



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

Diseño agronómico del sistema de riego parcelario para el módulo 10 del Proyecto Chambo – Guano, Fase II, comunidad Chingazos, cantón Guano.

NELLY MARISOL YUMI ALULEMA

Trabajo de Titulación modalidad: Tesis, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, como requisito parcial para la obtención del grado de

MAGÍSTER EN RIEGOS CON MENCIÓN EN RIEGO PARCELARIO

RIOBAMBA – ECUADOR

DICIEMBRE – 2023

DECLARACIÓN DE AUTENTECIDAD Y CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Nelly Marisol Yumi Alulema, declaro que el presente proyecto de investigación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citadas y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación de Maestría

Nelly Marisol Yumi Alulema

N° de cédula: 0603256231

©2023, Nelly Marisol Yumi Alulema

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

El Trabajo de Titulación modalidad Tesis, titulado Diseño agronómico del sistema de riego parcelario para el modulo10 del proyecto Chambo – Guano, Fase II, comunidad Chingazos, cantón Guano, de responsabilidad de la señora NellyMarisol Yumi Alulema, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros de Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el tribunal autoriza su presentación.



Firmado electrónicamente por:
**EDISON
MARCELO
SALAS
CASTELO**

Dr. Ph.D. Edison Marcelo Salas Castelo
PRESIDENTE



Firmado electrónicamente por:
**PABLO
EDILBERTO
MELO COY**

Ing. M.Sc. Pablo Edilberto Melo Coy
DIRECTOR



Firmado electrónicamente por:
**ROSA DEL
PILAR
CASTRO
GOMEZ**

Ing. Ph.D. Rosa Del Pilar Castro Gómez
MIEMBRO



Firmado electrónicamente por:
**SUSANA
MONSERRAT
ZURITA
POLO**

Ing. M.Sc. Susana Monserrat Zurita Polo
MIEMBRO

Riobamba, diciembre de 2023

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado a todas aquellas mujeres emprendedoras, luchadoras, trabajadoras a diario a las actividades agropecuaria en pequeña escala, de hecho, este trabajo servirá de guía y manual para que puedan establecer el riego por micro aspersión, el mismo permitirá cubrir más áreas de riego y mejorar la producción y productividad.

AGRADECIMIENTOS

El más sincero agradecimiento a Dios, por haberme dado la vida, acompañando a lo largo de mi carrera, por ser mi luz en mi camino y por darme la sabiduría, fortaleza para alcanzar los objetivos. Sé que todos mis sueños y propósitos se cumplieron porque creo en mí, y no podrá prosperar ningún obstáculo que se me presente en mi camino por qué voy con fe y con la bendición de Dios que nunca me falta.

Agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, la cual me abrió sus puertas para superar académicamente y permitir a ser un ente de crecimiento, desarrollo, progreso y prosperidad de la sociedad.

Esta página es dedicada a personas que tiene profundo significado en la vida que son mis padres, quien han sido pilares fundamentales de mi vida, es para mí una gran satisfacción poder dedicarles a ellos que con mucho esfuerzo, esmero y trabajo me lo he ganado.

Agradezco con todo mi amor y cariño a mi amado esposo José Lema por apoyarme en los objetivos planteados para nuestro futuro y por creer en mis capacidades, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre me ha brindado su comprensión, cariño y amor.

A Mayelita, por ser una hija tan maravillosa por acompañarme en los momentos difíciles, pero no imposibles por cumplir mis sueños esperados, por compartir las alegrías y tristezas en el largo caminar gracias por levantar esos ánimos que eran agotadas, gracias por el remplazo de ser madre esposa y hermana que siempre estabas pendiente de la familia mientras su madre se superaba académicamente para servir a la sociedad.

A Priscila, Pamelita por ser un regalo del ser divino, por entender la ausencia de días de horas de meses y años de su querida madre, este proyecto está dedicado a mis gemelitas por su apoyo, por su amor, por creer siempre en mí y hoy he logrado el mayor de mis sueños.

