 2019). Sin embargo, la zona ocho integrada por las comunidades de Alacao, Carrera Ambato, Santa Rosa, San Jerónimo, San Vicente de Elempata, San José de Chocón, Chingazo Alto y Chingazo Bajo aún no cuentan con el sistema de riego tecnificado, por la falta de estudios agronómicos y civiles pospuesto por diversas razones desde 1 987 (Romero y Paredes, 2018). En este sentido, la escasez de agua en esta comunidad ocasiona que los niveles productivos de los cultivos se consideren bajos en relación con la media provincial y nacional, además, conlleva a una agricultura de subsistencia, lo cual significa bajos ingresos económicos para la familia, repercutiendo a una baja calidad vida.

Por lo tanto, entidades gubernamentales como la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo a través de los estudiantes de la maestría en riegos inició los estudios agronómicos para a futuro gestionar recursos económicos y la implementación.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el resultado del diseño agronómico de un sistema de riego parcelario para el módulo 7 del proyecto Chambo – Guano, fase II, comunidad Chingazos, cantón Guano?

1.1.3. Preguntas por resolver

- ✓ ¿Cuál es el aporte de la caracterización del suelo en el diseño para el módulo 7 del proyecto Chambo – Guano, fase II, comunidad Chingazos, cantón Guano?
- ✓ ¿Qué beneficio social proporcionará a la familia la nueva alternativa de cultivo y su requerimiento hídrico para el módulo 7 del proyecto Chambo – Guano, fase II, comunidad Chingazos, cantón Guano?
- ✓ ¿Cómo facilitará el estudio agroeconómico en el diseño agronómico para el módulo 7 del proyecto Chambo – Guano, fase II, comunidad Chingazos, cantón Guano?

- ✓ ¿Cómo influirá el método de riego y el análisis de los costos en la actividad económica de las familias del proyecto Chambo – Guano, fase II, módulo 7, comunidad Chingazos, cantón Guano?

1.2. Justificación

El estudio del diseño agronómico permitirá gestionar recursos económicos para la implementación del sistema de riego para el módulo 7 de la comunidad de Chingazos. Por lo tanto, la disponibilidad de agua para riego en la comunidad favorecerá el desarrollo agropecuario, mejorará los ingresos económicos y la calidad de vida; con lo que se contribuirá a optimizar la seguridad alimentaria de las familias de esta comunidad.

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Realizar el diseño agronómico de un sistema de riego parcelario para el módulo 7 del proyecto Chambo – Guano, fase II, comunidad Chingazos, cantón Guano.

1.3.2. Específicos

- ✓ Caracterizar el suelo para el módulo 7 del proyecto Chambo – Guano, fase II, comunidad Chingazos, cantón Guano.
- ✓ Determinar el cultivo óptimo y las necesidades totales de agua de riego para el proyecto Chambo – Guano, fase II, módulo siete, comunidad Chingazos, cantón Guano.
- ✓ Definir el estudio agroeconómico para establecer el método de riego parcelario del módulo 7 del proyecto Chambo – Guano, fase II, comunidad Chingazos, cantón Guano.
- ✓ Proyectar el presupuesto económico de la implementación del sistema de riego parcelario para el módulo 7 del proyecto Chambo – Guano, fase II, comunidad Chingazos, cantón Guano.

1.4 Hipótesis

Alternativa: El diseño agronómico del sistema de riego para el módulo 7 de la comunidad de Chingazos si mejorará la calidad de vida de la población.

Nula: El diseño agronómico del sistema de riego para el módulo 7 de la comunidad de Chingazos no mejorará la calidad de vida de la población.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

El objeto del sistema de riego es brindar a los cultivos el agua que requiere para cumplir con su ciclo biológico. El diseño agronómico es un conjunto de datos y propuestas referidos al manejo óptimo del agua en la agricultura, como: el clima, suelo, cultivo, calidad de agua, así también las ventajas y limitaciones de los diferentes métodos de riego, para lo cual, es necesario conocer los diferentes conceptos (Villafañe, 1988).

2.1. Cédula de cultivo

Es la distribución de los cultivos en el transcurso del año, de acuerdo con varios factores como: climatológicos, técnicos, rentabilidad, capacidad económica del agricultor y tamaño de la unidad agrícola, para la estructuración se tiene en cuenta las fechas de siembra y cosecha, el período vegetativo y el tipo de cultivo (García et al., 2019).

2.2. Calidad del agua

Constituye una variable a controlar en la agricultura de regadío, tanto a nivel fuente como a nivel sumidero, la calidad del agua de riego afecta de forma muy relevante a la estabilidad estructural del suelo y a su capacidad para transmitir el agua y el aire, así como a las plantas cultivadas (Tartabull y Betancourt, 2016).

Aragüés (2013) menciona los indicadores de la calidad de agua para riego son de tipo variables directas e indirectas. las variables directas (analíticas) se considera la salinidad, sodicidad, alcalinidad y la toxicidad iónica específica, mientras que, en las variables indirectas (ambiente-dependientes) está la tolerancia de los cultivos a la salinidad, tolerancia de los suelos a la salinidad, sodicidad y alcalinidad, manejo del riego y el clima.

Según Monge (2018) el agua de riego contiene sales solubles que son añadidos a las existentes en el suelo, las sales de importancia son solubles y se descomponen en iones, como: calcio, sodio, magnesio, potasio, boro y hierro considerados cationes, y los aniones como, cloruros, sulfatos, bicarbonatos y nitratos.

2.3. Lamina neta

Es la cantidad de agua a aplicar por unidad de superficie en un periodo de tiempo (Espinosa et al., 2016), Ortiz (2020) manifiesta que es el agua fácilmente disponible y está definido por un factor de agotamiento, para lo cual es necesario conocer las siguientes características físicas del suelo: textura, estructura, densidad aparente, capacidad de campo y punto de marchitez permanente.

2.3.1. Textura

Hace referencia a la proporción de arcilla, limo y arena que constituye el suelo (Monge, 2018), determinado mediante un análisis de laboratorio cuyos resultados se interpretan a través del "Triángulo de Textura" (Vásquez et al., 2017). En el ámbito de riego, es importante al momento de medir la infiltración, la capacidad de retener agua y a su aireación (Monge, 2018).

2.3.2. Estructura

Es la disposición heterogénea de partículas de suelo unidas como agregados de diferentes tamaños y la formación resultante de poros de diferentes tamaños (Rengasamy, 2018). Su importancia en el riego radica en la permeabilidad, aireación y compactación del suelo (Monge, 2018). El tamaño y forma que tienen las partículas determina los tipos de estructura del suelo, estos pueden ser: laminar, prismático, columnar, poliédrico, granuloso y glomerular. La mejor estructura de un suelo es la glomerular (Vásquez et al., 2017).

2.3.3. Densidad aparente

Se considera una medida de la porosidad de un suelo (Monge, 2018), e indica el grado de compactación y la facilidad de la circulación del agua y aire (Cid et al., 2021), cuyos valores se expresan generalmente en g cm^{-3} , t m^{-3} o kg dm^{-3} (Vásquez et al., 2017). En el riego, nos permite caracterizar la capacidad de almacenaje de agua en el suelo, además, la transformación de humedad gravimétrica del suelo en términos de humedad volumétrica (Cid et al., 2021).

2.3.4. Capacidad de campo

Es la máxima capacidad de retención de agua de un suelo sin problemas de drenaje, que alcanza según la textura del suelo entre las 6 y 72 horas después de un riego pesado o una lluvia que permite saturar momentáneamente al suelo (Vásquez et al., 2017). Esta humedad es favorable para el desarrollo óptimo de los cultivos (Monge, 2018). Los factores que afectan a la capacidad de campo

son: humedad previa del suelo, la textura y estructura del suelo, tipo de arcilla, materia orgánica, temperatura, nivel freático, profundidad de humectación, presencia de capas impermeables y evapotranspiración (Kirkham, 2005; Tarjuelo, 2005).

2.3.5. Punto de marchitez permanente

Es la cantidad de agua por unidad de peso o por unidad de volumen en el suelo, expresado en porcentaje, el agua está retenido fuertemente a la matriz del suelo hasta que las raíces no pueden absorber y la planta se marchitara (Kirkham, 2005). Corresponde a un estado energético cercano a 15 bares dependiendo del tipo de cultivo (Tarjuelo, 2005; Vásquez et al., 2017). Monge, (2018) indica que el punto de marchitez es el 45% de la capacidad de campo.

2.4. Necesidades totales

Cantidad de agua que realmente se aplica en un riego como consecuencia de tener en cuenta la eficiencia del método de riego (Fernández et al., 2010). Para determinar las necesidades totales es necesario definir los siguientes términos: evaporación, transpiración, evapotranspiración, evapotranspiración de referencia (Eto), evapotranspiración del cultivo (Etc), coeficiente del cultivo (Kc) y las necesidades netas.

2.4.1. Evaporación

Proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua y se retira de la superficie evaporante. Los parámetros climatológicos influyentes son: la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento (Allen et al., 2006), mientras que, la temperatura baja, humedad alta, lluvia y la nubosidad disminuye la evaporación (Pinto et al., 2019).

2.4.2. Transpiración

Allen et al. (2006) indican que la transpiración es la vaporización del agua presente en los tejidos de la planta hacia la atmósfera. Los factores externos medioambientales como la temperatura, radiación solar, velocidad de viento, humedad relativa, y el contenido de humedad del suelo y su disponibilidad para la planta afectan la transpiración (Montoro et al., 2016).

2.4.3. Evapotranspiración

Es la suma de dos procesos que ocurren simultáneamente la evaporación y transpiración, la evaporación es mayor que la transpiración en las etapas tempranas del cultivo, mientras que la transpiración es mayor cuando el cultivo ocupe la mayor área del suelo (Allen et al., 2006). La evapotranspiración (mm) constituye la parte fundamental para el diseño de un sistema de riego, los cálculos de diseño se deben hacer para la situación más desfavorable, es decir, para el mes de máximo consumo de agua por el cultivo (Monge, 2018).

2.4.4. Evapotranspiración de referencia

Es la evapotranspiración que ocurre en una superficie hipotética extensa de pasto verde, bien regado, de altura uniforme (0.12 m), en buen estado sanitario, de crecimiento activo y dando sombra totalmente al suelo (Monge, 2018). El método de FAO Penman-Monteith es el más recomendado; este método requiere datos de radiación, temperatura máxima y mínima, humedad relativa y velocidad del viento (Allen et al., 2006).

2.4.5. Coeficiente del cultivo

Es un factor que indica el grado de desarrollo o cobertura del suelo por el cultivo del cual se pretende calcular su consumo de agua (Vásquez et al., 2017). Es un valor adimensional, que varía según el cultivo y la fase de desarrollo: Inicial, desarrollo, media y maduración (Monge, 2018). El K_c también se obtiene de la división entre la evapotranspiración de referencia (ET_0) y la evapotranspiración del cultivo (E_c) (García et al., 2017). Los factores que afectan el coeficiente del cultivo K_c son: la morfología de la planta, fisiología vegetal, método de riego, frecuencia de riego y lluvia, intercepción y condensación del rocío (niebla) (Spano et al., 2009).

2.4.6. Evapotranspiración de cultivo

Es la tasa real de consumo de agua de un cultivo (Vásquez et al., 2017). Para determinar la evapotranspiración del cultivo (ET_c) se requiere valores de la evapotranspiración de referencia (ET_0) y el coeficiente de cultivo (k_c) (Tarjuelo, 2005).

2.4.7. Necesidades netas

Es la diferencia entre la evapotranspiración del cultivo y la precipitación efectiva (Vásquez et al., 2017), valor que sirve para determinar la necesidad total de agua para el cultivo (Calvache, 2012).

2.4.8. Eficiencia de riego

Es el porcentaje del volumen total de agua aplicado que es aprovechado por el cultivo (Tarjuelo, 2005). La eficiencia de riego para goteo esta entre 80 a 95% y aspersion entre 65 a 85%, esto permite incrementar la lámina de riego para contrarrestar las pérdidas que se produzcan en el sistema de riego (Monge, 2018).

2.5. Balance hídrico

Se determina con datos reales o simulados de precipitación e información climatológica (Cleves et al., 2016). Los datos de entrada son los aportes hídricos al suelo (precipitación) y de salida la evapotranspiración cultivo (Vásquez et al., 2017; Servín et al., 2017). Este proceso permite definir los períodos secos y húmedos del año (Santillán et al., 2013). Además, brinda información sobre las necesidades de riego en un período definido, lo que permite planificar, diseñar u operar la disponibilidad del agua (Cleves et al., 2016). También, es una herramienta imprescindible para calcular un conjunto de indicadores de pérdida de agua, para evaluar su desempeño a lo largo del tiempo y comparar diferentes sistemas colectivos de riego (Cunha et al., 2019).

2.6. Infiltración

Entrada vertical del agua a través del perfil del suelo (Vásquez et al., 2017). La infiltración es variable tanto en espacio como en tiempo, esto depende de la textura, porosidad, densidad aparente, contenido de materia orgánica, contenido de humedad inicial, compactación del suelo, profundidad del manto freático, y uso del suelo (Ávila et al., 2019). Para el cálculo de la velocidad de infiltración e infiltración acumulada, hay varios modelos empíricos, el más usado es el modelo de Kostiakov Lewis (Kirkham, 2005).

2.7. Operacionalización de variables

Tabla 1-2: Operacionalización de variable independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE	CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	DEFINICIÓN DE LOS INDICADORES	CRITERIO DE MEDICIÓN	TÉCNICA	INSTRUMENTO	ESCALA
Mapa Temático Ecológico	Refleja aspectos ecológicos de la zona geográfica sobre la que se estudia,	Mapas topográficos, climáticos y propiedades físicas y químicas del suelo	Topografía, Condiciones climáticas y Propiedades física – químicas del suelo	Curvas de nivel, datos meteorológicos de 3 estaciones ESPOCH, Quimiag, INER Puruhá y análisis de suelo	Planos topográficos, Datos meteorológicos, Clase Textural y riqueza nutricional	Levantamiento con dron, Interpolación de datos meteorológicos, Análisis de laboratorio	Equipos topográficos, Softwares Excel, Arcgis, Muestreo del suelo	
Levantamiento Topográfico	Estudio técnico y descriptivo de un terreno, examinando la superficie terrestre en la cual se tienen en cuenta las características físicas, geográficas y geológicas del terreno	Ortofotomosaico en formato .TIF Escala 1:700, GSD 5cm, Ortofotomosaico en formato ECW Curvas de nivel en formato .shp – DWG	Ortofotografía en formatos dwg y shape.	Formato de Ortofotografía para fácil manejo en softwares especializados	Planos topográficos en formatos dwg y shape.	Puntos de control, fotografía aérea y fotomosaico	Tecnología GNSS, método RTK, software UAS Master, Dron, Computador	N/A
Condiciones Climáticas	Parámetros climáticos característico de la zona	Precipitación, Temperatura Radiación solar Velocidad del viento, Humedad relativa	Registro de datos de tres estaciones meteorológicas	Registro de información meteorológicas de al menos 30 años de antigüedad	Datos meteorológicos	Tabulación de datos meteorológicos y interpolación a través del método IDW	Hojas de cálculo Excel, Sistemas de Información Geográfica	Precipitación (mm), Temperatura (°C), Radiación solar (), Velocidad del viento (m s ⁻¹), Humedad relativa (%)
Propiedades físico – químicas del suelo	Características	Textura, Estructura, contenido de macro – micro nutrientes	Análisis de suelo realizados para el módulo siete	Características físicas y químicas de suelo útiles para el diseño de sistemas de riego	Clase Textural	Análisis en laboratorio	Muestreo del suelo	Tipo de textura, ppm

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

Tabla 2-2: Operacionalización variable dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE	CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	CRITERIO DE MEDICIÓN	TÉCNICA	INSTRUMENTO	ESCALA
Patrón de cultivos	Se refiere al tipo y cantidad de cultivos presentes por superficie, expresada en área y porcentaje de una determinada zona o en una parcela.	Superficie	Área de un determinado cultivo	Cantidad	Encuestas	Encuestas, GPS, Hoja de cálculo	Hectárea de cultivo,
		Porcentaje	Porcentaje que representa el cultivo del total de la superficie.	Porcentaje	Visitas de campo		%
Contenido de Humedad a Capacidad de Campo (CC)	Capacidad máxima del suelo para retener agua después de una saturación, parámetro importante para el cálculo de requerimientos hídricos del cultivo	Porcentaje	Contenido de humedad de un suelo a Capacidad de Campo	Porcentaje	Fase de campo y laboratorio. Proceso determinado por García Petillos, y otros, (2017) y Cadena, (2016)	Azadón, Funda plástica, Balanza, Estufa	%
Contenido de Humedad a Punto de Marchitez Permanente (PMP)	Es la capacidad mínima de almacenamiento de agua de un suelo	Porcentaje	Contenido de humedad de un suelo a Punto de Marchitez Permanente	Porcentaje	Su determinación se realizará con la ecuación de Silva, y otros, (1988)	Hoja de cálculo	%
Densidad Aparente	Es la relación entre el peso de una muestra de suelo y el volumen que ocupa.	Gramos por centímetro cúbico	Peso del suelo por centímetro cúbico	Densidad	Se detalla en la metodología proporcionado por García Petillo, y otros, (2017)	Pala, Fundas, envase con medida, balanza	g cm ³
Profundidad radicular	Se refiere a la profundidad que pueden llegar las raíces del cultivo dependiendo de su estado fenológico.	Centímetros	Longitud de raíces de acuerdo al cultivo seleccionado para el proyecto	Longitud	Determinación según el tipo de cultivo	Según información obtenida de Allen, y otros, (2006).	cm

Velocidad de Infiltración	Es la velocidad con la que el agua ingresa al suelo sin producir encharcamiento.	Milímetros por hora	Velocidad de infiltración de un determinado suelo	Velocidad	*Método infiltrómetro de doble cilindro descrito por Cadena, (2016) y Tarjuelo, (2005) *Prueba de Kostiaov Lewis recomendado por Kirkham, (2005)	*Anillos concéntricos *Hoja de cálculo	mm hora ⁻¹
Precipitación (P)	Cantidad de agua precipitada en una determinada área	Milímetros por día	Cantidad de lluvia en una zona determinada.	Cantidad	Precipitación efectiva al 80% de tres estaciones meteorológicas ESPOCH Quimiag INER Puruhá	CROPWAT 8.0	mm día ⁻¹
Lámina neta	La lámina neta es toda el agua de la que puede extraer un cultivo en un suelo.	Milímetros	Lámina neta aplicada en un determinado suelo	milímetros	Aplicación de fórmula, se detalla en la metodología	Hoja de cálculo	mm
Evapotranspiración (ET _o)	Pérdida total de agua del suelo y planta hacia la atmósfera.	Milímetros por día	Cantidad de agua perdida a la atmósfera.	Cantidad	Thornthwaite descrito por Thornthwaite Al Sudani, (2019); Perez Cardenas, (1997)	Hoja de cálculo	mm día ⁻¹
					Penman-Monteith según Allen, y otros, (2006)	*CROPWAT 8.0	
					Método IDW para la interpolación	Sistemas de Información Geográfica	
Coefficiente de cultivo (K _c)	El coeficiente de cultivo está en función a las características del cultivo, fechas de siembra, fenología del cultivo y su duración.	Adimensional	Coefficiente por cada cultivo según fenología	Valor	Fórmula de Hargraves, se detalla en la metodología	Hoja de cálculo	N/A