Al Ing. M.Sc. Pablo Melo, director de tesis. Ing. Ph.D. Rosa Castro Gómez, e Ing. M.SC. Susana Monserrat Zurita, miembros de tesis. Quienes brindaron su valiosa guía, orientación y asesoramiento con conocimiento y pasión en la realización del proyecto.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	xiv
SUMMARY	xv
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.1. Situación actual del problema	1
1.1.2. Formulación del problema	3
1.1.3. Preguntas por resolver	3
1.2. Justificación	3
CAPÍTULO II	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Estudios previos al diseño agronómico	5
2.1.1. Componente social.....	5
2.1.2. Componente cultivo (biológico).....	6
2.1.4. Contenido de agua en el suelo	9
2.1.5. Componentes climáticos (atmosférico).....	10
2.1.6. Componente agua	12
2.1.7. Diseño agronómico	12
2.1.8. Estimación de las necesidades de agua de los cultivos	13
2.1.9. Determinación de los parámetros de riego: dosis, frecuencia o intervalo entre riegos, duración del riego, número de emisores por postura, caudal necesario	13
2.1.10. Disposición de los emisores en el campo	14
2.2. Diseño hidráulico a nivel parcelario	15
2.2.1 Selección del material de la tubería	16
Necesidad de presión dinámica	16
2.2.2. Operacionalización de variable.....	17
2.2.3 MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	19
CAPÍTULO III.....	21
3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	21
3.1. Caracterización del área en estudio	21
3.1.1. Ubicación Política.	21

3.1.2. Ubicación geográfica	21
3.1.3 Ubicación climática de la zona	21
3.1.4. Área de riego	22
3.1.4. Materiales	22
3.1.5. Metodología	23
3.1.6. Estudios base	23
3.1.7. Fase de diseño y estudio	23
3.2. Diagnostico participativo	23
3.3. Procesamiento de información de campo	28
CAPÍTULO IV	38
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1. Población actual de Chingazo San Francisco – Población económicamente activa (PEA)	38
4.2. Ingreso económico del PEA	39
4.3. Áreas de suelo con aptitud agropecuaria en Chingazo San Francisco.....	39
4.4. Destino de suelos a distintas actividades agrícola	40
4.4.1. Determinación de Et de referencia	47
4.4.2. Determinación de coeficiente de cultivo (Kc).....	48
4.4.3. Determinación de Evapotranspiración de cultivo (Etc).	48
4.4.4. Necesidad neta de riego.....	49
4.4.5. Diseño hidráulico a nivel parcelario.....	55
4.4.6. Cálculo de caudal de diseño de línea de conducción y distribución.....	74
4.4.7. Determinación de las características de aspersores y sus parámetros de riego	74
4.4.8. Área total regada por jornada de riego (diario)	75
4.4.7. Diseño hidráulico a nivel de conducción secundaria.....	76
4.4.8. Cálculo de presupuesto.....	78
4.4.9. Descripción de presupuesto a nivel de distribución secundaria	83
4.4.10. Análisis económico del Proyecto	84
4.4.11. Evaluación económica con Proyecto.....	86
4.4.12. Comparación de las utilidades con y sin proyecto	88
4.4.13. Evaluación de impacto ambiental.....	94

CAPÍTULO V	96
5. PROPUESTA	96
6. CONCLUSIONES:	97
7. RECOMENDACIONES	98
GLOSARIO	
BIBLIOGRAFIA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3. Indicadores de toma de datos en prueba de infiltración de agua en el perfil de suelo	28
Tabla 2-4. Porcentaje de habitantes de Chingazo San Jacinto.....	39
Tabla 3-4. Ingreso por habitante de Chingazo San Jacinto	40
Tabla 4-4. Área de suelo con aptitud agropecuaria de Chingazo San Jacinto	41
Tabla 5-4. Precipitación mensual efectiva al 60 y 80 %.....	42
Tabla 6-4. Precipitación efectiva mensual al 60%	44
Tabla 7-4. Análisis químico y físico promedio del suelo del módulo 10 de Chingazo San Jacinto.....	45
Tabla 8-4. Promedio de velocidad de infiltración básica del módulo 10 de Chingazo San Jacinto	46
Tabla 9-4. Cultivos de mayor cobertura del módulo 10.....	47
Tabla 10-4. Datos de Et de referencia de las tres estaciones meteorológicas para la interpolación	47
Tabla 11-4. Evapotranspiración de referencia interpolado por el método IDW de las tres estaciones meteorológicas, mensual y diario.....	48
Tabla 12-4. Coeficiente de cultivo por el método de hargreaves, este valor es Adimensional.....	49
Tabla 13-4. Evapotranspiración de cultivo en mm día-1.....	49
Tabla 14-4. Necesidad neta de agua de riego diario y para cada cultivo en estudio.....	50
Tabla 15-4. Caudal ficticio continuo para las 24 horas.....	51
Tabla 16-4. Cálculo de parámetros de riego para 35.9382 ha y frecuencia de riego cada 7 días	52
Tabla 17-4. Número de aspersores y caudal (l/s) por cada turno.....	55
Tabla 18-4. Lotes de riego en cada turno.....	56
Tabla 19-4. Diámetros de tubería y su resistencia en la conducción terciaria.....	66
Tabla 20-4. Diámetros de tubería en la conducción secundaria.....	66
Tabla 21-4. Número de emisores por lote y la presión nominal.....	67
Tabla 22-4. Presupuesto a nivel parcelario.....	68
Tabla 23-4. Presupuesto a nivel de conducción secundaria.....	71
Tabla 24-4. Presupuesto a nivel de conducción secundaria.....	71
Tabla 25-4. Rendimiento de cultivos sin proyecto.....	72
Tabla 26-4. Costos de producción sin proyecto.....	73
Tabla 27-4. Utilidad agrícola sin proyecto.....	73
Tabla 28-4. Rendimiento de cultivos con proyecto.....	74

Tabla 29-4. Costos de producción con proyecto.....	74
Tabla 30-4. Utilidad agrícola con proyecto.....	75
Tabla 31-4. Utilidad agrícola con proyecto.....	75
Tabla 32-4. TIR y VAN. Indicadores financieros calculado para 10 años.....	76
Tabla 33-4. Relación B/C Indicador financiero calculado para 10 años.....	77
Tabla 34-4. Periodo de retorno de la inversión, calculado para 10 años.....	78
Tabla 35-4. Análisis de impacto ambiental.....	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-3. Ubicación geográfica del módulo 10.....	19
Figura 2-3. Diseño cuasi experimental – demostrativo	21
Figura 1-4. Infiltración acumulada esencia para determinar la infiltración básica.....	46
Figura 2-4. Balance hídrico determinado entre Et de cultivo Vs precipitación.....	50

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Plano del Módulo N° 10. Chingazo San Jacinto.

Anexo B. Turnos de riego con ciclo de 7 días.

RESUMEN

El objetivo fue determinar cuándo, cuánto y cómo regar el agua de forma eficiente. El estudio se realizó entre enero y noviembre del 2022 en el sector Chingazo San Francisco. La deficiencia de agua de riego por uso inadecuado obligó a elaborar el diseño agronómico e hidráulico a nivel parcelario del proyecto de riego de Chingazo San Francisco del sistema de riego Chambo - Guano. El análisis de suelo arroja los siguientes resultados, siendo suelo de textura franco arenoso, la evapotranspiración (Et) de referencia de 4.25 mm día⁻¹, suelo con una infiltración de 66 mm h⁻¹, estos resultados orientan a seleccionar el tipo de riego, siendo el más apropiado el riego por micro aspersión. El estudio determinó que el uso de riego (riego tecnificado) incrementará la productividad, debido a que se suplirá en momento oportuno antes que el cultivo entre al punto de marchitez permanente y antes que la humedad llegue al nivel mínimo permitido del factor de secado. Es recomendable utilizar el riego tecnificado para los cultivos y plantaciones cada ocho días por 3 horas en cada turno.

Palabras claves: RIEGO, CAPACIDAD DE CAMPO, PUNTO DE MARCHITES PERMANENTE, EVAPOTRANSPIRACIÓN, DISEÑO AGRONÓMICO, DISEÑO HIDRÁULICO.

LUIS
ALBERTO
CAMINOS
VARGAS

Firmado digitalmente
por LUIS ALBERTO
CAMINOS VARGAS
DN: cn=LUIS
ALBERTO CAMINOS
VARGAS, o=IC
RICAAMBA,
Motivo: Soy el autor
de este documento
Ubicación:
Fecha: 2023-11-20
10:58:05.00



0146-DBRA-UPT-IPEC-2023
20-11-2023

SUMMARY

The aim was to determine when, how much, and how to irrigate efficiently. The study was carried out between January and November 2022 in the Chingazo San Francisco sector. The shortage of irrigation water due to inadequate use made it necessary to develop the agronomic and hydraulic design at the plot level of the Chingazo San Francisco Irrigation Project of the Chambo-Guano Irrigation System. The soil analysis showed the following results: sandy loam soil texture, reference evapotranspiration (Et) of 4.25 mm day⁻¹, and soil infiltration of 66 mm h⁻¹; these results guide the selection of the type of irrigation, the most appropriate being micro-sprinkler irrigation. The study showed that the use of irrigation (technified irrigation) increases productivity because it is applied in time, before the crop enters the permanent wilting point, and before the humidity reaches the minimum allowable level of the drying factor. It is recommended to irrigate crops and plantations every eight days for 3 hours per shift.