Evapotranspiración de cultivo (ETc)	Es el producto de la ETo por el coeficiente de cultivo (Kc).	Milímetros por día	Cantidad de agua perdida a la atmósfera por un determinado cultivo.	Cantidad	Aplicación de fórmula según Allen, y otros, (2006)	Hoja de cálculo	mm día ⁻¹
Balance Hídrico	Es la cantidad de entradas y salidas de agua en una zona determinada.	Milímetros por mes	Estado de oferta y demanda de agua	Cantidad	Aplicación de fórmula Pe - ETc	Hoja de cálculo	mm mes ⁻¹
Necesidad Neta (Nn)	Es la cantidad de agua necesaria para satisfacer la demanda del cultivo más las pérdidas que ocurren en el sistema de riego.	Milímetros por día	Cantidad de agua a aplicar	Cantidad	Aplicación de fórmula, Nn = ETc - P) (Vásquez V, y otros, 2017)	Hoja de cálculo	mm día ⁻¹
Necesidad Total (Nt)	Las demandas totales del proyecto será la necesidad neta bajo un ajuste de la eficiencia del riego.	Milímetros por día	Cantidad de agua a aplicar	Cantidad	Aplicación de fórmula, Nt = Nn/Ef. (Vásquez V, y otros, 2017) (Cadena, 2016).	Hoja de cálculo	mm día ⁻¹
Diseño hidráulico parcelario	Caudal requerido dentro de la parcela	Litros por segundo	Caudal requerido	Cantidad	En base al método de riego, tipo de emisor.	Software IRRICAD V15.	l s ⁻¹
Producción	Es la cantidad de producto cosechada de un cultivo	Kilogramos	Cantidad de producto en una determinada zona	Cantidad	Levantamiento de información en campo.	Encuestas.	Kg
						Sistematización de resultados.	
Costos de producción	Es el costo que representa producir un producto o un bien.	Dólares invertidos por hectárea de producción	Costo de producción de un determinado producto	Cantidad	Levantamiento de información en campo.	Encuestas.	N/A
						Sistematización de resultados.	
Utilidad bruta	Es el ingreso total de capital de la venta de la producción en el mercado	Dólares (USD)	Utilidad bruta de un determinado producto	Cantidad		Encuestas.	N/A

					Levantamiento de información en campo.	Sistematización de resultados.	
Utilidad neta	Es el ingreso obtenido de la diferencia entre el ingreso bruto y los costos de producción.	Dólares (USD)	Utilidad neta de un determinado producto	Cantidad	Levantamiento de información en campo.	Encuestas. Sistematización de resultados.	N/A
Tasa Interna de Retorno (TIR)	Es la tasa de interés o rentabilidad que genera un proyecto y se encarga de medir la rentabilidad de una inversión.	Porcentaje	Tasa Interna de Retorno del proyecto	Porcentaje	Aplicación de fórmula, se detalla en la metodología (Vega, 2021)	Hoja de cálculo	$TIR > \text{Tasa de descuento } (\%)$
Valor Actual Neto (VAN)	Es la diferencia entre el dinero que ingresa al proyecto y el monto que se invierte en el mismo	Dólares (USD)	Valor Actual Neto del proyecto	Cantidad	Aplicación de fórmula, se detalla en la metodología (Vega, 2021)	Hoja de cálculo	$VAN > 0$
Relación Beneficio-Costo (B/C)	Es una herramienta financiera que compara el costo de un producto versus el beneficio que esta entrega para evaluar de forma efectiva la mejor decisión a tomar en términos de compra.	Adimensional	Relación beneficio-costo	Valor	Aplicación de fórmula, se detalla en la metodología (Vega, 2021)	Hoja de cálculo	$B/C > 1$
Período de Retorno de la Inversión (PRI)	Es una herramienta que mide en cuanto tiempo (períodos) se recupera la inversión, incluyendo el costo de capital involucrado.	Años	Tiempo de retorno de la inversión del proyecto	Valor	Aplicación de fórmula, se detalla en la metodología (Vega, 2021)	Hoja de cálculo	N/A

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

2.8. Matriz de consistencia

Tabla 3-2: Matriz de consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	INDICADORES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
En la comunidad de Chingazos, la escasez de agua para riego se considera el principal problema, esto ha permitido a los pobladores practicar una agricultura de subsistencia, los bajos ingresos económicos se traducen en pobreza por necesidades básicas insatisfechas (NBI), por la necesidad de mejorar la calidad de vida, muchos de los campesinos migraron a las grandes ciudades dejando abandonas los suelos con potencial agrícola,	Realizar el diseño agronómico de un sistema de riego parcelario para el módulo 7 del proyecto Chambo – Guano, fase II, comunidad Chingazo, cantón Guano.	¿El diseño agronómico del sistema de riego en la comunidad de Chingazo mejorará la calidad de vida de la población?	Topografía	Plano del terreno con curva de nivel a cada metro	Puntos de control, fotografía aérea, ortofoto mosaica	tecnología GNSS, método RTK, software UAS Master, Dron, Computador
			Condiciones climáticas	Registro de datos meteorológico	Tabulación de datos meteorológico en lo posible de los 30 años de las estaciones ESPOCH Quimiag INER Puruhá	Computadora
			Propiedades físicas del suelo	Análisis de suelo	Muestreo al azar y posterior análisis en el laboratorio	Barreno, Fundas plásticas y etiquetas
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	VARIABLES	INDICADORES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
<ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuál es el aporte de la caracterización del suelo en el diseño para el módulo 7 del proyecto Chambo – Guano, fase II, comunidad Chingazo, cantón Guano? - ¿Qué beneficio social proporcionará a la familia la nueva alternativa de cultivo y su requerimiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Caracterizar el suelo para el módulo 7 del proyecto Chambo – Guano, fase II, comunidad Chingazo, cantón Guano. - Determinar el cultivo óptimo y las necesidades totales de agua de riego para el proyecto Chambo – Guano, fase II, módulo 	<ul style="list-style-type: none"> - ¿La caracterización de suelo del módulo 7, proyecto Chambo – Guano, fase II, comunidad Chingazos, cantón Guano si contribuirá en el diseño agronómico del sistema de riego? 	Patrón de cultivos	Área por cultivos	Encuestas	Encuestas, Gps
			Humedad de suelo a Capacidad de campo	Valor de Capacidad de campo del suelo	Capacidad de campo en peso	Pala, balanza, estufa, funda plástica
			Humedad del suelo a Punto de Marchitez Permanente	Valor de punto de marchitez del suelo	Punto de marchitez permanente en peso	Hoja de cálculo
			Densidad Aparente	Valor de densidad aparente del suelo	Medida in-situ	azadón, funda plástica, balanza, vaso de precipitación

<p>hídrico para el módulo 7 del proyecto Chambo – Guano, fase II, comunidad Chingazo, cantón Guano?</p> <p>- ¿Cómo facilitará el estudio agroeconómico en el diseño agronómico para el módulo 7 del proyecto Chambo – Guano, fase II, comunidad Chingazo, cantón Guano?</p> <p>- ¿Cómo influirá el método de riego y el análisis de los costos en la actividad económica de las familias del proyecto Chambo – Guano, fase II, módulo 7, comunidad Chingazo, cantón Guano?</p>	<p>siete, comunidad Chingazo, cantón Guano.</p> <p>- Definir el estudio agroeconómico para establecer el método de riego parcelario del módulo 7 del proyecto Chambo – Guano, fase II, comunidad Chingazo, cantón Guano.</p> <p>- Proyectar el presupuesto económico de la implementación del sistema de riego parcelario para el módulo 7 del proyecto Chambo – Guano, fase II, comunidad Chingazo, cantón Guano.</p>	<p>- ¿La selección del óptimo cultivo y su requerimiento hídrico si aportara un beneficio social a las familias y al diseño agronómico del sistema de riego?</p> <p>- ¿El estudio agroeconómico del módulo 7, proyecto Chambo – Guano, fase II, comunidad Chingazo, cantón Guano si aportará en el diseño agronómico del sistema de riego?.</p> <p>- ¿El presupuesto proyectado si contribuirá a la gestión de recursos económicos de las familias para la implementación del sistema de riego del módulo 7, proyecto Chambo – Guano, fase II, comunidad Chingazo, cantón Guano?.</p>	Profundidad radicular	Longitud de la raíz de los cultivos	Medición directa	Azadón, pala, cinta métrica
			Velocidad de Infiltración	Velocidad de ingreso del agua al suelo	Infiltró metro de doble cilindro	Doble cilindro, azadón, baldes
			Precipitación	Registro de datos del INAMHI	Recopilación datos históricos INAMHI	Hoja Excel
			Evapotranspiración (Eto)	Cantidad de agua vaporizada a la atmosfera	Thornthwaite y Penman-Monteith	Hoja Excel, CROPWHAT
			Kc de cultivos	Valor referente al estado fenológico del cultivo	Hargraves	Hoja de Excel
			Evapotranspiración de cultivo (Etc)	Cantidad de agua perdida por el cultivo	Eto * Kc cultivo	Hoja de Excel
			Balance Hídrico	Relación entre perdida y ganancia de agua	Demanda y oferta hídrica	Hoja de Excel
			Necesidad Neta	Cantidad de agua a aplicar	Etc - Pe	Hoja de Excel
			Necesidad Total	Cantidad de agua a aplicar	(Etc - Pe)/Ef	Hoja de Excel
			Diseño hidráulico parcelario	Tipo de riego, tipo de emisor por parcela	En base a las curvas de nives y el requerimiento hídrico del cultivo	Software Irricad V15
			Producción Agrícola	Tipo y cantidad de producción de cultivos	Levantamiento de información	Encuesta y sistematización de resultados
			Costos Producción	El valor para producir un cultivo	Levantamiento de información	Encuesta y sistematización de resultados
Utilidades Brutas	Ganancia total del producto	Levantamiento de información	Encuesta y sistematización de resultados			

			Utilidades Netas	Ganancia neta del producto	Levantamiento de información	Encuesta y sistematización de resultados
			Tasa interna de retorno TIR	TIR del Proyecto	Fórmula del TIR	Hoja de Excel
			Valor actual neto VAN	VAN del proyecto	Fórmula del VAN	Hoja de Excel
			Relación Beneficio costos B/C	B/C del Proyecto	$C/B = \text{VNA Ingresos} / (\text{VNA Egresos} + \text{Inversión})$	Hoja de Excel
			Período de Retorno de la Inversión (PRI)	Tiempo de retorno de la inversión del proyecto	Aplicación de fórmula, se detalla en la metodología	Hoja de cálculo

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Caracterización del área en estudio

3.1.1. Ubicación política

Provincia: Chimborazo
Cantón: Guano
Parroquia: La Matriz
Sector: Chingazos (Bajo)

3.1.2. Ubicación geográfica

Latitud: Entre 1°37'40.82'' y 1°37'32.01'' S
Longitud: Entre 78°34'57.33'' y 78°34'33.98'' O

3.1.3. Ubicación ecológica

Altitud: 2669 m. s.n.m.
Temperatura media: 17 °C.
Precipitación anual: 500 mm.
Región: Montano bajo MB

COMUNIDAD DE CHINGAZOS

MÓDULO 7

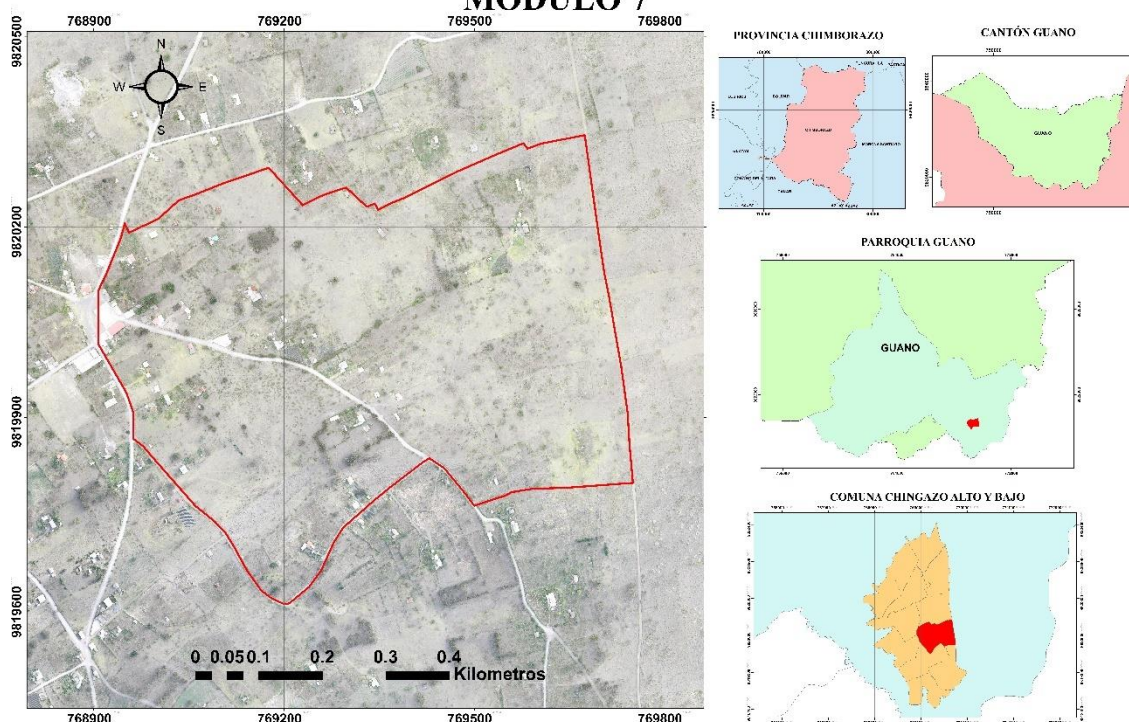


Figura 1-3: Ubicación geográfica del módulo 7 en la comuna Chingazos, parroquia La Matriz, cantón Guano, provincia de Chimborazo

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

3.2. Materiales

3.2.1. *Material y equipo para evaluaciones en campo*

- ✓ Cilindro de infiltración
- ✓ Barreno
- ✓ Gps
- ✓ Probeta
- ✓ Analizador de humedad MA 50.X2.IC.A.WH.
- ✓ Nivel

3.2.2. *Material complementario*

- ✓ Dispositivo de aplicación Kobo
- ✓ Sistemas de información geográfico
- ✓ Software de diseño y dibujo

3.3. Metodología

3.3.1. Caracterización del suelo

3.3.1.1. Análisis de suelo

Se realizó el muestreo del suelo en tres puntos del módulo 7 (zona baja, zona media y zona alta) a través de la metodología de Zig-Zag recomendado por Osorio (2012) y Reynoso (2014). Las muestras fueron enviadas al laboratorio TotalChem para determinar: macronutrientes, micronutrientes, pH, textura, materia orgánica, conductividad eléctrica, densidad aparente, capacidad de campo y punto de marchitez permanente.

3.3.1.2. Capacidad de campo

El parámetro de capacidad de campo se obtuvo según la metodología recomendada por García et al. (2017) implementados en tres sitios del módulo 7 (baja, media y alta) (Anexo A).

En los tres sitios identificados para el ensayo, se limitó un área de 1 m². En cada área de suelo se depositó 300 litros de agua para garantizar el volumen de mojado del suelo y, posteriormente se cubrió con plástico de color blanco para evitar la evaporación.

Los valores de humedad del suelo se obtuvieron a las 24, 48 y 72 horas posterior a la instalación del ensayo, para lo cual, se tomó una muestra de suelo con el barreno a la profundidad de 15 cm, y con el analizador de humedad MA 50.X2.IC.A.WH se obtuvo el valor de la humedad gravimétrica a capacidad de campo.

3.3.1.3. Punto de marchitez permanente

A partir del valor de capacidad de campo (humedad gravimétrica) y con base a la ecuación [1] establecida por Silva et al. (1988) se determinó el valor de punto de marchitez permanente.

$$HP\% PMP = HP\% CC * 0,74 - 5 \quad [1]$$

Dónde:

HP%PMP = Contenido de agua en peso a punto de marchitez permanente.

HP%CC = Contenido de agua en peso a capacidad de campo.

3.3.1.4. Densidad aparente

Se determinó con el método de excavación recomendado por García et al. (2017), para lo cual se eligió tres lugares (zona baja, zona media y zona alta) del módulo 7 (Anexo 2).

En primera instancia, con la ayuda de la azada, se eliminó toda la vegetación de los primeros centímetros del suelo en un área de 0.25 m², para posterior realizar el corte del suelo en cuadrado de 0.2 x 0.2 m, después, con la ayuda de la pala, se extrajo el suelo hasta la profundidad de 0.3 m. El suelo extraído se guardó en una bolsa de plástico para su posterior registro del peso en la balanza de precisión.

Dentro del hoyo se ubicó una funda plástica y se llenó con agua hasta el nivel del borde del hoyo. La cantidad de agua depositada fue medida con una probeta. Este proceso permitió determinar el volumen del hoyo.

El peso seco del suelo se obtuvo de la siguiente manera: se tomó una muestra del suelo (extraído del hoyo) e inmediatamente se registró el peso en fresco, después, la muestra se envió al laboratorio de Suelos y Aguas de la Estación Experimental del Austro para determinar el peso seco (Anexo 3).

Los datos de peso del suelo seco y el volumen del hoyo permitieron obtener el valor de la densidad aparente mediante la ecuación [2] recomendado por García et al. (2017):

$$\text{Densidad aparente (g cm}^{-3}\text{)} = \frac{\text{Peso seco del suelo (g)}}{\text{Volumen del hoyo (cm}^{-3}\text{)}} \quad [2]$$

3.3.1.5. Velocidad de Infiltración

La velocidad de infiltración se realizó mediante el método de Infiltrómetro de doble cilindro (Anexo D) recomendado por Cadena (2016) y Tarjuelo (2005). Los datos registrados fueron los siguientes: tiempo inicio, tiempo acumulado y la lámina de agua infiltrada. A continuación, se detalla el procedimiento:

En primera instancia, se seleccionó tres sitios representativos para cada zona del módulo 7 (baja, media y alta). Luego, el lugar del ensayo se limpió y se niveló para colocar el cilindro de mayor diámetro y de menor diámetro a una profundidad de 0.24 m a nivel.