Key words: IRRIGATION, FIELD CAPACITY, PERMANENT MARCHITES POINT, EVAPOTRANSPIRATION, AGRONOMIC DESIGN, HYDRAULIC DESIGN.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Chingazo San Francisco es una comunidad que pertenece a la parroquia La Matriz del cantón Guano, cuenta con 461 ha de suelos aptos para la actividad agrícola, suelos de textura arenoso que facilita la percolación y lixiviación por infiltración, conociendo estas particularidades, el caudal autorizado para riego es de 91 L s^{-1} (caudal teórico), este caudal, bajo las condiciones edáficas se practica riego por surco o inundación apenas cubriría entre 91 y 153 ha, con una dotación que oscila entre $0.6 - 1.0 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$, y este tipo de riego genera una eficiencia de 35% y a lo mucho 50%, donde es una muestra clara de una deficiencia de agua, por estas causas, el desafío y reto es mejorar la eficiencia y cubrir más áreas de riego (PDL,2010) (Montiel, 2002).

La escasez por el uso ineficiente del agua de riego trae muchas consecuencias negativas, tales como:

- Poca área bajo riego.
- Emigración frecuente de los habitantes.
- Suelos agrícolas abandonados.
- Baja productividad agropecuaria.
- Pobreza, desnutrición y analfabetismo.
- Compra de agua a los tanqueros

1.1.1. Situación actual del problema

Al nivel mundial el 38% de suelos fueron destinadas a la actividad agropecuaria (5000 Mha), mientras que el 21% está bajo riego (IICA, 2017).

Es importante mencionar que a nivel mundial hay enormes pérdidas del recurso como es el agua de riego, llegando en promedio hasta un 55%, ésta pérdida del recurso está caracterizada por: 25% de aguas desaprovechable en el campo, 15% inutilizado por el sistema de riego, 15% de desventaja en la distribución extra predial, y el 45% de agua es efectivamente utilizada por los cultivos (Tapia, 1999), por ende, el reto y desafío es reducir al máximo la pérdida de agua de riego.

Mientras a nivel de América Latina y el Caribe apenas el 13% de la superficie cultivable requieren de riego y de esto se pierde hasta el 60% del agua, debido al uso inadecuado durante el mismo y ésta pérdida se suma a la escasez del recurso (IICA, 2017).

Mientras, Ecuador destina a la actividad agropecuaria 5.2 Mha, de esto 853400 ha tiene infraestructura de riego, de las cuales 663900 ha (78%) utilizan riego por surco, 170100 ha (20%) riego por aspersión y 19400 ha (2%) riego localizado (ESPAC, 2020).

Para AQUASTAT (2000) la escasez y el uso inadecuado del agua se debe a:

Infraestructura de riego no apropiado.

Carencias de obras de almacenamiento de agua que facilite el riego parcelario.

Mala distribución del recurso hídrico en el espacio y en el tiempo.

Bajo nivel de tecnificación con métodos que optimizan el agua.

Débil estructura organizativa, lo que complica la administración, operación y mantenimiento de los sistemas.

Poco interés en programas de capacitación permanente para pequeños y medianos agricultores.

La insuficiencia y uso ineficiente de agua de riego genera efectos negativos como pérdida de agua en la conducción y riego, menos área regada, mayor uso de mano de obra durante el riego y por ende la infiltración y percolación muy elevada en riego tecnificado donde permite baja productividad (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca [MAGAP], 2016).

Para Tarjuelo (2005) el riego tecnificado permite utilizar el agua en forma eficiente, siendo el riego por goteo de 90%, riego por aspersión 70% y riego por micro aspersión 85%. En riego tecnificado (a presión) el caudal ficticio continuo (dotación) es de $0.3 - 0.35 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$, mientras para el riego por inundación la dotación es de $0.6 - 0.7 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ y en ocasiones hasta $1 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$

Para el año 2016, la provincia de Chimborazo tiene área destinada a la actividad agropecuaria en 8% (212.501 ha) del total de áreas cultivadas a nivel nacional y de esto 50963 ha recibieron riego bajo técnicas tradicionales, y solo 800 ha de cultivos recibieron riego tecnificado, esto es riego por micro aspersión y goteo, mientras en el cantón Guano las tierras dedicadas a la actividad agropecuaria rodea los 27779 ha y 8811 ha (30%) recibe riego en forma tradicional, es importante indicar que el caudal propuesto es de 1875 L s^{-1} y la demandada 3002 L s^{-1} (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo [GADPCH], 2016).

Según PDL (2016) el proyecto de riego Chingazo San Francisco tiene una autorización de uso de agua para riego de 92 L s^{-1} otorgado por la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), y este caudal será suficiente para cubrir 153 ha si practica riego por surco, y 297 ha si se aplica el riego tecnificado.

1.1.2. Formulación del problema

¿La insuficiencia de agua de riego obliga a elaborar el diseño agronómico e hidráulico a nivel parcelario del proyecto Chambo-Guano para utilizar el agua de forma eficiente?

1.1.3. Preguntas por resolver

¿En la comunidad de Chingazo la escasez de agua impulsa a definir los sistemas de riego?

¿Se debe realizar levantamientos planímetros para identificar suelos aptos para la agricultura?

¿Se debe realizar los diseños agronómicos e hidráulicos parcelarios?

¿Se debe determinar la topografía de los predios para optimizar el tipo de riego?

¿Se debe realizar el diagnóstico socio económico del sector?

¿Determinar los costos para establecer los sistemas de riego por parcelas del módulo 10?

1.2. Justificación

El presente proyecto consiste en brindar apoyo necesario al sector del agro en la comuna Chingazo San Francisco, dotando agua de riego bajo presión con la finalidad de usar de forma eficiente y oportuno, el riego tecnificado permite incrementar el área bajo riego, mejora la productividad, optimiza el recurso mano de obra. El riego tradicional versus riego tecnificado la dotación del primero es $0.6 - 1.0 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ y del segundo es $0.32 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ respectivamente, esto indica que el riego tecnificado permite cubrir más área con menos agua, de hecho, este tipo de riego incrementa la productividad traduciendo en el crecimiento, desarrollo, progreso y la prosperidad de la economía familiar y campesino del sector y sobre todo se reducirá el fenómeno social de la emigración.

Además, este proyecto permite la generación de empleo familiar, reducir la emigración, mejora la nutrición, optimizar sus ingresos económicos.

El planteamiento agronómico de un sistema de riego es esencial para el funcionamiento y operación del sistema propuesto, que se determinan parámetros importantes como: la frecuencia,

tiempo, la lámina y los turnos de riego, el tipo de aspersores a utilizar, los distanciamientos entre aspersores y otros factores de trascendente importancia.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. General

Elaborar el diseño agronómico e hidráulico a nivel parcelario del proyecto de riego Chingazo San Francisco del sistema de riego Chambo-Guano con el objetivo de utilizar de forma adecuada el recurso.

1.3.2. Específicos

- Analizar la realidad socio económico de la comunidad Chingazo san Francisco.
- Identificar las áreas y realizar el levantamiento planimétrico de suelos aptos y dispuestos para la actividad agropecuaria.
- Determinar la cédula de cultivo con la finalidad de realizar el diseño agronómico e hidráulico parcelario.
- Cuantificar los costos de establecimiento por parcela del sistema de riego del Módulo 10.

1.3.3. Hipótesis

Alternativa: El diseño de un sistema de riego tecnificado permite el uso eficiente del agua en Chingazo San Francisco, Módulo 10.