El agua se aplicó en el área comprendida entre el cilindro de mayor y menor diámetro, posteriormente se colocó el agua en el área interior del cilindro de menor diámetro.

Las lecturas de infiltración se registraron en el libro de campo a intervalos de dos, cinco, diez, quince y veinte minutos, hasta completar las tres horas.

La reposición del agua en el espacio del cilindro de menor diámetro se realizó cada vez cuando el nivel del agua bajo a seis centímetros. Además, durante toda la prueba, el agua entre los dos cilindros se conservó su nivel para evitar el movimiento lateral del agua.

Finalmente, para el cálculo de la velocidad de infiltración e infiltración acumulada se empleó el modelo Kostiakov Lewis recomendado por Kirkham (2005) mediante la ecuación [3] en una hoja de cálculo del Excel (Anexo 5).

$$I = K * t^n \quad [3]$$

Dónde:

I = velocidad de infiltración (cm/hora)

K = parámetro que representa la velocidad de infiltración cuando el tiempo es 1 minuto

t = tiempo acumulado de infiltración (minutos)

n = parámetro que indica la forma en que la velocidad de infiltración se reduce con el tiempo.

3.3.2. Cultivo y necesidades totales de agua de riego

3.3.2.1. Patrón de cultivo

Se determinó con base a la actualización del catastro (metodología ingenieros civiles), para lo cual se identificó lotes que son cultivados o están en barbecho. Con el uso de Sistema de información geográfica se realizó el trazado del predio y se obtuvo su área (Anexo 6).

3.3.2.2. Evapotranspiración de referencia

Con la compilación de los datos meteorológicos (temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar) de las estaciones meteorológicas M0243 Pungales y M0057 Riobamba aeropuerto se obtuvo la evapotranspiración de referencia. A través del método de Thornthwaite recomendado por Al Sudani (2019 y Pérez (1997), y Penman-Monteith por

Allen et al. (2006) se obtuvo el valor de la ETo en hoja de cálculo de Excel y el Software FAO-CROPWAT 8.0 respectivamente.

El valor de Eto mensual calculado por los dos métodos, se interpoló a través del Sistemas de información geográfica (Inverse Distance Weighting IDW) para obtener el valor de la Eto del módulo 7 de la comuna de Chingazo Bajo.

3.3.2.3. *Precipitación*

La precipitación efectiva se determinó a partir de los datos recopilados las estaciones M0243 Pungales y Riobamba aeropuerto M0057 trabajados en el software CROPWAT 8.0 a una probabilidad del 60% de ocurrencia según la metodología de Allen et al, (2006). Los datos para el módulo 7 se obtuvo de la interpolación a través de Inverse Distance Weighting IDW en el Sistema de información Geográfica.

3.3.2.4. *Coefficiente del cultivo*

Se utilizó la ecuación [4] de Hargreaves recomendada por León y León (2023).

$$Kc = 0,01335 + 0,04099 C - 0,00040 C^2 \quad [4]$$

Dónde:

C = Relaciona al ciclo de cultivo, los días desde la siembra hasta la cosecha dividido para 365.

3.3.2.5. *Evapotranspiración del cultivo*

Se obtuvo a partir del producto de evapotranspiración de referencia (ETo) y el coeficiente de cultivo (Kc), ecuación [5] recomendado por Allen et al. (2006).

$$ETc \text{ (mm)} = ETo \text{ (mm)} \cdot Kc \quad [5]$$

Dónde:

ETc = Evapotranspiración de cultivo

ETo = Evapotranspiración de referencia

Kc = Coeficiente de cultivo

3.3.2.6. Balance hídrico

Vásquez et al. (2017) y Cleves et al. (2016) recomiendan realizar el balance hídrico con los datos de evapotranspiración de cultivo y precipitación efectiva para cada mes del año. En este sentido, se realizó en hoja de cálculo de Excel.

3.3.2.7. Necesidad neta

Se obtuvo de la diferencia entre la evapotranspiración del cultivo y la precipitación efectiva para cada mes del año mediante la siguiente ecuación [6] sugerida por Vásquez et al. (2017) y Monge (2018).

$$Nn \text{ (mm)} = ETc \text{ (mm)} - P \text{ (mm)} \quad [6]$$

Dónde:

Nn = Necesidad Neta
ETc = Evapotranspiración del cultivo
P = Precipitación

3.3.2.8. Necesidades totales

El valor se obtuvo para la eficiencia de riego del 85% (micro aspersión) mediante la ecuación [7] proporcionado por Vásquez et al. (2017) y Monge (2018).

Para determinar la necesidad total es necesario conocer la necesidad neta.

$$Nt \text{ (mm)} = \frac{Nn \text{ (mm)}}{Ef} \quad [7]$$

Dónde:

Nt = Necesidad Total
Nn = Necesidad Neta
Ef = Eficiencia del método de riego

3.3.2.9. Selección de cultivo

Se determinó según las condiciones edafoclimáticas del sector y la recomendación de la literatura.

3.3.2.10. Profundidad radicular

Se determinó con base al patrón de cultivo y los datos proporcionados por Allen et al. (2006) y Alfonso (2008).

3.3.2.11. Lámina bruta

Se determinó con la ecuación [8] propuesta por Ortiz (2020) y Espinosa et al. (2016). Para lo cual es necesario determinar los valores de capacidad de campo, punto de marchitez permanente, densidad aparente, profundidad radicular y el factor de agotamiento permisible del suelo.

$$Lb \text{ (mm)} = (CC - PMP) \cdot Da \text{ (g cm}^{-1}\text{)} \cdot Z \text{ (mm)} \cdot fc \quad [8]$$

Dónde:

Lb = Lámina bruta

CC = Capacidad de campo

PMP = Punto de marchitez permanente

Da = Densidad aparente

Z = Profundidad radicular

Fc = Factor de agotamiento permisible del suelo

3.3.2.12. Selección del emisor

Para la selección del emisor en primera instancia se seleccionó el cultivo, en este caso es aguacate. Guzmán (2021) en su trabajo concluyó que el mejor método de riego es microaspersión para el cultivo de aguacate.

Con las especificaciones técnicas del emisor Mini-Wobbler (micro aspersion) de la empresa Senniger, se determinó la pluviometría de micro aspersor. En este sentido, la pluviometría debe ser menor a la velocidad de la infiltración del suelo. Además, mediante el software Winsipp3 se determinó la Uniformidad de distribución (DU) y coeficiente de uniformidad de Christiansen (CU).

3.3.3. Estudio agroeconómico

3.3.3.1. Encuestas socio-económicas

La cantidad de personas encuestadas para el módulo 7, se determinó con base al cálculo de la muestra de poblaciones finitas, mediante la ecuación [9] proporcionada por Aguilar (2005). La población asumida es de las dos comunidades Chingazo Bajo y Chingazo Alto (Anexos 7).

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q} \quad [9]$$

Dónde:

N = Total de la población

Z α = 1.96 al cuadrado (si la seguridad es del 95%)

p = proporción esperada (en este caso 5% = 0.05)

q = 1-p (en este caso 1-0.05 = 0.95)

e = precisión (5%)

La encuesta se realizó con base a los formatos de encuestas socioeconómicas de SENAGUA y el MAG. Para el registro de la información de la encuesta se empleó la aplicación Kobotoolbox versión v2022.4.4.

3.3.3.2. Evaluación financiera

Costos Producción

Mediante un Taller se determinó los costos de producción de los cultivos existentes en el módulo 7.

Valor actual neto VAN

Se determinó a partir de la ecuación [10] proporcionado por Vega (2021), para el proyecto con riego.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad [10]$$

Dónde:

VAN = Valor actual neto

Ft = Flujo de caja futuros

I₀ = Inversión inicial

k = tasa de descuento

t = tiempo

Tasa interna de retorno TIR

Se determinó a partir de la ecuación [11] proporcionado por Vega (2021), para el proyecto con riego.

$$T = \sum_{t=0}^n \frac{B - Ct}{(1+r)^t} \quad [11]$$

Dónde:

TIR = Tasa interna de retorno (%)

Bt = Beneficio bruto en el periodo de vida del proyecto

Ct = Costo en el periodo de vida del proyecto

t = Tiempo de vida del proyecto

r = Tasa de descuento

n = Número de años

Relación Beneficio costos B/C

Se determinó para el proyecto con riego mediante la siguiente ecuación [12] recomendado por Espinosa et al. (2016).

$$\text{Beneficio/costo} = \frac{\text{Beneficio actualizado}}{\text{Costo actualizado}} \quad [12]$$

Periodo de retorno de la inversión (PRI)

Se determinó según la metodología de Vega (2021), para medir en cuanto tiempo (periodos) se recupera la inversión, incluyendo el costo de capital de inversión.

3.3.4. Presupuesto

El presupuesto se obtuvo después del diseño parcelario, para lo cual se requirió información como: características del emisor, catastro, curvas de nivel. Los costos de los materiales y del servicio de instalación se realizó con base a análisis de precios unitarios.

3.3.4.1. Diseño hidráulico parcelario

El diseño hidráulico parcelario se realizó con el empleo del software Irricad 20.22.06. Para lo cual, se requirió información del catastro, curvas de nivel a un metro, cultivo y el emisor.

3.3.4.2. Lista de materiales

La lista de materiales se obtuvo después de culminar el diseño parcelario, con los costos de mercado (análisis de precio unitario) se obtuvo el costo total de inversión.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización del suelo

Para la caracterización del suelo se realizó el análisis físico y químico del suelo del módulo 7 en el laboratorio TotalChem, así también, se determinó los siguientes parámetros: capacidad de campo, punto de marchitez permanente, velocidad de infiltración y densidad aparente en campo.

4.1.1. Análisis de suelo

Tabla 1-4: Parámetros físicos del suelo importantes para el diseño agronómico del módulo 7, Chingazos.

Parámetro	Unidad	Zona Baja	Zona Media	Zona Alta	Media
pH(en H ₂ O)		7.4	6.8	6.9	7.0
Conductividad (CE)	umhos/cm	0.1	0.1	0.1	0.1
Nitrógeno total	ppm	14.0	14.0	16.0	14.7
Fósforo	ppm	1.9	18.8	10.5	10.4
Potasio	meq 100g ⁻¹	0.1	0.2	0.3	0.2
Magnesio	meq 100g ⁻¹	0.9	1.5	2.3	1.6
Calcio	meq 100g ⁻¹	3.5	4.9	5.9	4.8
Manganeso	ppm	1.0	2.0	2.0	1.7
Cobre	ppm	1.0	1.0	2.0	1.3
Zinc	ppm	1.0	1.0	1.0	1.0
Materia Orgánica	%	2.2	2.0	2.3	2.2
Textura		Arenoso	Arenoso	Arenoso	Arenoso
Capacidad de campo	%	10.4	11.3	14.8	12.2
Punto de marchitez permanente	%	6.2	6.7	8.8	7.2
Densidad aparente	g/cm ³	1.3	1.2	1.1	1.2
Porosidad	%	30.28	31.13	31.67	31.02

Fuente: TotalChem, 2022.

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

Según el reporte del análisis del suelo (Tabla 1-4), el módulo 7 corresponde a la clase textural arenoso (arena 88%, limo 10%, arcilla 2%), con densidad aparente de 1.2 g cm⁻³, capacidad de campo 12.2 % y punto de marchitez permanente de 7.2%.

El suelo de textura arenosa del módulo 7 presenta poros mayor tamaño en relación a un suelo arcilloso, por lo que, IPNI (2019) indica que estos suelos son secos, coincidiendo con los valores

obtenidos de capacidad de campo y punto de marchitez permanente en el análisis de suelo (Tabla 1-4). Además, Navarro, S. y Navarro, G. (2003) corroboran que el suelo de Chingazo Bajo carece de plasticidad, tenacidad, así también, Monge (2018), Domenech (2000) y Fageria (2009) comparten que estos suelos presentan bajas reservas de nutrientes (Tabla 1-4). Sin embargo, para Lal y Shukla (2004), esta textura arenosa permite un buen desarrollo de las raíces y también facilita las labores culturales.

Los suelos del módulo 7 presentan niveles bajos de nitrógeno (14.7 ppm), fósforo (10.4 ppm) y potasio ($0.2 \text{ meq } 100 \text{ g}^{-1}$) según el análisis de suelo (Tabla 1-4), esta interpretación se corrobora con la descrita por Vidal (2022). Mientras que, el calcio y magnesio se interpreta como contenido alto, sin embargo, Vidal (2022) lo interpreta como medio y alto para calcio y magnesio respectivamente.

Para Azcón y Talón (2013), los suelos con bajos contenidos de macronutrientes, permite la identificación de síntomas de deficiencia en los cultivos, así se observó en el cultivo de maíz del módulo 7.

El crecimiento del maíz en el módulo 7 es lento, además, presento clorosis general de las hojas más viejas, esto coincide con lo que indican Hopkins y Hüner (2008) y Azcón y Talón (2013) en la descripción de los síntomas de deficiencia del nitrógeno. También, se observó plantas de maíz enanas que presentaban un color verde más intenso, síntomas que coinciden con la deficiencia de fósforo descritas por Azcón y Talón (2013). Además, se observó la deficiencia de potasio en las hojas viejas, como necrosamiento a lo largo del borde de la hoja, síntoma que coincide con lo descrito por Fageria (2009).

Por otra parte, los valores de calcio y magnesio son importantes para determinar el porcentaje de saturación en el suelo, para el módulo 7, el valor de potasio es 3%, calcio el 73% y magnesio el 23%, valores que se interpretan como bajo, medio y alto para cada elemento respectivamente, valores que coinciden con lo reportado por Vidal (2022).

Además, para Vidal (2022) las relaciones catiónicas Ca Mg^{-1} (3.1) y K Mg^{-1} (0.1) se interpreta como medio y muy bajo respectivamente. Por lo tanto, la relación calcio - magnesio están en equilibrio en el suelo, sin embargo, para la relación potasio – magnesio, hace falta más cantidad de potasio para llegar a un balance nutricional. Para Navarro, S. y Navarro, G. (2003), los contenidos de calcio y magnesio se deben a la baja pluviosidad y poca lixiviación de estos elementos en el suelo, esto corrobora con las condiciones climáticas del módulo 7, baja precipitación anual.

Por otra parte, los micronutrientes como cobre, manganeso y zinc se interpretan como nivel bajo según el análisis del suelo (Tabla 1-4), en este sentido, Sela (2020) en su publicación, también lo interpreta como contenidos bajos, sin embargo, Vidal (2022) indica que el cobre se lo interpreta como alto contenido presente en el suelo, mientras que, para manganeso y zinc la interpretación coincide con el reporte. Esta diferencia en la interpretación, Vidal (2022) indica que está en función a la metodología empleada en el análisis del suelo para cada nutriente.

Así también, el contenido de materia orgánica es 2.2% (Tabla 1-4), por lo tanto, se interpreta como bajo contenido. Navarro, S y Navarro, G. (2003) indican que la materia orgánica es importante para mejorar propiedades físicas y químicas del suelo, como la estructura y la capacidad de intercambio catiónico, además, constituye un medio para la vida microbiana y fuente de nutrientes para las plantas. Por lo tanto, hay una relación entre el bajo contenido de materia orgánica y el bajo contenido de los macronutrientes en el suelo del módulo 7.

El pH del suelo está en el rango de neutro a ligeramente alcalino. Para White (2012), su importancia está relacionada con la disponibilidad de los nutrientes para la planta. En este sentido, Hopkins y Hüner (2008) indican que el fósforo a pH de 7.04 (Tabla 1-4) la forma predominante de absorción es HPO_4^{2-} , esto repercute la menor facilidad de absorción del fósforo y tiende a formar complejos con el calcio y magnesio, anunciado que corrobora la presencia de síntomas en el maíz.

4.1.2. Parámetros físicos del suelo necesarios para el diseño agronómico

4.1.2.1. Capacidad de campo y punto de marchitez permanente

Los valores de capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP), densidad aparente (DA) y velocidad infiltración fueron obtenidos en tres puntos del módulo 7 (parte alta, media y baja) (Tabla 2-4).

Los valores de capacidad de campo y punto de marchitez determinados para el módulo 7 es de 7.7% y 2.1% respectivamente, estos valores están dentro del rango de 6-12% CC y 2-6% PMP para suelo arenoso descrito por Vásquez et al. (2017) y Monge (2018). Además, Losada (2005) corrobora en que los suelos arenosos se caracterizan por la baja capacidad de retención de agua. Según Pizarro (1996) y Fuentes y García (1999) esto obedece a la mayor presencia de macroporos en relación a los microporos.

4.1.2.2. Densidad aparente

La densidad aparente media obtenida del suelo es 1.3 g cm^{-3} (Tabla 2-4). Para Monge (2018) este valor está relacionada con la porosidad del suelo, es decir, a mayor porosidad (suelo textura arenosa) menor la densidad aparente, por lo tanto, se corrobora la densidad aparente obtenida tanto en laboratorio como en campo (Tabla 1-4 y 2-4).

Tabla 2-4: Parámetros físicos del suelo (Obtenidos en campo) importantes para el diseño agronómico del sistema de riego, módulo 7, Chingazos

Módulo 7	Capacidad de campo	Punto de marchitez permanente	Densidad aparente	Velocidad de Infiltración
	% (Θ_g)	% (Θ_g)	g cm^{-3}	mm h^{-1}
Zona baja	7.7	2.1	1.4	226.6
Zona media	7.9	2.1	1.4	193.9
Zona alta	7.7	2.1	1.3	50.0
Media	7.7	2.1	1.3	156.8

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

4.1.2.2. Velocidad de infiltración

En referencia a la velocidad de infiltración, Vásquez et al. (2017) y Monge (2018) indican valores entre 25 a 250 mm h^{-1} para suelo de textura arenosa, en este sentido, para el módulo 7 se obtuvo una media de 156.8 mm h^{-1} (Tabla 2-4 y Figura 2-4), por lo que está dentro del rango para suelo arenoso. Para Vargas y Céspedes (2019) este suelo no presenta problemas de encharcamiento o escorrentía superficial, sin embargo, puede existir pérdidas de nutrientes por el lavado (lixiviación), por lo que es necesario la selección adecuada del método de riego.

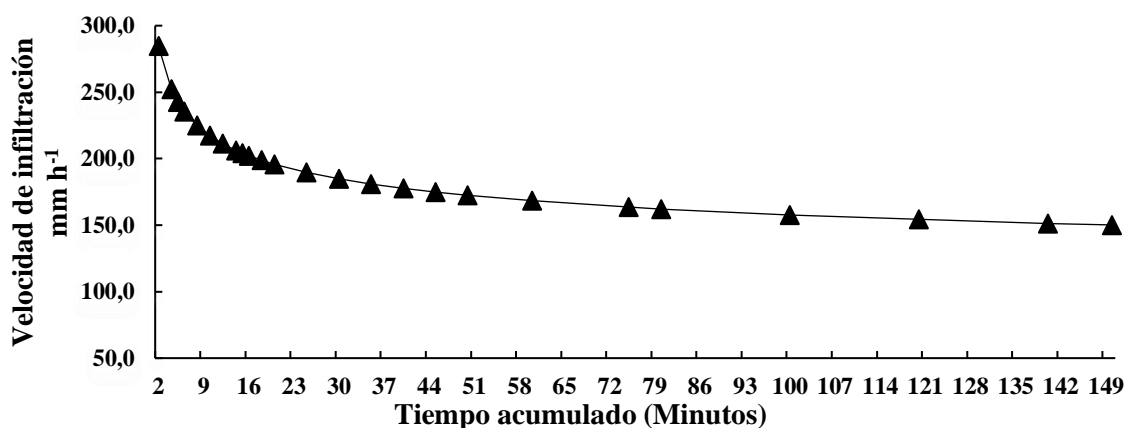


Figura 1-4: Curva de infiltración para el módulo 7 de la comunidad de Chingazos

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

4.2. Cultivo y necesidades totales de agua de riego

4.2.1. Patrón de cultivo

El área total del módulo 7 corresponde a 40.21 hectáreas, en tanto que el área neta para riego es 38.65 hectáreas. Los cultivos predominantes son: maíz, chocho, mora y limón, estos representan el 14.5% del área neta, mientras que, el 85.5% del área son lotes en descanso. El maíz es el principal cultivo con 4.92 hectáreas, mientras que, fresa, mora, chocho y limón suman 0.69 hectáreas (Figura 3-4).

Según GAD Chimborazo (2015), los cultivos que se siembran en el cantón Guano son: maíz, chocho, cítricos, tuna, durazno, uvilla, aguacate y alfalfa, información que se corrobora con el levantamiento de información del módulo 7.

La falta de agua y el sistema de riego, hace que los agricultores siembren el maíz y chocho en época de lluvia, mientras que, para los cultivos perennes como la fresa, mora y limón son regados con agua entubada o agua adquirida a través de los tanqueros.

4.2.2. Evapotranspiración y precipitación

Los datos de evapotranspiración y precipitación se obtuvieron a través de la interpolación (Inverse Distance Weighting IDW en GIS) de los datos meteorológicos de las estaciones M0243 Pungales y M0057 Riobamba aeropuerto (Figura 4-4).

Los valores mensuales de Eto obtenidos por el método de Thornwaite (Al Sudani, 2019; Pérez Cárdenas, 1997) es menor al de Penman-Monteith (Allen et al, 2006) (Tabla 3-4).

El método de Penman-Monteith requiere de más parámetros climáticos como: temperatura mínima y máxima, velocidad de viento, humedad relativa y radiación solar en relación al método de Thornthwaite, que únicamente interviene la temperatura (Quishpe, 2017). En este sentido, el primer método es el que más se ajusta a las condiciones agroclimáticas de Chingazo Bajo.

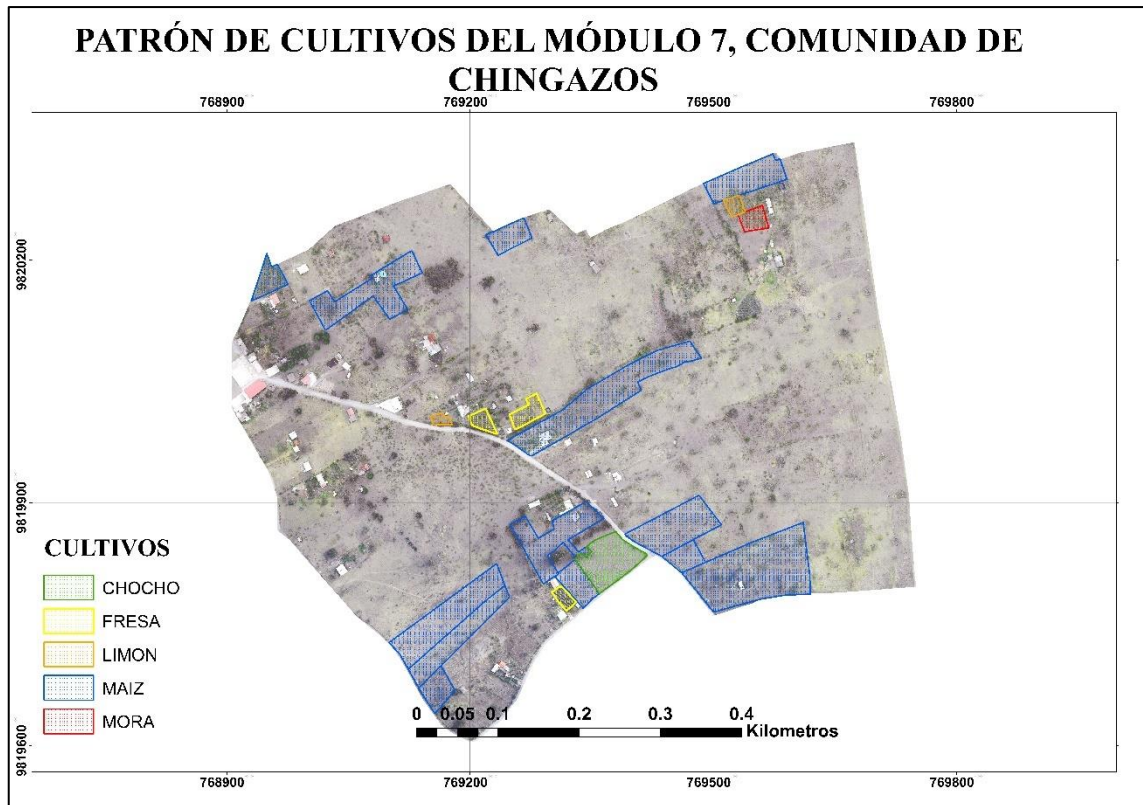


Figura 2-4: Patrón de cultivo del módulo 7 de la comunidad de Chingazos

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

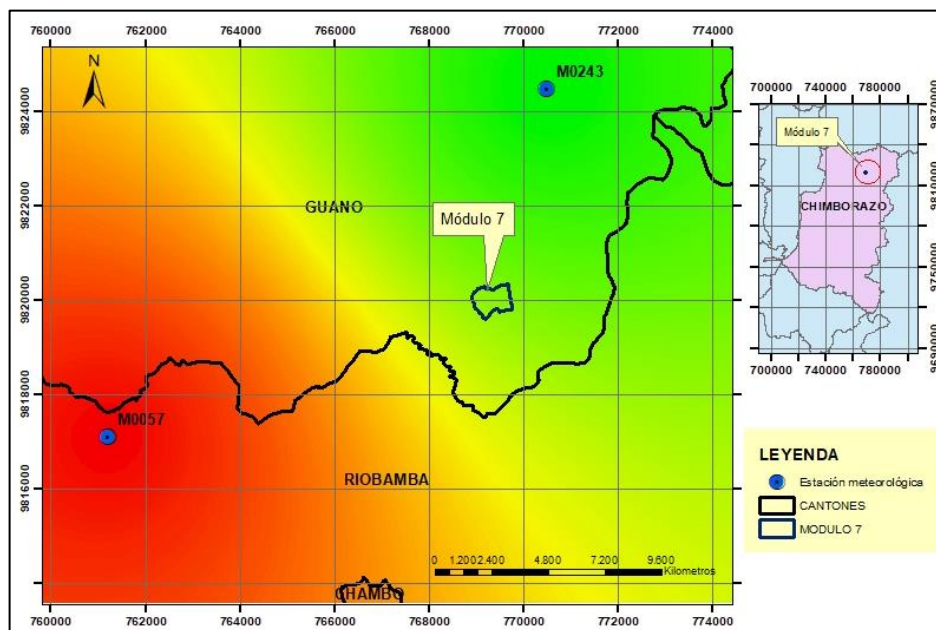


Figura 3-4: Interpolación de la Evapotranspiración (Eto) de los datos meteorológicos de las estaciones M0243 Pungales y M0045 Riobamba aeropuerto

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

Tabla 3-4: Determinación de la evapotranspiración de referencia (ET_o) y precipitación efectiva para el módulo 7, Chingazos

Mes	Evapotranspiración de referencia		Precipitación efectiva (mm mes ⁻¹)
	Thornthwaite	Penman-Monteith	
	(mm mes ⁻¹)		
Enero	61.50	131.74	19.20
Febrero	55.52	95.98	26.48
Marzo	61.08	116.91	35.70
Abril	59.13	104.79	43.10
Mayo	60.40	104.85	44.23
Junio	57.27	97.41	23.23
Julio	54.74	97.14	18.93
Agosto	55.82	109.75	12.93
Septiembre	56.61	113.35	18.03
Octubre	63.05	119.82	23.75
Noviembre	60.91	125.48	25.43
Diciembre	63.41	117.21	15.95

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

La precipitación acumulada es 306.96 mm anual, esto se obtuvo con la probabilidad del 60% de ocurrencia mediante la interpolación (Inverse Distance Weighting IDW). Mientras que la precipitación al 100 % de ocurrencia es 511 mm anual, valor que corrobora con las características climáticas de Chingazo Bajo.

4.2.3. *Coficiente del cultivo (K_c)*

Para obtener la curva del K_c se aplicó el método de Hargreaves según las fases de desarrollo de los cultivos encontrados en el módulo 7. Los valores de K_c para el cultivo de maíz se obtuvieron desde el mes de octubre y mayo por ser meses de siembra, para el chocho desde noviembre (Figura 5-4). Para los cultivos perennes como fresa, limón y mora se calculó a partir del mes de enero (Figura 6-4).

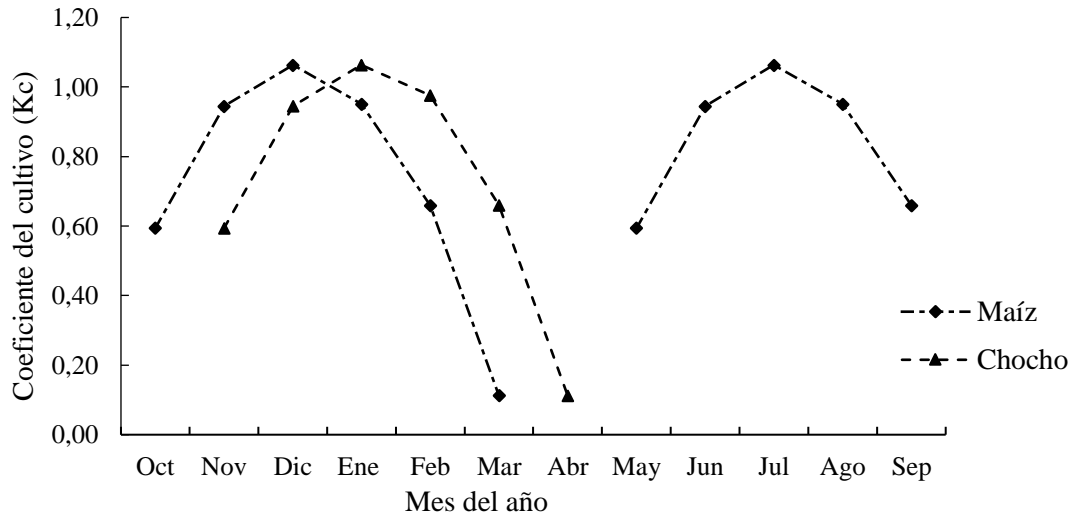


Figura 4-4: Curva del coeficiente del cultivo (Kc) del maíz y chocho para el módulo 7 de la comunidad de Chingazos

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

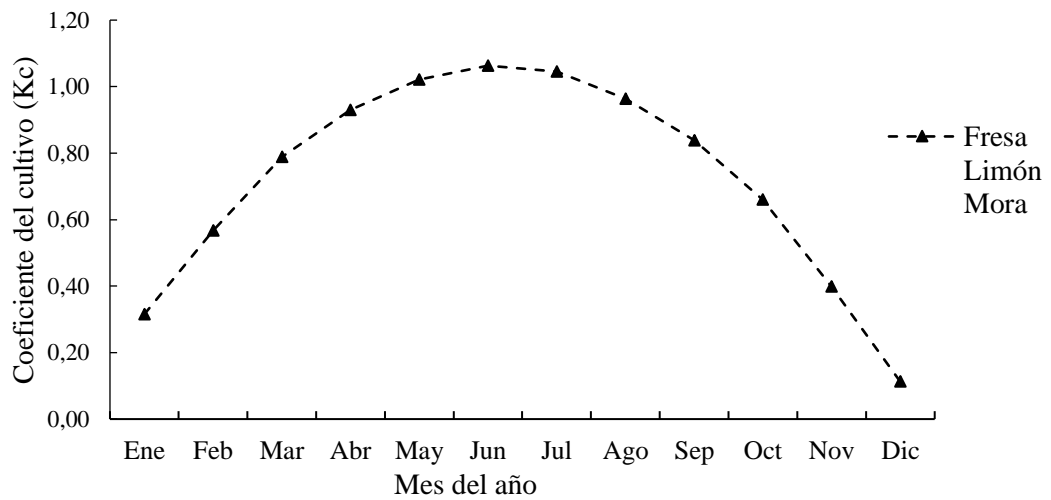


Figura 5-4: Curva del coeficiente del cultivo (Kc) de la fresa, limón y mora para el módulo 7 de la comunidad de Chingazos

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

Según Allen et al. (2006) los valores de Kc también dependen de los cambios de las condiciones climáticas y meteorológicas, en el caso de cultivo de poca altura el Kc es menor a los cultivos mayor tamaño y para estudios a nivel de planificación y para el diseño de sistemas de riego es necesario utilizar el Kc promediado en el tiempo.

Es así, para el cultivo de maíz y el chocho el Kc inicial es 0.59, Kc medio 1.06 y el Kc final 0.11, coincidiendo por ser del mismo ciclo fenológico. Mientras que, para los cultivos de mora, limón y fresa el Kc inicial es 0.32, Kc medio es 1.06 y el Kc final es 0.11.

4.2.4. Evapotranspiración del cultivo (ETc)

El Etc se obtuvo del producto entre ETo y el Kc (Allen et al., 2006). Para el módulo 7, se determinó para los cinco cultivos presentes: maíz, chocho, fresa, mora y limón (Tabla 4-4).

Los valores de Etc para los cultivos perennes (fresa, Mora y limón) son el mismo valor por considerar el mismo mes de siembra (enero), mientras que, para maíz y chocho difiere por el mes de siembra.

Tabla 4-4: Evapotranspiración del cultivo (Etc) de maíz, chocho, fresa, mora y limón para el módulo 7 de la comunidad de Chingazos.

Cultivo	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Maíz	71.2	118.5	124.6	125.3	63.3	13.1		62.3	92.0	103.3	104.4	74.8
Chocho	-	74.6	110.7	140.1	93.7	77.2	11.8	-	-	-	-	-
Fresa	79.1	50.0	13.2	41.6	54.4	92.1	97.5	107.1	103.5	101.5	105.8	94.9
Limón	79.1	50.0	13.2	41.6	54.4	92.1	97.5	107.1	103.5	101.5	105.8	94.9
Mora	79.1	50.0	13.2	41.6	54.4	92.1	97.5	107.1	103.5	101.5	105.8	94.9

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

4.2.5. Balance hídrico

Con respecto al balance hídrico para el módulo 7 de la comunidad de Chingazo Bajo (Figura 7-4), se determinó que en ningún mes del año se satisface las necesidades hídricas, a pesar que en los meses de febrero, marzo, abril y mayo existe mayor precipitación, sin embargo, es menor a la ETo calculada por el método Thornwaite y Penman-Monteith.

Por otra parte, en los meses secos la evapotranspiración del cultivo es mayor y menor tasa de precipitación, por lo que, para Vargas y Céspedes (2019) la actividad agrícola es limitada en estas condiciones.

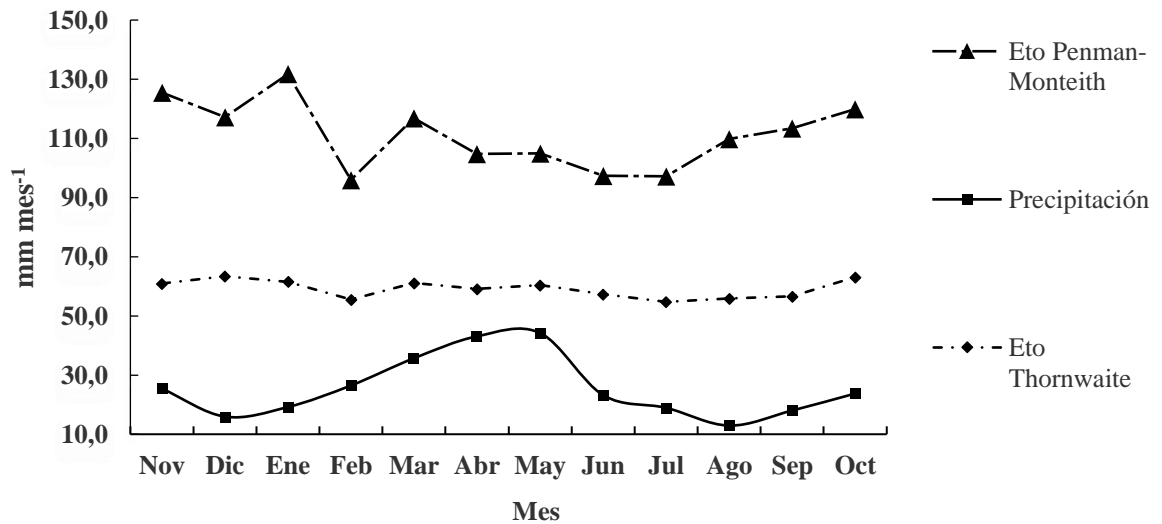


Figura 6-4: Balance hídrico para el módulo 7, comunidad de Chingazos determinado por Thornwaite y Penman-Monteith

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

4.2.6. Necesidad Neta

Las necesidades netas (Tabla 5-4, Figura 8-4) para el módulo 7 se obtuvo para cada cultivo. El mes crítico que demanda mayor lámina de riego es enero con 2.69 mm día^{-1} , mientras que el mes con menor demanda es abril con 0.87 mm día^{-1} , valores que están relacionados con la presencia de precipitaciones y el estado fenológico de los cultivos.