Nula: El diseño de un sistema de riego tecnificado no permite el uso eficiente del agua en Chingazo San Francisco, Módulo 10.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

Para Carrazón (2007) el proyecto de riego tecnificado se basa en dos diseños: Agronómico e Hidráulico; mientras que, para Tarjuelos (2005) el diseño agronómico es la base fundamental del proyecto de riego, en todo caso, tiene ciertas dificultades, tanto de tipo conceptual como de cuantificación de ciertos parámetros. Por ende, y previo al análisis del diseño agronómico, es imprescindible realizar trabajos de campo con la finalidad de recopilar información primaria y muestras de suelo para laboratorio, aquella información primaria tiene relación con aspectos de carácter social y técnicos (relación agua, suelo, planta y clima) (Maldonado, 2001):

2.1. Estudios previos al diseño agronómico

2.1.1. *Componente social*

Para la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2012) en varios países la economía agrícola modifica en forma y fondo, cuya importancia relativa de la agricultura disminuye a medida que aumenta el Producto Interno Bruto - PIB¹, en los países más pobres del mundo como la nuestra, la agricultura representa más del 30% de la actividad económica, según cifras de 2009, mientras en los países desarrollados la economía proveniente de la agricultura representa menos del 1.5% de la producción económica global, pues aquellos indicadores financieros permite realizar estudios serios y responsabilidad, de esta manera inmiscuyendo al recurso humano.

Por ende, en todo proyecto de desarrollo socio económico el ente importante que juega un papel fundamental son los beneficiarios, que de ellos depende la permanencia o no y para cual se realiza un análisis de carácter participativo y a esto se exige la inclusión de sostenibilidad, estos dos elementos, la participación y la sostenibilidad son característicos del diagnóstico de fincas agropecuarias que lo diferencian del diagnóstico convencional (García, 1999).

Mientras Caballero (2008) menciona que el diagnóstico sistémico implica considerar la unidad de producción como un sistema que contiene múltiples y complejas interacciones entre agricultor-suelo-cultivo-animales-ambiente.

¹ El PIB es un indicador económico que es el resultado de los valores que se agregan en varias de las etapas de producción y se incluyen en todos los sectores de la economía, el período es normalmente de un año, e indica la riqueza que posee un país.

2.1.2. Componente cultivo (biológico)

El cultivo agrícola, son plantas que se pueden sembrar y cosechar extensivamente con fines de utilidad y de subsistencia, aquellos productos agrícolas pueden referirse a las partes cosechadas o a la cosecha en un estado más refinado (Núñez, 2015).

Para Maldonado (2001) el cultivo agrícola sometido a riego tecnificado permite conocer al mínimo detalle las características de las plantas, como: la especie, fase fenológica, la profundidad radicular y el ciclo de cultivo.

Especie a cultivar: Cada especie tienen variedades que cumplen las características propias para su reproducción, siendo unos precoces y otros tardíos, además con sus requerimientos múltiples (Montiel, 2002).

Fases fenológicas: Fase fenológica de un cultivo, son etapas que atraviesa una planta durante el proceso de desarrollo, y en cada época el comportamiento de absorción de nutrientes y minerales son distintas (Carrazón, 2007), y en los cultivos se diferencian cuatro fases del cultivo (Demin, 2014), que son: inicial, desarrollo, media y maduración. Los días de cada fase fenológica son distintas para cada especie e inclusive de cada variedad (Carrazón, 2007), por tal razón es importante realizar estudios detallados y con mucha responsabilidad, debido que de esto depende cuánto, cuándo y cómo regar.

Raíces de las plantas: Según FAO (2006), al diseñar un sistema de riego no se considera toda la profundidad que alcance las raíces del cultivo, entre el 80 a 90% de la profundidad efectiva, porque es la zona más activa del sistema radicular. Además (Carrazón, 2007) menciona que en parcelas con varios cultivos la profundidad radicular se considera el promedio para los cálculos de requerimiento hídrico.

Ciclo de cultivo: Es el proceso biológico de una planta que comprende desde la siembra hasta el fin de la maduración y posterior cosecha, se divide en subperíodos vegetativos y reproductivos delimitados por las fases fenológicas que muestran el cumplimiento de distintas etapas en el desarrollo de la planta (Tarjuelo, 2005).

Coefficiente de cultivo: A partir de las fases fenológicas se obtiene el coeficiente de cultivo (K_c) y a partir de esto se determina la E_{to} del cultivo. El K_c es un valor adimensional que describe las variaciones de la cantidad de agua que son extraídas del suelo por las plantas, a medida de estas

se van desarrollando desde la siembra hasta la cosecha, el Kc varía según el tipo de cultivo y según su estado de desarrollo y en parcelas con varios cultivos se debe calcular el Kc ponderado (Monje, 2018).