Tabla 5-4: Necesidad Neta y caudal ficticio para el módulo 7, comuna Chingazos.

Cultivo	MES											
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Maíz	1.53	3.10	3.51	3.42	1.32	-0.73	-1.44	0.58	2.29	2.72	2.95	1.89
Fresa	1.78	0.82	-0.09	0.72	1.00	1.82	1.81	2.03	2.68	2.66	3.00	2.56
Chocho	-0.77	1.64	3.06	3.90	2.40	1.34	-1.04	-1.43	-0.77	-0.61	-0.42	-0.60
Limón	1.78	0.82	-0.09	0.72	1.00	1.82	1.81	2.03	2.68	2.66	3.00	2.56
Mora	1.78	0.82	-0.09	0.72	1.00	1.82	1.81	2.03	2.68	2.66	3.00	2.56
Media ponderada mm día^{-1}	1.37	2.41	2.56	2.69	1.13	0.27	0.87	0.69	2.13	2.46	2.71	1.81
Caudal ficticio continuo $\text{l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$	0.16	0.28	0.30	0.31	0.13	-0.03	-0.10	0.08	0.25	0.28	0.31	0.21

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

La necesidad total se trabajó con la eficiencia de riego de 85% para el método de riego de micro aspersión. Para el mes de enero, el ajuste de la lámina de agua es 3.29 mm día^{-1} . Mientras que, el mes de menor requerimiento es marzo con 0.30 mm día^{-1} . El caudal ficticio continuo es $0.31 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$.

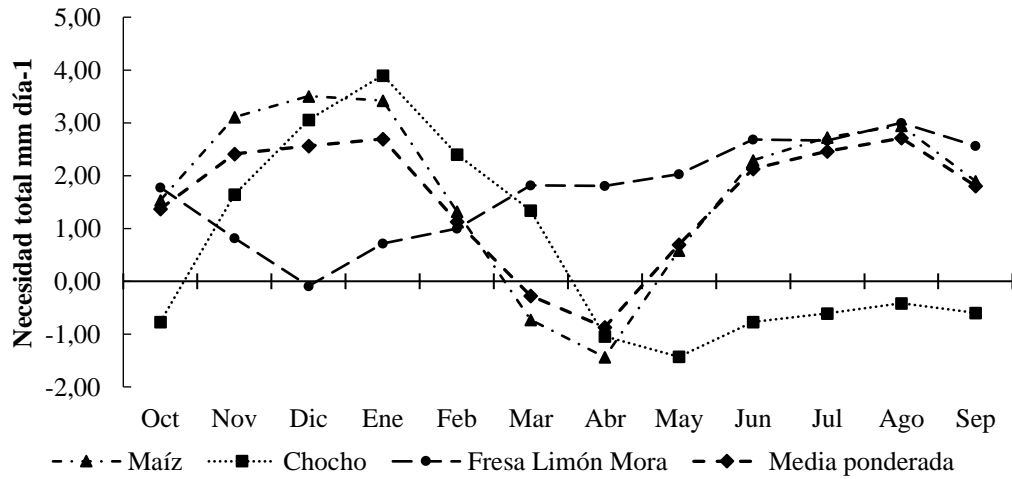


Figura 7-4: Necesidades totales (mm día-1) para los cinco cultivos del módulo 7, comunidad de Chingazos

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

4.2.7. Selección de cultivo

Se seleccionó el cultivo con base a los requerimientos edafoclimáticos de aguacate proporcionado en la literatura.

Varios autores mencionan la importancia del rango de temperatura para este cultivo, varías desde los 14 °C hasta los 24 °C (León, 1999; Alfonso 2008; Villavicencio y Vásquez, 2008; INTAGRI, 2019; Bhore et al., 2021).

El aguacate crece de mejor manera en suelos de textura media (francos, francos arenosos) con pH entre 5.5 a 7.0 y profundidad hasta 1 m. (Alfonso 2008; Villavicencio y Vásquez, 2008; INTAGRI, 2019; Bhore et al., 2021).

Por lo tanto, las condiciones edafoclimáticas para el cultivo de aguacate si entran en los rangos de temperatura y suelo del módulo 7.

Además, en los últimos años el aguacate ha tomado importancia para la exportación, es así, los mercados potenciales están en Europa, Estado Unidos y Colombia (Luna y Rodríguez, 2022).

4.2.8. Profundidad radicular

La profundidad radicular de los cultivos registrado del módulo 7 (Tabla 6-4), se determinó con base a la recomendación de Allen et al. (2006). Sin embargo, la determinación de la Dosis bruta se trabajó con la profundidad radicular del cultivo seleccionado (aguacate).

El sistema radicular del aguacate tiene un patrón de crecimiento horizontal, por lo tanto, Alfonso (2008) corrobora en que las raíces se concentran en los primeros 600 milímetros de profundidad del suelo.

4.2.9. Lámina bruta

Se utilizó los valores medios de capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente (Tabla 2-4) en la ecuación de dosis neta [6]. Además, la profundidad radicular (Z), el factor de secamiento (fc) y la eficiencia de riego. Se consideró los siguientes valores: 0.60 m (Z), 0.45 (fc) y 85% (eficiencia de riego).

$$L_n \text{ (mm)} = \frac{(7.7 - 2.1)}{100} \times 1.3 \times 600 \text{ mm}$$

$$L_n = 43.68 \text{ mm}$$

$$L_b \text{ (mm)} = \frac{0.45 \times 43.68 \text{ mm}}{0.85}$$

$$L_b = 23.12 \text{ mm}$$

La lamina de 23.12 mm indica que es la cantidad de agua necesario para pasar de punto de marchitez permanente a capacidad de campo hasta una profundidad de 0.60 m. ζ

Tabla 6-4: Profundidad radicular de maíz, chocho, fresa, mora y limón para el módulo 7 de la comunidad de Chingazos

Cultivo	Profundidad (mm)
Maíz	1000 - 1700
Chocho	450 - 500
Fresa	200 - 300
Mora	600 - 1200
Limón	800 - 1500
Aguacate	1000 - 1500

Fuente: Alfonso, (2008); Allen et al., (2006).

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

4.2.10. Selección del emisor

La selección del emisor se basó en el tipo de cultivo, en este caso es aguacate. Según Guzmán (2021) en su estudio concluyó que, el mejor sistema de riego para aguacate es microaspersión.

El emisor seleccionado es Mini-Wobbler (Senniger), este emisor presenta la siguiente característica:

- Por el tamaño de las gotas de agua, hay baja pérdida por evaporación.
- Alcance multinivel: 10°
- Caudales: de 0.42 a 2.18 gpm (95 a 495 L/h)
- Presiones de funcionamiento: de 15 a 25 psi (1.03 a 1.72 bar)
- Conexión: 1/2" NPT macho

La boquilla seleccionada es Mini-Wobbler, Boquilla #6 - Dorada (3/32") de ángulo medio, de presión de operación de 1.4 atmósferas, caudal de 250 l h⁻¹ (0.07 l s⁻¹), de diámetro húmedo de 11 m.

La pluviometría del Mini-Wobbler se determinó para la velocidad de viento mayor a 6 m s⁻¹, en este sentido, el solapé del emisor se determinó para el 50% del diámetro húmedo.

La pluviometría obtenida es de 6.94 m h⁻¹ (Tabla 7-4), este valor, es menor a la velocidad de infiltración (156.8 mm h⁻¹), por lo tanto, el emisor presenta las características apropiadas para el diseño.

Tabla 7-4: Parámetros para determinar la pluviometría del micro aspersor Mini-Wobbler, para el diseño parcelario del módulo 7, Chingazos

Parámetros	Valor	Unidad
Caudal del aspersor	250	l h ⁻¹
Diámetro húmedo	11	m
Separación entre aspersores calculada	5,5	m
Separación entre aspersores corregida	6	m
Separación entre laterales	6	m
Pluviometría del emisor	6,94	mm h ⁻¹

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

Las características de trabajo del emisor Mini-Wobbler, Boquilla #6 (separación entre aspersores, presión de trabajo) y la velocidad del viento, se determinó que la uniformidad de distribución es 91.69%, mientras que el coeficiente de uniformidad de Christiansen es 94.61 % (Figura 9-4).

Loaiza, (2021) indica que el valor mínimo de uniformidad de distribución (DU) aceptable es de 79%, mientras que, el valor de coeficiente de uniformidad de Christiansen (CU) no debe de ser inferior a 88%, valores menores representa un desperdicio de agua, creando zonas de exceso y de deficiencia dentro del área de riego.

Por lo tanto, el emisor Mini-Wobbler, Boquilla # 6 si esta sobre los rangos recomendado por Loaiza, (2021).

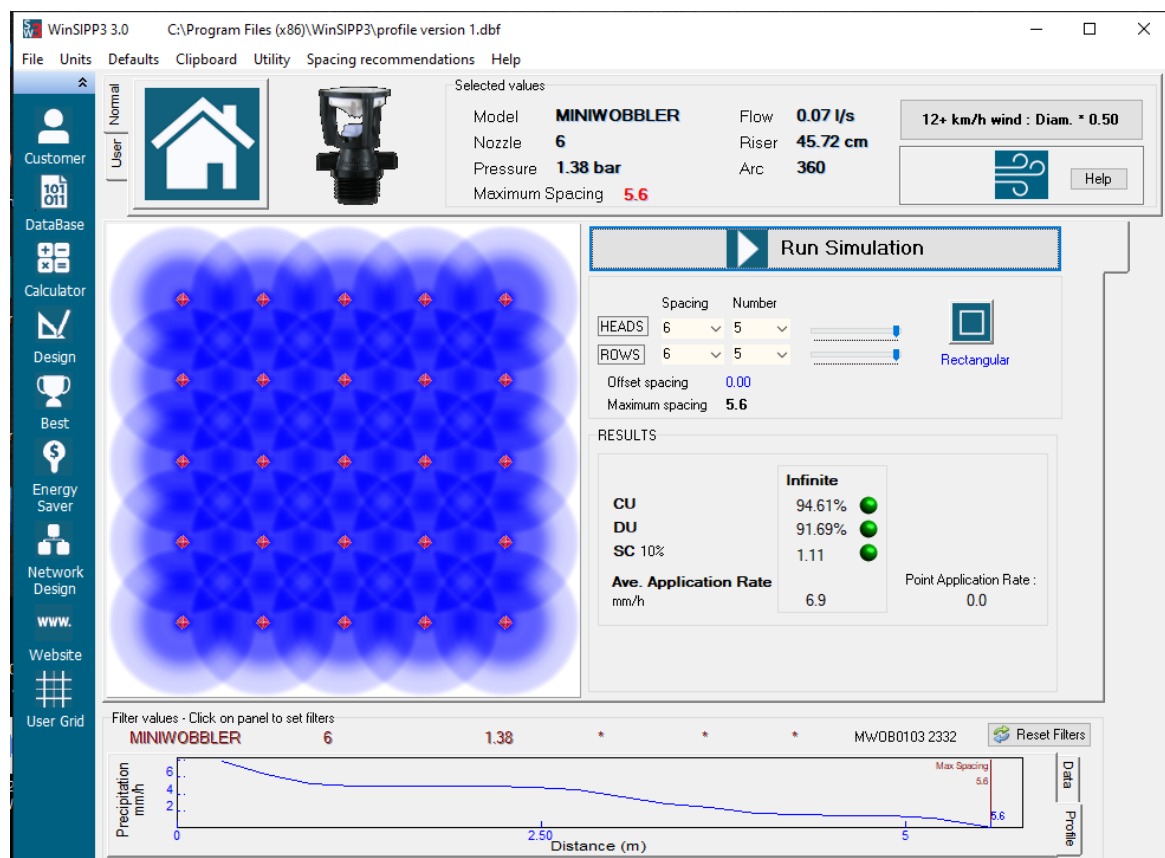


Figura 8-4: Uniformidad de distribución (DU) y coeficiente de uniformidad de Christiansen (CU) realizado en WinSPP3 3.0

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

4.2.11. Frecuencia y tiempo de riego

Para el módulo 7 la frecuencia de riego calculada con las especificaciones de emisor y la lámina bruta es de siete días, es decir, el riego se debe realizar cada siete días. Por otro lado, el tiempo de

riego calculado según la lámina bruta y la precipitación horaria del emisor es de tres horas (Tabla 8-4). Por lo tanto, el riego se realizaría por un tiempo de tres horas cada siete días.

4.3. Estudio agroeconómico

4.3.1. Encuestas socio económicas

El número de encuestados para el módulo 7 se realizó con base al cálculo de la muestra de poblaciones finitas del total de la población de Chingazo Bajo y Chingazo Alto (572), aplicando la ecuación 9 se obtuvo 20 encuestas por módulo. Los datos obtenidos se describen a continuación:

Para el módulo 7, el 80 % de los encuestados indicaron pertenecer a una organización comunitaria y el 20% a ninguna organización. El 55% de la población son mujeres y 45% son hombres.

El 18% de la población económicamente activa perciben ingresos económicos mensuales menor a 100 USD, mientras que, un 24% perciben ingresos entre 101 USD y 425 USD, el 33% entre 426 USD a 550 USD, y el 24% superiores a 551 USD (Figura 10-4).

Tabla 8-4: Tiempo de riego e intervalo de riego para el módulo 7 de la comunidad de Chingazos

Parámetros	Formula	Valor	Unidad
Lamina Neta	-	43.68	mm
Umbral de riego	-	0.45	
Lámina de agua rápidamente aprovechable	Lamina neta * umbral de riego	19.66	mm
Lamina bruta de riego	-	23.12	mm
Necesidades netas de riego	-	2.69	mm día ⁻¹
Precipitación horaria del aspersor	-	6.94	mm h ⁻¹
Frecuencia de riego	Lámina de agua rápidamente aprovechable/ Necesidades netas de riego	7.0	días
Tiempo de riego	Lámina bruta de riego / Precipitación horaria del aspersor	3.0	horas

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

La edad de la población del módulo 7 está distribuida de la siguiente manera: el 11% se ubican entre las edades de 0 a 12 años, el 18% entre 13 a 30 años, el 28% de la población se concentra entre las edades de 31 a 60 años, y el 18% están entre los mayores a 61 años (Figura 11-4). Además, el 11% de la población presenta alguna discapacidad.

Quito es la ciudad de mayor acogida de la gente que trabaja fuera de su comuna (39%), seguido por Riobamba (17%), Guayaquil (13%) e Ibarra (9%), el 20% restante se distribuyen en las ciudades de Milagro, Santa Elena, Puyo y Santo Domingo.

La jornada laboral está representada por el número de días que se dedican al trabajo, en este sentido, el 21% se dedican al trabajo entre 1 a 4 días por semana, mientras que, el 79% trabajan entre 5 a 7 días por semana.

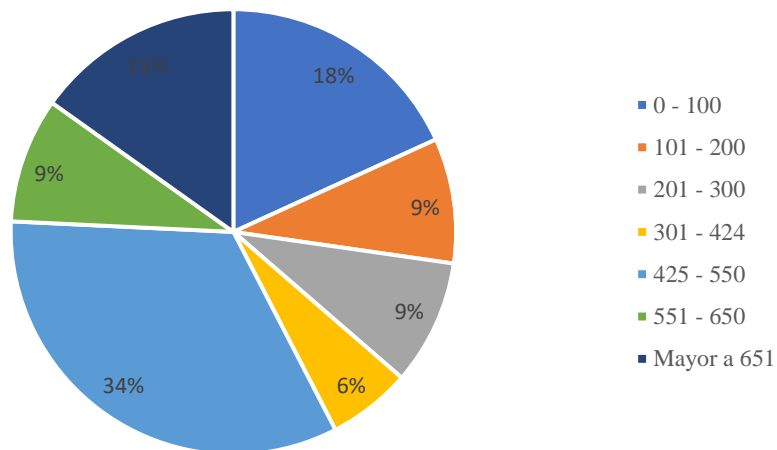


Gráfico 1-4: Ingreso mensual en dólares de la población del módulo 7

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

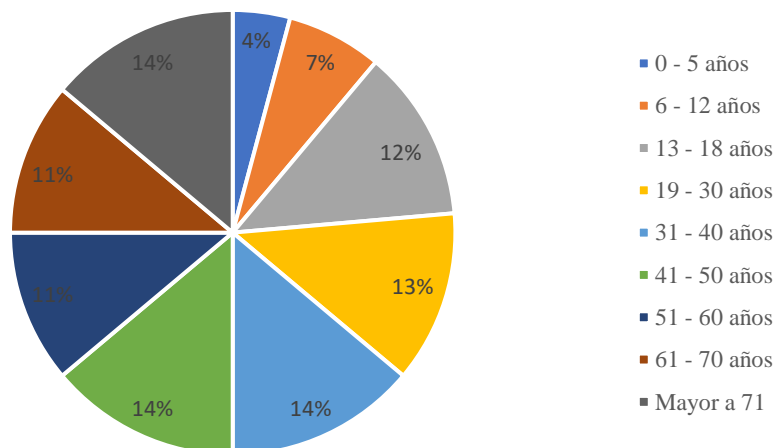


Gráfico 2-4: Distribución de la población del módulo 7 según la edad

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

El 73% de los encuestados mencionan que viven en casa propia, el 7% en cuartos de arriendo y el 20% en otros. El 83% de las viviendas son construidas con ladrillo y bloque, mientras que, el 17% son de otro material. El 83% de las viviendas tienen entre 1 a 3 cuartos, mientras que, el 17% tienen más de 4 cuartos.

En cuanto a la disponibilidad de servicios básicos, el 77% indico que el agua de consumo humano es por agua entubada, mientras que, el 17% indicaron que se abastecen de otras fuentes.

El 83% de los encuestados indican que dispone de energía eléctrica y el 27% no lo tiene.

En cuanto al servicio higiénico, el 73% de los encuestados manifestaron que los baños lo tienen dentro y fuera de la vivienda, mientras que, el 27% no disponen de este servicio. La evacuación de la excreta se lo realiza en pozo séptico (67%), letrina (3%), tubería a quebrada (3%) y otros medios (27%). El 60% de la población hace uso del gas para la preparación de los alimentos, sin embargo, el 20% lo hace con leña y el otro 20% por otros medios.

En cuanto a la tenencia de la tierra, el 97% de los predios son propios y el 3% es arrendado. En el caso del uso del suelo, el 70% se destina para cultivo transitorio, el 23% para cultivo permanente, mientras que, el 13% es suelo en descanso, el 7% en barbecho y el 3% está distribuido para pasto natural, corral y otros usos.

El 87% no realizan el riego y 13% si lo hacen. El riego lo realizan mediante la compra de agua en tanqueros (75%) y del río y/o vertiente (25%). El riego se lo realiza por aspersión (50%), gravedad (25%) y otro (25%).

En cuanto al aporte económico, el 63% aportan económicamente y el 27% no lo hacen. El aporte es anual y eventual con valores mayores a 10 USD.

4.3.2. Evaluación financiera

La evaluación financiera del proyecto se lo realizó para los cultivos que existen en el módulo 7 y adicional al cultivo seleccionado, en este caso el aguacate. El método de riego es por microaspersión, método que garantiza el 85% de eficiencia y es aplicable a cultivos transitorios como a permanentes. Además, el diseño se puede ajustar al método de riego por goteo.

4.3.2.1. Costos de producción

Los costos de producción sin proyecto para el módulo 7 son bajos (Tabla 8-4), la causa de esto es la falta de agua de riego y la falta de tecnología en el manejo de los cultivos. Según el Zambrano et al., (2021) el costo de producción de maíz en estado de choclo bordea los 2 520.90 USD ha⁻¹. Mientras que, el MAG (2020) indica que los costos de producción de mora y fresa bordea los 7 000 y 12 000 USD ha⁻¹ respectivamente. Para el chocho se reporta un costo de producción de 1 366.30 USD ha⁻¹ (Peralta et al. 2012).

Tabla 9-4: Costos de reducción por hectárea sin proyecto de los cultivos presentes en el módulo 7 de la comunidad de Chingazos

Cultivo	Área cultivada (ha)	Costo unitario (USD ha ⁻¹)	Costo Total (USD)
Maíz	4.92	653.25	3 211.14
Chocho	0.35	611.30	212.62
Fresa	0.19	3 622.84	698.02
Limón	0.07	1 956.69	138.75
Mora	0.08	1 921.00	152.94
Total	5.61	8 765.08	4 413.47

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

Con base a los costos de producción, rendimiento y precio de producto se determinó la utilidad bruta y neta para el módulo 7 antes de la implementación de riego. La utilidad neta es 3 876.24 USD de los cultivos maíz, chocho, fresa, limón y mora (Tabla 10-4).

Esto quiere decir que a nivel familiar (30 familias del módulo 7) el ingreso anual es de 92.00 USD. Esto indica que la agricultura es una actividad que no genera un ingreso adecuado en la zona, así, el cultivo de chocho presenta la utilidad neta en negativo, mientras que, la fresa genera más utilidad.

El costo de producción con proyecto (Tabla 11-4) se estimó con un incremento del 5% al costo sin proyecto. Esto indica que, al haber riego, hay mayor inversión para el manejo de los cultivos, tanto en insumos como en maquinaria o equipos. Sin embargo, los costos de los diferentes rubros aún son menores a los reportados por Zambrano et al., (2021), MAG (2020) y Peralta et al., (2012).

La utilidad bruta y neta con proyecto haciende a 73 046.36 USD (Tabla 12-4), debido a que la productividad de los cultivos de maíz, chocho, fresa, limón y mora se proyecta mayor producción,

además, se considera al cultivo de aguacate. Esto da oportunidad a que la familia perciba un ingreso anual de 1 739.20 USD.

Tabla 10-4: Utilidad agrícola sin proyecto del módulo 7 de la comunidad de Chingazos

Cultivo	Producción (Mg)	Precio del producto (USD Mg ⁻¹)	Utilidad Bruta (USD)	Costo Total (USD)	Utilidad Neta (USD)
Maíz	5.90	700.00	4 129.14	3 211.14	918.00
Chocho	0.06	1 900.00	118.95	212.62	-93.67
Fresa	2.08	1 600.00	3 323.18	698.02	2 625.17
Limón	0.56	570.00	321.01	138.75	182.26
Mora	0.23	1 760.00	397.43	152.94	244.49
Total			8 289.71	4 413.47	3 876.24
Utilidad familiar (USD/Familia/año)					92.00

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

Tabla 11-4: Costos de producción por hectárea con proyecto de los cultivos presentes en el módulo 7 de la comunidad de Chingazos

Cultivo	Área cultivada (ha)	Costo unitario (USD ha ⁻¹)	Costo Total (USD)
Maíz	4.92	692.15	3 402.36
Chocho	0.35	645.60	224.55
Fresa	0.19	3 803.99	732.92
Limón	0.07	2 054.52	145.69
Mora	0.08	2 017.05	160.58
Aguacate	33.04	15 200.00	502 258.90
Total	38.65	24 413.31	506 925.00

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

Tabla 12-4: Utilidad agrícola con proyecto del módulo 7 de la comunidad de Chingazos

Cultivo	Producción (Mg)	Precio del producto (USD Mg ⁻¹)	Utilidad Bruta (USD)	Costo Total (USD)	Utilidad Neta (USD)
Maíz	8.85	700.00	6 193.71	3 402.36	2 791.35
Chocho	0.70	1 900.00	1 321.70	224.55	1 097.15
Fresa	2.27	1 600.00	3 625.29	732.92	2 892.37
Limón	0.66	570.00	378.33	145.69	232.64
Mora	0.25	1 760.00	437.17	160.58	276.59
Aguacate	297.39	1 910.00	568 015.17	502 258.90	65 756.26
Total			579 971.37	506 925.00	73 046.36
Utilidad familiar (USD/Familia/año)					1 739.20

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

4.3.2.2. Valor actual neto VAN

El Valor Actual Neto (VAN) es de USD 181 377 (Tabla 13-4), esto indica, el dinero que se gana con el proyecto, después de recuperar la inversión (10 años) (Vega, 2021).

4.3.2.3. Tasa Interna de Retorno

El TIR mide la rentabilidad como porcentaje y es la tasa de descuento por la cual el VAN se hace cero. Para el módulo 7, el valor del TIR es de 27.10% mayor a la tasa de descuento (12%) (Tabla 13-4), por lo tanto, el proyecto es viable (Vega, 2021).

4.3.2.4. Relación Beneficio costos B/C

La relación beneficio-costos es de 1.05 es decir, por cada dólar invertido genera 0.05 dólares de ganancia (Tabla 13-4) (Vega, 2021).

4.3.2.5. Periodo de retorno de la inversión (PRI)

El Período de Retorno de la Inversión (PRI) es de 5.016 años (Tabla 14-4), por lo tanto, es un tiempo aceptable para recuperar la inversión en un tiempo de 10 años. La madurez del proyecto es a los tres años, por tal razón, los máximos beneficios se alcanzan en este tiempo (Vega, 2021).

Tabla 13-4: Análisis de tasa interna de retorno (TIR), valor actual neto (VAN) y beneficio costo (B/C) para el módulo 7 de la comunidad de Chingazos

Flujo del proyecto	Años										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos Agrícolas		142 920.41	428 761.24	571 681.66	571 681.66	571 681.66	571 681.66	571 681.66	571 681.66	571 681.66	571 681.66
Egresos Agrícolas		125 627.88	376 883.65	502 511.54	502 511.54	502 511.54	502 511.54	502 511.54	502 511.54	502 511.54	502 511.54
Depreciación obra civil		19 280	19 280	19 280	19 280	19 280	19 280	19 280	19 280	19 280	19 280
Utilidad antes de impuestos.		36 572	71 157	88 450	88 450	88 450	88 450	88 450	88 450	88 450	88 450
Utilidad neta		36 572	71 157	88 450	88 450	88 450	88 450	88 450	88 450	88 450	88 450
Depreciación obra civil		19 280	19 280	19 280	19 280	19 280	19 280	19 280	19 280	19 280	19 280
Infraestructura Parcelaria	192 797.67										
Valor de desecho											134.958.37
Flujo del proyecto	192 797.67	17 293	51 878	69 170	69 170	69 170	69 170	69 170	69 170	69 170	204 128
Tasa interna de retorno (TIR)											27.10%
Valor actual neto (VAN USD)											181 377
Beneficio/Costo (B/C)											1.05

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

Tabla 14-4: Período de Retorno de la Inversión

	Años										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo de caja		17 293	51 878	69 170	69 170	69 170	69 170	69 170	69 170	69 170	204 128
Factor de descuento		1.12	1.25	1.40	1.57	1.76	1.97	2.21	2.48	2.77	3.11
Flujo descontado (12%)		15 439.76	41 356.50	49 233.93	43 958.86	39 248.98	35 043.74	31 289.05	27 936.65	24 943.44	65 723.91
Flujo descontado acumulado		15 439.76	56 796.26	106 030.18	149 989.04	189 238.03	224 281.76	255 570.81	283 507.46	308 450.90	374 174.81
Inversión	192 798										
Costo recuperado	189 238.03										
Saldo costo	3 559.64										
Flujo siguiente	224 281.76										
Índice CPR/FS	0.016										
PRI-años	5.016										

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

4.4. Presupuesto

El presupuesto se obtuvo después de concluir con el diseño parcelario, para lo cual es importante contar con información del emisor, catastro del módulo y las curvas de nivel.

CAPÍTULO V

5. PROPUESTA

5.1. Diseño hidráulico parcelario

En primera instancia se validó el catastro, donde se identificó la cantidad de 160 unidades productivas con sus respectivos linderos, áreas y propietarios aptos para riego (Figura 9-5, Anexo H).

El diseño parcelario se realizó en el software Irricad 20.22.06 (Figura 13-4), para lo cual se usó las curvas a nivel a un metro (obtenido de ortofoto), catastro y las características del emisor.

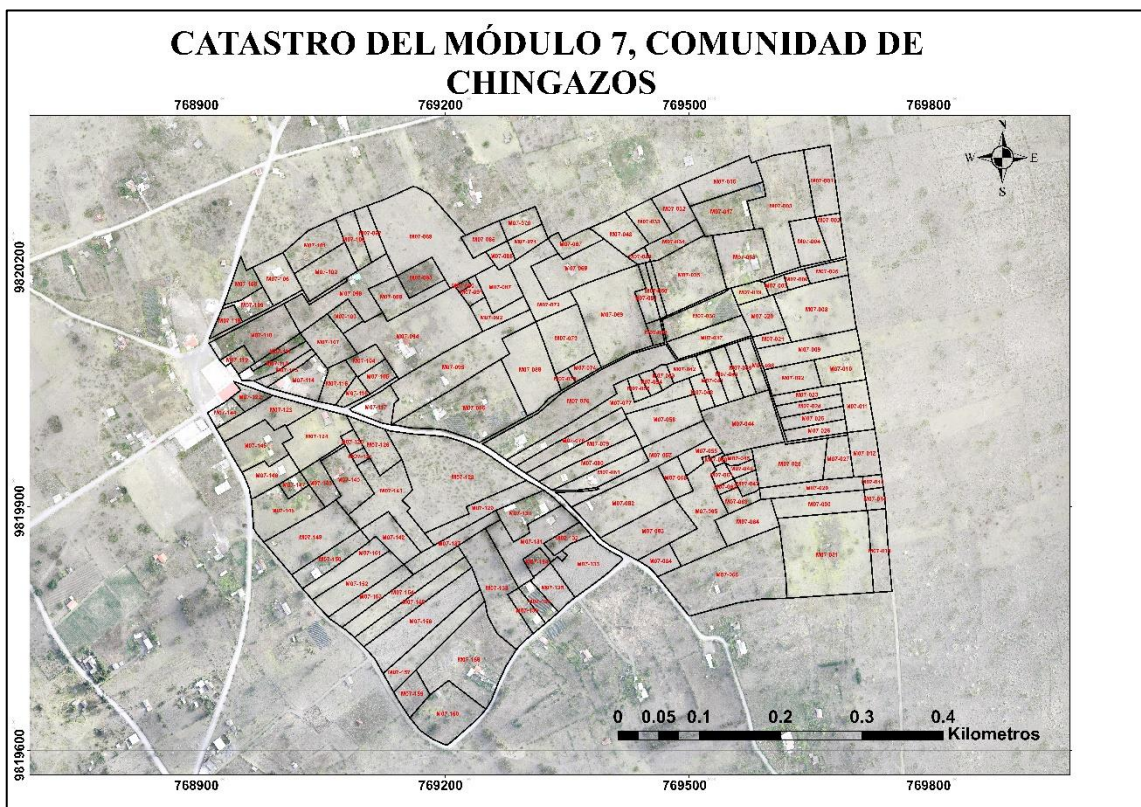


Figura 1-5: Catastro del módulo 7, comuna de Chingazos

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

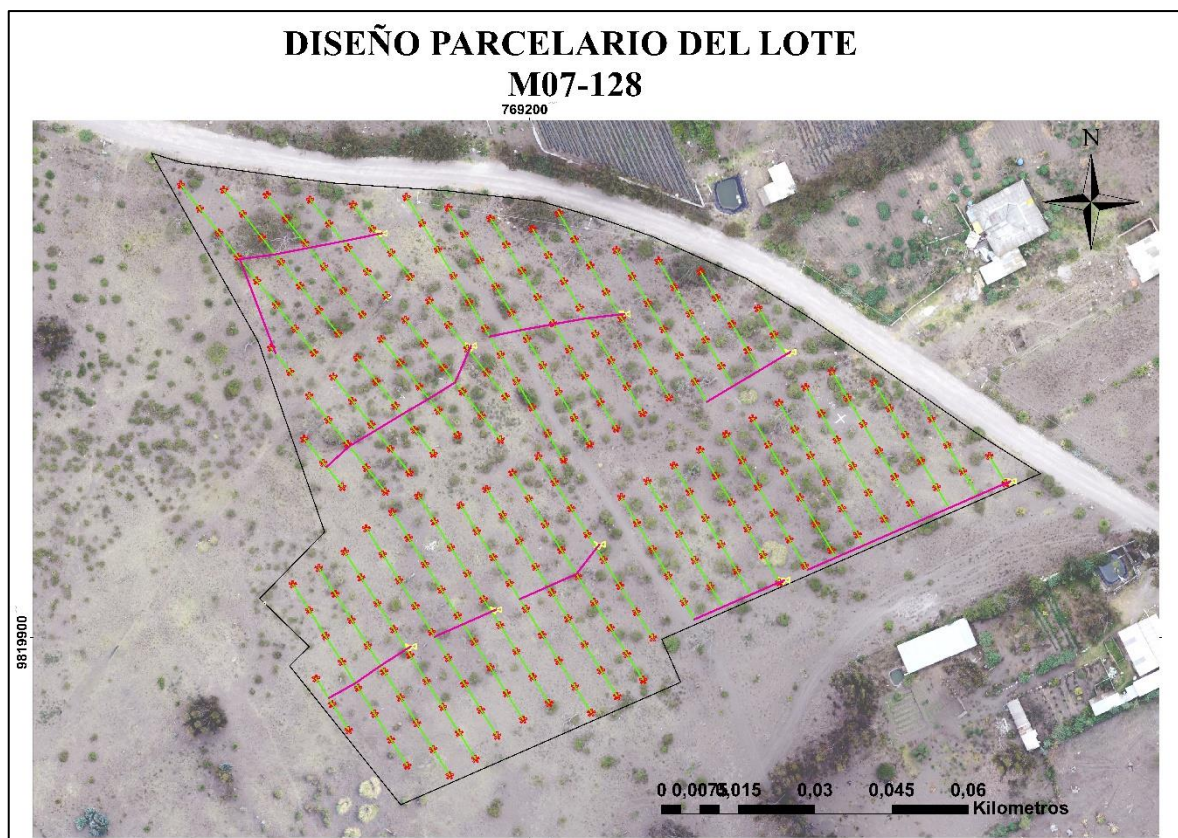


Figura 2-5: Diseño parcelario del módulo 7, comunidad de Chingazos

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

5.1.1. Lista de materiales

Con el diseño parcelario se obtuvo los materiales necesarios para la instalación, además, los costos de inversión.

En la Tabla 15-4 y Anexo 9 se detalla la cantidad de materiales y el costo de instalación respectivamente. El valor de los materiales asciende a 137 891.97 USD, mientras que el valor total para la implementación es 192 797.67 USD, esto indica, que el 71.5% del valor total está relacionado al costo de los materiales, mientras que, el 28.5% se relaciona al servicio de instalación. El valor por hectárea es USD 4 988.29.

Tabla 15-4: Lista de materiales del diseño parcelario del módulo 7, Chingazos

Materiales	Unidad	Cantidad	Precio unitario (USD)	Subtotal (USD)
Válvula Plasson 1 "	U	55	9.00	495.00
Válvula Plasson 1 1/2"	U	285	29.00	8 265.00
Válvula Reguladora en línea 32 mm 1.4 bar	U	55	20.00	1 100.00
Válvula Reguladora en línea 50 mm 1.4 bar	U	285	50.00	14 250.00
Tubería PVC EC 50 mm x 0.63Mpa	m	1 157	1.35	1 561.41
Tubería PVC EC 32 mm x 0.80Mpa	m	3 328	0.80	2 662.32
Tubería PVC EC 25 mm x 1.25Mpa	m	54 438	0.80	43 550.64
Tubería PVC EC 40 mm x 0.80Mpa	m	2 756	0.99	2728.54
Tubería PVC EC 20 mm x 0.8Mpa	m	9 718	0.70	6 802.60
Tee red PVC INY EC 32 a 25 mm PG	U	740	1.25	925.00
Tee red PVC INY EC 40 a 25mm PG	U	839	1.85	1552,15
Tee red PVC INY EC 50 a 25mm PG	U	386	2.00	772.00
Tee red PVC INY EC 25 a 20mm PG	U	6 766	1.00	6 766.00
Tee PVC INY EC 32mm PG	U	14	0.90	12.60
Tee PVC INY EC 25mm PG	U	682	0.53	361.46
Red PVC INY LARGO CC 50 a 40mm	U	202	1.64	331.28
Red PVC INY BUJE EC 40 a 32 mm PG	U	271	1.85	501.35
Red PVC INY BUJE EC 32 a 25mm PG	U	345	1.25	431.25
Red PVC INY BUJE EC 25 a 20 mm PG	U	6 766	1.00	6 766.00
Codo PVC INY EC 50mm X 90° PG	U	21	1.05	22.05
Codo PVC INY EC 40mm X 90° PG	U	55	0.45	24.75
Codo PVC INY EC 32mm X 90° PG	U	41	0.39	15.99
Codo PVC INY EC 25mm X 90° PG	U	242	0.39	94.38
Adaptador hembra de 20mm x 1/2"	U	9 718	0.40	3 887.20
Mini-Wobbler, Boquilla # 6	U	9 718	3.50	34 013.00
Total				137 891.97

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

CONCLUSIONES

Las características físico y química del suelo para el módulo 7 de la comunidad de Chingazos es: textura arenosa (arena 88%, limo 10%, arcilla 2%), presenta bajos niveles de nitrógeno, fosforo y potasio. Mientras que, presenta nivel medio de calcio y niveles altos de magnesio. Los micro nutrientes como: cobre, zinc y manganeso se encuentran en niveles bajos. Mientras que, los parámetros físicos de importancia para riego son: capacidad de campo 7.7 %, punto de marchitez permanente 2.1%, densidad aparente 1.3 g cm^{-3} y velocidad de infiltración de 156.8 mm h^{-1} .

El principal cultivo del módulo 7 es el maíz, seguido por chocho, fresa, limón y mora. Con base a las condiciones edafoclimaticas, se determinó que el cultivo de aguacate es el idóneo, además, por ser un cultivo de importancia para la exportación. Para estos cultivos la necesidad neta calculada es de 2.69 mm día^{-1} , la lámina bruta es 23.12 mm. Los riegos se realizarán cada siete días por tres horas.

El estudio agroeconómico determinó que el 73% tienen casa propia, el 7% viven en cuartos de arriendo, la mayoría de las viviendas son construidas con ladrillo y bloque (83%). En cuanto a los servicios básicos, el 77% de los hogares tiene agua entubada, el 83% tienen energía eléctrica y el 73% disponen de servicio higiénico con evacuación de excretas en pozo séptico (67%). Además, el 18% de la población económicamente activa percibe ingreso económico mensuales menores a 100 USD, el 24% entre 101 USD a 425 USD y el 57% mayor a 425 USD. Las ciudades de acogida para el trabajo están Quito, Guayaquil, Riobamba e Ibarra.

El 97% de las unidades productiva son propios de la población, mientras que el 3 % son arrendas. En cuanto al riego, el 87% no realizan riego y el 13% si lo hacen. El agua para riego es abastecida por tanqueros (75%) y aplicados por aspersión (50%), gravedad (25%) y otros métodos (25%).

El estudio agroeconómico demanda la implementación de cultivo promisorio (aguacate) para la generación de recursos con la tecnificación de riego (microaspersión), porque permitirá mejorar el ingreso familiar de 92.00USD hasta 1 739.20 USD anuales. Los indicadores financieros demuestran viabilidad del proyecto a 10 años de evaluación a una tasa de descuento del 12%, los mismos que son VAN 181 377, TIR del 27.10%, B/c 0.05 y el PRI de 5.016 años.

El valor de los materiales haciende a 137 891.97 USD, mientras que el valor total para la implementación es 192 797.67 USD, esto indica, que el 71.5% del valor total está relacionado al costo de los materiales, mientras que, el 28.5% se relaciona al servicio de instalación.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a las entidades competentes realizar la gestión de recursos económico para la implementación del sistema de riego, el mismo que cumple con los estándares de diseño.

Para incentivar la producción agrícola se recomienda fortalecer los conocimientos de los agricultores y trabajar en alternativas de manejo de los cultivos, como la aplicación de nuevas herramientas tecnológicas.

La proyección de nuevos cultivos hace que deba existir nuevos canales de comercialización, por lo tanto, se recomienda buscar nuevas estrategias de comercialización y mercado partiendo del fortalecimiento asociativo.

Para mejorar las propiedades físico-químico del suelo se recomienda realizar enmiendas orgánicas y el aporte de nutrientes con base a los requerimientos de los cultivos presentes en la comunidad.

Para mayor ajuste en los requerimientos hídricos se recomienda la implementación de una estación meteorológica para esta comunidad.

GLOSARIO

Capacidad de campo: Es la máxima capacidad de retención de agua de un suelo sin problemas de drenaje.

Cédula de cultivo: Es la distribución de los cultivos en el transcurso del año.

Coefficiente del cultivo: Es un factor que indica el grado de desarrollo o cobertura del suelo por el cultivo del cual se pretende calcular su consumo de agua.

Densidad aparente: Se considera una medida de la porosidad de un suelo e indica el grado de compactación y la facilidad de la circulación del agua y aire.

Eficiencia de riego: Es el porcentaje del volumen total de agua aplicado que es aprovechado por el cultivo.

Evaporación: Proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua y se retira de la superficie evaporante.

Evapotranspiración: Es la suma de dos procesos que ocurren simultáneamente la evaporación y transpiración.

Evapotranspiración de cultivo: Es la tasa real de consumo de agua de un cultivo.

Infiltración: Entrada vertical del agua a través del perfil del suelo.

Lamina neta: Es la cantidad de agua a aplicar por unidad de superficie en un periodo de tiempo.

Necesidades totales: Cantidad de agua que realmente se aplica en un riego como consecuencia de tener en cuenta la eficiencia del método de riego

Punto de marchitez permanente: Es la cantidad de agua que está retenido fuertemente a la matriz del suelo hasta que las raíces no pueden absorber y la planta se marchitara.

Transpiración: Es la vaporización del agua presente en los tejidos de la planta hacia la atmósfera.

Textura: Hace referencia a la proporción de arcilla, limo y arena que constituye el suelo determinado mediante un análisis de laboratorio cuyos resultados se interpretan a través del "Triángulo de Textura".

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, S. 2005. Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. Salud en Tabasco. 11(1-2): 333-338. ISSN: 1405-2091.
- Al-Sudani, H. 2019. Temperature – potential evapotranspiration relationship in Iraq using Thornthwaite method. Journal of University of Babylon for Engineering Sciences. 27(1):16-25. DOI: <https://doi.org/10.29196/jubes.v27i1.1968>
- Alfonso, J. 2008. Manual técnico del cultivo de aguacate Hass (*Persea americana* L.). Centro de Comunicación Agrícola de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA).
- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, y M. Smith. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. FAO. Roma, Italia. 298 p.
- Aragües, R. 2013. El reto de la calidad del agua. Jornada Innovar la gobernanza del agua. Partenerio del agua del Ebro. Junio 14. Aragón, España. 17 p.
- Ávila, L., M. Soler, P. Madrona, A. Ruiz, C.F. Bautista, J. González, y J.M. Molina. 2019. Análisis de la velocidad de infiltración del agua en suelos saturados mediante lisímetros de pesada. X Congreso Ibérico de Agroingeniería. Sep. 3-6. Universidad Zaragoza. Zaragoza, España. DOI: 10.26754/c_agroing.2019.com.3370
- Azcón, J. y Talón, M. 2013. Fundamento de fisiología vegetal. 2ª Ed. Madrid, España. Publicacions I edicions de la universitat de Barcelona. 669 p.
- Bhore, S.J.; Ochoa, D.S.; Houssari, A.A.; Zelaya, A.L.; Yang, R.; Chen, Z.; Deeya, S.S.; Sens, S.C.D.S.; Schumann, M.; Zhang, Z.; Eltantawy, E. The Avocado (*Persea americana* Mill.): A Review and Sustainability Perspectives. Preprints.org 2021, 2021120523. <https://doi.org/10.20944/preprints202112.0523.v1>
- Cadena, V.H. 2016. Hablemos de riego con los agricultores. 2ª Ed. Quito, Ecuador. 288 p.
- Calvache, M. 2012. Riego andino tecnificado. Editorial Universitaria. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. 296 p.
- Cid, G., T. López, J. Herrera, y F. Gonzáles. 2021. Variación de la densidad aparente para diferentes contenidos de agua en suelos cubanos. Revista Ingeniería Agrícola. 2(2): 3-9.
- Cleves L, J.A., J. Toro, y L.F. Martínez. 2016. Los balances hídricos agrícolas en modelos de simulación agroclimáticos. Una revisión analítica. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 10(1):143-163. DOI: <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2016v10i1.4460>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL. 2021. Anuario estadístico de América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 156 p.

- Cunha, H., D. Loureiro, G. Sousa, D. Covas, y H. Alegre. 2019. A comprehensive water balance methodology for collective irrigation systems. *Agricultural Water Management*. 223(2019):1-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.05.044>
- Doménech, X. 2000. *Química del Suelo. El impacto de los contaminantes*. 3ª Ed. Madrid, España. Miraguano, S.A. Ediciones. 183 p.
- Espinosa, B., H. Flores, R.A. Hernández, y G. Carrillo. 2016. Diseño de un sistema de riego hidrante parcelario con los métodos por turnos y Clement: análisis técnico y económico. *Terra Latinoamericana*. 34(4): 431-440.
- Fageria, N. 2009. *The use of nutrients in crop plants*. CRC Press. Taylor and Francis Group. 430 p.
- Fernández, R., R.A. Albarces, M. López, P. Gavilán, y N.A. Oyonarte. 2010. *Manual de riego para agricultores. Modulo 1 fundamentos de riego*. Andalucía, España. 104 p.
- García, J., J. Huahuachampi, y L. Soto. 2017. Determinación de la demanda hídrica del cultivo de quinua QML01 (*Chenopodium Quinoa* Willd) en la Molina. *Anales Científicos* 78 (2): 200-209. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v78i2.1057>
- García, M., L. Puppo, R. Hayashi, y P. Morales. 2017. *Metodología para determinar los parámetros hídricos de un suelo a campo*. Montevideo, Uruguay. 10 p.
- García, M.K., A.M. Guerrero, y C.F. Cabrera. 2019. Evapotranspiración y requerimientos de agua para la programación de riego de los cultivos *Saccharum officinarum* L. (Poaceae) "caña de azúcar", *Zea mays* L. (Poaceae) "maíz" y *Asparagus officinalis* L. (Asparagaceae) "espárrago" en el valle Chicama, Perú. *Revista Arnaldoa*. 26(2): 793-814. DOI: <http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.262.26218>
- Guzmán, J. 2021. *Diseño de drenaje superficial y riego por goteo y aspersion subarbóreo, para la producción del cultivo de aguacate Hass en finca Nubes, Coris, Cartago*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 112 p.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo, 2015. *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la provincia de Chimborazo*.
- Holdridge, L. 1978. *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas – IICA. San José, Costa Rica. 234 p.
- Hopkins, W. y Hüner, N. 2008. *Introduction to Plant Physiology* 4th Ed. Wiley & Sons, Inc. Hoboken. NJ. USA. 489 p.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura – IICA. 2017. *El agua para la agricultura de las Américas*. Editorial Content Delivery México (CONDEX+). México, México. 127 p.
- INTAGRI. 2019. *Requerimientos de Clima y Suelo en el Cultivo de Aguacate*. Serie Frutales Núm. 56 Artículos técnicos de INTAGRI. México. 3 p.

- International Plant Nutrition Institute – IPNI. 2019. Soil fertility manual. The Fertilizer Institute. 500 p.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura – IICA. 2017. El agua para la agricultura de las Américas. Fundación Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas. México, México. ISBN: 978-607-715-348-1. 152 p.
- Kirkham, M. B. 2005. Principles of soil and plant water relations. Elsevier academic press. Manhattan, United States of America. 500 p.
- Lal, R. y Shukla, M. 2004. Principles of soil physics. The Ohio State University Columbus, Ohio, U.S.A. 736 p. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780203021231>
- León, J. 1999. Manual del cultivo del aguacate (*Persea americana*) para los Valles interandinos del Ecuador. Quito, Ecuador: INIAP, Granja Experimental Tumbaco. 40 p.
- León, J. y León, J. 2023. Evapotranspiración de los cultivos y disimetría. Riobamba, Ecuador. 183 p.
- Loaiza, M. 2021. Hablemos de uniformidad de riego. [Consultado el 05/05/2023]. Disponible en: <https://www.linkedin.com/pulse/hablemos-de-uniformidad-riego-miguel-loaiza/?trackingId=pbNZFiE%2BT4eUarnsoxXN7g%3D%3D>.
- Losada, A. 2005. El Riego II. Fundamentos de su hidrología y de su práctica. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 259 p.
- Luna, Y. y Rodríguez, C. 2022. Análisis del comercio internacional del aguacate Hass ecuatoriano, producción agrícola y la exportación del 2018 – 2021. Revista Carácter. 10(1): 1-21. ISSN: 1390-7662.
- Márquez, R.A., A.B. Pinto, y D.A. Toro. 2017. La gobernanza del agua para riego en el Ecuador contemporáneo. Revista Científica Multidisciplinaria. 3(1):9 – 24. ISSN 2528-7842.
- Ministerio del Ambiente – MAE. 2013. Adaptación. Evaluación de necesidades tecnológicas para el manejo técnico del agua para riego. Quito, Ecuador. 377 p.
- Monge, M.A. 2018. Diseño agronómico e hidráulico de riegos agrícolas a presión. Editorial Agrícola Española, S.A. Madrid, España. 660 p.
- Montoro, A., R. López, F. Mañas, L. Martínez, y J.M. Sánchez. 2016. Transpiración Nocturna en Vid. XXXIV Congreso Nacional de Riegos. Jun. 7-9. Universidad de Sevilla. Sevilla, España. 6 p. DOI: <http://dx.doi.org/10.21151/CNRIegos.2016.A11>
- Navarro, S. y Navarro, G. 2003. Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. 2^{da} Ed. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 431 p.
- Organización de las Naciones Unidas – ONU. 2020. El agua, un recurso que se agota por el crecimiento de la población y el cambio climático. (en línea). Disponible en: <https://news.un.org/es/story/2020/11/1484732> (Consultado el 30 de Julio del 2022).

- Organización de las Naciones Unidas 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 2021. Roma, Italia. 64 p.
- Ortiz, R. 2020. Riego por goteo. Diseño, evaluación y mantenimiento de sistemas de riego por goteo. Quito, Ecuador. 62 p.
- Osorio, N.W. 2012. Toma de muestras de suelos para evaluar la fertilidad del suelo. Manejo integral del suelo y nutrición vegetal. 1(1):1-4.
- Pérez, S. 1997. Cálculo de la necesidad de agua de las plantas con datos meteorológicos. Editorial Pedagógica “Freire”. Riobamba, Ecuador. 289 p.
- Pinto, J.J., P.M. Jordán, y M.A. Romaniuk. 2019. Métodos para reducir la evaporación. EEA Ingeniero Juárez, INTA. Formosa, Argentina. 4 p.
- Quishpi, A. 2017. Caracterización hidrometeorológica y estimación del balance hídrico de la cuenca del río Chambo. Tesis de Ingeniería Civil. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. 206 p.
- Rengasamy, P. 2018. Irrigation water quality and soil structural stability: a perspective with some new insights. *Agronomy*. 8(5): 72 DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy8050072>
- Reynoso, A.F. 2014. Protocolo técnico para el muestreo de suelos en pasturas. Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. Lima, Perú. 18 p.
- Romero, F.P., y M. Paredes (director). 2018. Agricultura familiar campesina y riego en la serranía ecuatoriana. Medio siglo de dinámicas territoriales en el sistema de riego Chambo – Guano. Tesis de Maestría en Desarrollo Territorial Rural. Flacso, Ecuador. 119 p.
- Santillán, E., G. Dávila, J.A. Sánchez, y J.J. Díaz. 2013. Estimación del balance hídrico mediante variables climáticas, en la cuenca del río Cazones, Veracruz, México. *Revista ambiente y agua*. 8(3): 104-107. DOI:10.4136/1980-993X
- Secretaría del agua – SENAGUA. 2019. Plan nacional de riego y drenaje 2019 – 2027. 159 p.
- Sela, G. 2020. Fertilización y riego. Teoría y mejores prácticas. 289 p.
- Servín, M., L. Tijerina, G. Medina, O. Palacios, y H. Flores. 2017. Sistema para programar y calendarizar el riego de los cultivos en tiempo real. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 8(2):423-430.
- Silva, A., y J. Ponce. 1988. Aspectos metodológicos en la determinación de la capacidad de retener agua de los suelos del Uruguay. 20 p.
- Spano, D., R.L. Snyder, C. Sirca, y P. Duce. 2009. ECOWAT—A model for ecosystem evapotranspiration estimation. *Agricultural and Forest Meteorology*. 149 (2009) 1584–1596. DOI: 10.1016/j.agrformet.2009.04.011
- Tarjuelo, J.M. 2005. El riego por aspersión y su tecnología. 3^{ra} Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 581 p.

- Tartabull, T., y C.C. Betancourt. 2016. La calidad del agua para el riego, principales indicadores de medida y procesos que la impactan. *Revista Agroecosistemas*. 4 (1): 47-61. ISSN: 2415-2862.
- Vargas, E. y Céspedes, R. 2019. Clasificación de suelos según la aptitud de riego en la Estación Experimental Patacamaya. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*. 6(2) 72-80. ISSN: 2518-6868.
- Vásquez, A., I. Vásquez, C. Vásquez, y M. 2017. *Fundamentos de la ingeniería de riegos*. Lima, Perú. 442 p.
- Vega, L. 2021. *Análisis Financiero de Proyectos*. Machala, Ecuador. 41 p.
- Vidal, I. 2022. *Fertirrigación: desde la teoría a la práctica*. 2^{da} Ed. Editorial Universidad de Concepción. Chillan, Chile. 289 p.
- Villafañe, R. 1988. *Diseño agronómico del riego*. Maracay, Venezuela. 151 p.
- Villavicencio, A. y Vásquez, C. (Eds.). 2008. *Guía técnica de cultivos*. Quito, Ecuador: INIAP. (Manual no. 73). 374 p.
- White, P. 2012. Ion uptake mechanisms of individual cells and roots: short-distance transport. Pp 7-47. En: Marschner, P. 2012. *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. 3th Ed. Academic press.
- WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la UNESCO). 2019. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás*. París, UNESCO.

ANEXOS

ANEXO A: DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE CAMPO



a.



b.



c.



d.

- a. Selección del sitio
- b. Implementación del ensayo para capacidad de campo del suelo
- c. Toma de muestra de suelo para determinar la capacidad de campo
- d. Lectura de la humedad del suelo a capacidad de campo

ANEXO B: DENSIDAD APARENTE DEL MÓDULO 7



a. Selección del sitio

b. Implementación del ensayo para densidad aparente

c. Registro de volumen de suelo

ANEXO C: REPORTE DE PESO SECO DEL SUELO DEL MÓDULO 7, COMUNA CHINGAZOS (BAJO)



Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

ANEXO INFORME DETERMINACION DE % DE HUMEDAD

DETERMINACION DE % DE HUMEDAD

MUESTRA	CODIGO / IDENT.	PESO FRESCO	PESO MUESTRA (SECA)	%H
No. LAB.		g	g	
7220	MODULO # 7 ZONA BAJA	539	502	6.86
7221	MODULO # 7 ZONA MEDIA	580	562	3.10
7222	MODULO # 7 ZONA ALTA	513	490	4.48
7223	MODULO # 9 ZONA BAJA	727	670	7.84
7224	MODULO # 9 ZONA MEDIA	925	865	6.49
7225	MODULO # 9 ZONA ALTA	590	580	1.69

Responsable Laboratorio



ANEXO D: ENSAYO DE VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN DEL MÓDULO 7



a.



b.



c.



d.

a. Selección del sitio

b. Nivelación del anillo interior del infiltrómetro.

c., d. Registro de datos de la velocidad de infiltración

ANEXO E: HOJA DE EXCEL PARA EL CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN

ANÁLISIS DE SUELOS - PRUEBA DE INFILTRACION

TOMA DE INFORMACION EN CAMPO

SITIO DEL ENSAYO: CHI NGAZO BAJO
 PARCELA: ZONA ALTA M 07
 FECHA: 12 de febrero del 2022

TIEMPO ACUMULADO minutos	TIEMPO INTERVALO DE TIEMPO ENTRE LECTURA (min)	LECTURA DE ESCALA		LAMINA		INFILTRACION	
		Nivel del agua. (cm)	Nivel de recuperacion del agua (cm)	Lamina infiltrada intervalo de tiempo (mm)	LAMINA ACUMULADA (mm)	VELOCIDAD DE INFILTRACION INSTANTANEA	
						(mm/min)	(mm/hr)
A	B= (A _{i+1} - A _i)	C	D	E= (C _{i+1} - C _i) ó (C _{i+1} - D)	F=F _{i+1} + E	G = E/Bi	H = G*60
0		15,00		0,00	0,00		
2,00	2	13,50		15,00	15,00	7,500	450,0
4,00	2	12,70		8,00	23,00	4,000	240,0
5,00	1	12,60		1,00	24,00	1,000	60,0
6,00	1	12,30		3,00	27,00	3,000	180,0
8,00	2	12,10		2,00	29,00	1,000	60,0
10,00	2	10,60		15,00	44,00	7,500	450,0
12,00	2	10,50		1,00	45,00	0,500	30,0
14,00	2	9,90		6,00	51,00	3,000	180,0
15,00	1	9,50		4,00	55,00	4,000	240,0
16,00	1	9,30		2,00	57,00	2,000	120,0
18,00	2	9,10		2,00	59,00	1,000	60,0
20,00	2	8,80		3,00	62,00	1,500	90,0
25,00	5	7,90	15	9,00	71,00	1,800	108,0
30,00	5	14,40		6,00	77,00	1,200	72,0
35,00	5	13,60		8,00	85,00	1,600	96,0
40,00	5	12,60		10,00	95,00	2,000	120,0
45,00	5	11,90		7,00	102,00	1,400	84,0
50,00	5	11,40		5,00	107,00	1,000	60,0
60,00	10	9,70		17,00	124,00	1,700	102,0
75,00	15	8,00	15	17,00	141,00	1,133	68,0
80,00	5	13,90		11,00	152,00	2,200	132,0
100,00	20	12,40		15,00	167,00	0,750	45,0
120,00	20	9,60	15	28,00	195,00	1,400	84,0
140,00	20	12,30		27,00	222,00	1,350	81,0
150,00	10	11,20		11,00	233,00	1,100	66,0

ANEXO F: IDENTIFICACIÓN DEL PATRÓN DE CULTIVOS



a.



b.



c.



d.

a. Cultivo de frutales

b. Cultivo de fresa

c. Cultivo de maíz

d. Cultivo de chocho

ANEXO G: ENCUESTA SOCIOECONÓMICA DEL MÓDULO 7



a.



b.



c.

a. Planificación de trabajo para realizar las encuestas

b., c. Encuestas a las familias de Chingazo Bajo

ANEXO H: CATASTRO DEL MÓDULO 7, PARA EL DISEÑO PARCELARIO DEL MÓDULO 7. CHINGAZOS

ID. Lote	Nombre del propietario	Área m²	Casa m²	Área-Casa m²	Área ha
M07_001	Marina Llongo	2678.589		2678.589	0.27
M07_002	Familia Llongo	1342.869		1342.869	0.13
M07_003	Familia Llongo	7465.663		7465.663	0.75
M07_004	Julio Sanunga	2029.149		2029.149	0.20
M07_005	Herederos Paguay	996.802		996.802	0.10
M07_006	Fany Paguay	542.191		542.191	0.05
M07_007	Angel Evaristo	473.525		473.525	0.05
M07_008	H. Francisco Paguay	5769.673	42.63	5727.043	0.57
M07_009	Angel Ambi	3318.741		3318.741	0.33
M07_010	Angel Paguay	2024.045	48.557	1975.488	0.20
M07_011	Angel Ambi	2047.417		2047.417	0.20
M07_012	H. Marina Llongo	1902.881		1902.881	0.19
M07_013	H. Abel Ushca	383.398		383.398	0.04
M07_014	H. Marina Llongo	623.458		623.458	0.06
M07_015	Paguay	2246.165		2246.165	0.22
M07_016	Teofilo Ushca	3131.727		3131.727	0.31
M07_017	Fany Paguay	3435.893	104.82	3331.073	0.33
M07_018	Fany Asqui	3987.814	162.464	3825.35	0.38
M07_019	Laura Asqui	880.54		880.54	0.09
M07_020	Bolivar Paguay	1932.594		1932.594	0.19
M07_021	Angel Evaristo	714.594		714.594	0.07
M07_022	Patricia Ambi	2096.266		2096.266	0.21
M07_023	Angel Ambi	1082.927		1082.927	0.11
M07_024	Marina Llongo	1244.286		1244.286	0.12
M07_025	Cramen Ushca	1248.635		1248.635	0.12
M07_026	Carlos Paguay	1175.657		1175.657	0.12
M07_027	Margarita Paguay	1627.753		1627.753	0.16
M07_028	Carlos Paguay	4346.767		4346.767	0.43
M07_029	María Llongo	2041.988		2041.988	0.20
M07_030	Consuelo Llongo	2845.821		2845.821	0.28
M07_031	Carlos Paguay	10793.468	43.358	10750.11	1.08
M07_032	H. Rosendo Usca	1745.127		1745.127	0.17
M07_033	Clemensia Asqui	1652.171		1652.171	0.17
M07_034	Fany Paguay	1585.625		1585.625	0.16
M07_035	Vinicio Asqui	5635.847	37.655	5598.192	0.56
M07_036	Jorgue Antonio Paguay	2962.452		2962.452	0.30
M07_037	Julio Sanunga	2559.291	21.787	2537.504	0.25
M07_038	Angel Evaristo	1098.869		1098.869	0.11
M07_039	H. Carmen Paguay	1100.877		1100.877	0.11
M07_040	H. Manuel Paguay	1312.347		1312.347	0.13
M07_041	Angel Paguay	1184.278		1184.278	0.12

M07_042	H. Segundo Paguay	900.925		900.925	0.09
M07_043	Jorgue Antonio Paguay	805.021		805.021	0.08
M07_044	Angel Ambi	5232.445		5232.445	0.52
M07_045	Consuelo Llongo	513.775		513.775	0.05
M07_046	María Paguay	463.886		463.886	0.05
M07_047	Carlos Paguay	628.583		628.583	0.06
M07_048	H. Carmen Usca	2002.378		2002.378	0.20
M07_049	Vinicio Asqui	338.662		338.662	0.03
M07_050	Clemensia Asqui	555.841		555.841	0.06
M07_051	Jorgue Paguay	1090.761		1090.761	0.11
M07_052	Alfredo Asqui	471.555		471.555	0.05
M07_053	H. Carmen Paguay	470.048		470.048	0.05
M07_054	H. Manuel Paguay	494.921		494.921	0.05
M07_055	Angel Paguay	552.009		552.009	0.06
M07_056	Fany Paguay	3416.682		3416.682	0.34
M07_057	H. Angel Quispillo	3449.757		3449.757	0.34
M07_058	S/N	1134.863		1134.863	0.11
M07_059	Angel Ambi	1194.609		1194.609	0.12
M07_060	Antonio Paguay	174.303		174.303	0.02
M07_061	Carmen Ushca	477.598		477.598	0.05
M07_062	María Paguay	261.088		261.088	0.03
M07_063	Angel Ambi	895.102		895.102	0.09
M07_064	H. Carmen Ushca	2656.015		2656.015	0.27
M07_065	H. Carmen Ushca	5017.581		5017.581	0.50
M07_066	Carlos Paguay	10067.641	33.401	10034.24	1.00
M07_067	Vicente Guaman	1263.199		1263.199	0.13
M07_068	Antonio Guaman	4604.757	71.712	4533.045	0.45
M07_069	Familia Llongo	7604.487		7604.487	0.76
M07_070	Juan Ushca	1179.096	62.738	1116.358	0.11
M07_071	H. Rosendo Ushca	1074.542		1074.542	0.11
M07_072	Dolores Guaman	3193.558		3193.558	0.32
M07_073	H. María Llongo	3678.518		3678.518	0.37
M07_074	Margarita Paguay	732.158		732.158	0.07
M07_075	Consuelo Usca	374.399		374.399	0.04
M07_076	Angel Ambi	7642.408	139.4	7503.008	0.75
M07_077	Fanny Paguay	3975.768	61.689	3914.079	0.39
M07_078	Margarita Paguay	2201.91	40.068	2161.842	0.22
M07_079	H. Manuel Paguay	2566.48		2566.48	0.26
M07_080	H. Carmen Paguay	2299.395	61.596	2237.799	0.22
M07_081	Evaristo Paguay	1941.477	110.126	1831.351	0.18
M07_082	Raul Huerta	5226.178	50.968	5175.21	0.52
M07_083	Octavio Guaranga	4293.171		4293.171	0.43
M07_084	Mónica Chavez	1116.312		1116.312	0.11
M07_085	Segundo Paguay	1385.212		1385.212	0.14
M07_086	Angelica Ushca	722.827		722.827	0.07

M07_087	Enma Ushca	2112.675		2112.675	0.21
M07_088	Xavier Llongo	4909.397		4909.397	0.49
M07_089	H. Manuel Amaguaya	9792.29		9792.29	0.98
M07_090	H. Paguay	161.254		161.254	0.02
M07_091	Fanny Asqui	593.898		593.898	0.06
M07_092	Fanny Asqui	1486.469		1486.469	0.15
M07_093	H. Juan Pilco	1543.783		1543.783	0.15
M07_094	Rogelio Vilema	9270.241	355.996	8914.245	0.89
M07_095	Sandra Sanunga	7443.181	72.019	7371.162	0.74
M07_096	Julio Sanunga	8010.413	86.231	7924.182	0.79
M07_097	H. Daniel Orozco	1267.045		1267.045	0.13
M07_098	Cesar Ushca	4656.319	109.184	4547.135	0.45
M07_099	Enma Ushca	2338.236		2338.236	0.23
M07_100	Targelia Amaguaya	1551.715	67.459	1484.256	0.15
M07_101	Arturo Paguay	2478.416	52.389	2426.027	0.24
M07_102	S/n	2771.778		2771.778	0.28
M07_103	Belisario Ushca	982.564		982.564	0.10
M07_104	Olivia Llongo	980.095		980.095	0.10
M07_105	Raul Llongo	1049.496		1049.496	0.10
M07_106	Nely Galan	2195.009	115.277	2079.732	0.21
M07_107	H. Llongo	2401.654		2401.654	0.24
M07_108	Blanca Llongo	1289.918		1289.918	0.13
M07_109	Patricio Hidalgo	1137.587	148.444	989.143	0.10
M07_110	H. Abel Erazo	3861.998	137.949	3724.049	0.37
M07_111	Organización Chingazeña	691.72	55.07	636.65	0.06
M07_112	Olivia Llongo	1211.488	245.238	966.25	0.10
M07_113	Vicente Asqui	784.383	88.616	695.767	0.07
M07_114	Antonio Ambi	2194.416	156.801	2037.615	0.20
M07_115	H. Daniel Orozco	1472.805		1472.805	0.15
M07_116	S/n	719.823		719.823	0.07
M07_117	Sub-Centro de Salud	1485.57		1485.57	0.15
M07_118	H. Abel Erazo	771.476		771.476	0.08
M07_119	H. Abel Erazo	749.79	94.78	655.01	0.07
M07_120	Casa Comunal	175.17		175.17	0.02
M07_121	Iglesia	596.061		596.061	0.06
M07_122	Carlos Asqui	858.718	78.745	779.973	0.08
M07_123	Carlos Asqui	2849.246		2849.246	0.28
M07_124	H. Carlos Guaman	3928.936	132.498	3796.438	0.38
M07_125	S/n	467.972		467.972	0.05
M07_126	Llongo	2140.211		2140.211	0.21
M07_127	Pablo Pilco	283.563		283.563	0.03
M07_128	Pablo Pilco	11315.398		11315.398	1.13
M07_129	Agustin Llongo	2625.269		2625.269	0.26
M07_130	Bengamin Mancheno	2340.982	203.551	2137.431	0.21
M07_131	Valdomero Vizquete	4272.359	59.582	4212.777	0.42

M07_132	Eriberto Vilema	977.102		977.102	0.10
M07_133	Cecilia Chavez	3478.988		3478.988	0.35
M07_134	Eriberto Vilema	645.915		645.915	0.06
M07_135	Valdomero Vizuete	1551.244		1551.244	0.16
M07_136	Richard Castañeda	1015.373	81.433	933.94	0.09
M07_137	Eduardo Llongo	1956.507		1956.507	0.20
M07_138	H. Julio Erazo	5455.014		5455.014	0.55
M07_139	Frank Castañeda	1002.8	92.846	909.954	0.09
M07_140	Carmelina Pilco	2706.56	94.58	2611.98	0.26
M07_141	H. Gerardo Llongo	4632.185		4632.185	0.46
M07_142	H. Gerardo Llongo	2059.765		2059.765	0.21
M07_143	Doraliza Pilco	1399.369		1399.369	0.14
M07_144	Juana Toledo	858.72	178.257	680.463	0.07
M07_145	Luis Fernando Asqui	3153.815	156.245	2997.57	0.30
M07_146	Rodrigo Guaman	1913.123	76.12	1837.003	0.18
M07_147	Doraliza Pilco	630.28	97.462	532.818	0.05
M07_148	Doraliza Pilco	3696.659		3696.659	0.37
M07_149	Llongo Satan	4979.033	27.452	4951.581	0.50
M07_150	Flor Toledo	2082.319	115.456	1966.863	0.20
M07_151	Medardo Paguay	2251.857		2251.857	0.23
M07_152	H. Victoria Asqui	2962.105		2962.105	0.30
M07_153	Doraliza Pilco	2072.757		2072.757	0.21
M07_154	H. Leonidas Llongo	3164.339		3164.339	0.32
M07_155	Dolores Pilco	2669.462		2669.462	0.27
M07_156	Ana Erazo	5324.435		5324.435	0.53
M07_157	Juana Toledo	3308.556		3308.556	0.33
M07_158	Segundo Guananga	7841.708	99.101	7742.607	0.77
M07_159	Familia Guananga	1332.976		1332.976	0.13
M07_160	H. Pilco Vargas	4050.164	55.938	3994.226	0.40

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.

ANEXO I: DETALLE DEL COSTO DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR MICRO-ASPERSIÓN PARA EL MÓDULO 7, CHINGAZOS

Rubro / Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Subtotal (USD)
Preliminares				
Trazo y replanteo de líneas de tubería, ubicación de válvulas, reguladores de presión, filtros, parantes de aspersores	km	61.39	84.86	5 209.89
Excavación de zanja con equipo en suelo sin clasificar, incluye rasanteo de piso. 0.80mx0.40m.	m ³	19 646.05	0.63	12 377.01
Caballete				
Suministro, Instalación y Prueba de Codo PVC INY EC 32mm X 90° PG	U	220.00	0.76	167.20
Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 32 mm x 0.80Mpa	U	55.00	1.09	59.95
Suministro, Instalación y Prueba de Válvula de paso oblicua 1 "	U	55.00	22.42	1 233.10
Suministro, Instalación y Prueba de Válvula Reguladora en línea 32 mm 1.4 bar	U	55.00	20.41	1 122.55
Suministro, Instalación y Prueba de Codo PVC INY EC 50mm X 90° PG	U	1 140.00	1.59	1 812.60
Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 50 mm x 0.80Mpa	U	285.00	1.66	473.10
Suministro, Instalación y Prueba de Válvula de paso oblicua 1 1/2"	U	285.00	42.42	12 089.70
Suministro, Instalación y Prueba de Válvula Reguladora en línea 50 mm 1.4 bar	U	285.00	50.41	14 366.85
Tubería				
Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 25 mm x1.25Mpa	U	54 438.30	1.09	59 337.75
Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 32 mm x0.8Mpa	U	3 327.90	1.09	3 627.41
Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 40 mm x 0.80Mpa	U	2 756.10	1.36	3 748.30
Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 50 mm x 0.63Mpa	U	871.60	1.66	1 446.86
Tee Red				
Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC INY EC 32 a 25 mm PG	U	740.00	1.54	1 139.60
Suministro, Instalación y Prueba de Tee RED PVC INY EC 40 a 25 mm PG	U	839.00	2.18	1 829.02
Suministro, Instalación y Prueba de Tee RED PVC INY EC 50 a 25 mm PG	U	386.00	2.36	910a96
Tee				
Suministro, Instalación y Prueba de Tee PVC INY EC 25mm PG	U	682.00	1.09	743.38
Suministro, Instalación y Prueba de Tee PVC INY EC 32 mm PG	U	14.00	1.46	20.44
Buje				

Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY Largo CC 50 a 32 mm	U	3.00	2.33	6.99
Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY Largo CC 40 a 25 mm	U	9.00	1.33	11.97
Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY Largo CC 50 a 40 mm	U	202.00	1.36	274.72
Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY Buje EC 32 a 25 mm PG	U	345.00	1.61	555.45
Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY Buje EC 40 A 32 mm PG	U	271.00	2.21	598.91
Codo				
Suministro, Instalación y Prueba de Codo PVC INY EC 25mm X 90° PG	U	242.00	0.76	183.92
Suministro, Instalación y Prueba de Codo PVC INY EC 32mm X 90° PG	U	41.00	0.76	31.16
Suministro, Instalación y Prueba de Codo PVC INY EC 40mm X 90° PG	U	55.00	0.82	45.10
Suministro, Instalación y Prueba de Codo PVC INY EC 50mm X 90° PG	U	21.00	1.59	33.39
Aspersor				
Suministro, Instalación y Prueba de Tee RED PVC INY EC 25 a 20mm PG	U	6 766.00	1.33	8 998.78
Suministro, Instalación y Prueba de Codo PVC INY EC 25mm X 90° PG	U	2 952.00	0.93	2 745.36
Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY Buje EC 25 a 20 mm PG	U	2 978.00	1.36	4 050.08
Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 20 mm x0.8Mpa	U	9 718.00	0.99	9 620.82
Suministro, Instalación y Prueba de Adaptador hembra de 20mm x 1/2"	U	9 718.00	0.69	6 705.42
Suministro, Instalación y Prueba de mini-aspersor de 1/2"	U	9 718.00	3.83	37 219.94
Total				192 797.67

Realizado por: Muñoz, Segundo, 2023.