2.1.3. Componente edáfico (suelos)

Para Fernández (2010) el suelo constituye el soporte físico para las plantas y les proporciona tanto el agua como los elementos nutritivos disueltos en ella, es un material poroso, compuesto principalmente por: fracción sólida (partícula mineral de diferente forma y tamaño), y fracción porosa (aire y agua), por ello obliga realizar un estudio muy detallado de todas sus propiedades físicas.

Textura del suelo: Los suelos están compuestos de partículas minerales de arena, limo y arcilla, las cuales se diferencian básicamente en su tamaño y forma, la proporción que exista de cada uno de estos grupos define la textura del suelo y su porosidad. Estas características físicas de un suelo son las que determinan la forma y cantidad en que el agua aplicada con un riego es absorbida, infiltrada y redistribuida (Carrazón, 2007).

Según Fontova (2001) la absorción y retención de agua en el suelo depende de la textura y la presencia de materia orgánica, en general, un suelo arenoso o franco arenoso conocidos suelos livianos o de textura gruesa, tiene gran capacidad para absorber el agua e infiltrarla hasta zonas más profundas, de forma que cuando las raíces de las plantas tratan de extraer el agua de dichos poros no encuentran mucha dificultad para hacerlo.

En tanto Fernández (2010) menciona, que, en el otro extremo, los suelos arcillosos o francos arcillosos, llamados también suelos pesados o de textura fina, tienen una porosidad muy alta pero los poros son muy pequeños, esto hace que la absorción e infiltración del agua desde la superficie hacia zonas más profundas sea muy lenta. Estos suelos presentan una elevada capacidad de retención de agua, y de poca infiltración, son suelos que no tienen buena aireación y es frecuente encontrar problemas de encharcamiento.

Profundidad efectiva de riego: Los contenidos medios de agua útil para los cultivos (AU), por cada metro de profundidad, de los distintos tipos de suelo según su textura (capacidad de campo menos punto de marchitez) son los que se reflejan en la siguiente tabla:

El volumen de agua almacenado por cada tipo de suelo se va a ser aprovechado de distinta manera en función del propio cultivo, de su superficie foliar (% de sombreado) y del desarrollo y la

profundidad efectiva de su sistema radicular. Es por este motivo se consideró estos aspectos para determinar los volúmenes de agua precisos a aportar en los distintos riegos y la frecuencia de los mismos ya que en la mayoría de los cultivos herbáceos la profundidad efectiva de las raíces se encuentra entre 50 y 100 cm (Maldonado, 2001).

Densidad aparente: Para Tarjuelo (2005) la densidad aparente es una medida de la porosidad del suelo, se determina dividiendo el peso de suelo seco entre el volumen total, de modo que un mayor valor de densidad aparente significa menor porosidad y se mide en gramos sobre centímetro cúbico, esta propiedad es muy importante porque determina la compactación y la facilidad de circulación de agua y aire, la densidad aparente de un suelo arenoso oscila entre 1.55 – 1.90 y el suelo arcilloso entre 1.20 – 1.30 g cm³, esta variación depende de la presencia de materia orgánica y la labranza del mismo.

Capacidad de infiltración: Para Consorcio Tracasa – NIPSA (2014) la infiltración es el proceso por el cual el agua de la superficie de la tierra entra en el suelo, esta infiltración del agua, en la ciencia del suelo se denomina tasa de infiltración, es una medida de la tasa a la cual el suelo es capaz de absorber la precipitación o la irrigación y se mide en milímetros por hora.

Y la tasa de infiltración es una de las características del suelo más importantes para el diseño, operación y evaluación de sistemas de riego, por lo tanto, es imprescindible realizar ensayos con responsabilidad (Carrazón, 2007).

Según el Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador (CONGOPE, 2016) la tasa de infiltración se expresa en mm h⁻¹ y depende de los siguientes factores:

- Contenido en humedad del suelo, el agua se infiltra más rápido en suelos más secos.
- Textura del suelo, la tasa de infiltración es mayor en suelos arenosos que en arcillosos.
- Estructura del suelo, se infiltra más rápido en suelos bien estructurados que en suelos compactados.

En diseño agronómico se debe considerar que la infiltración siempre debe ser superior a la pluviometría de los emisores de aspersor o de goteros, caso de suceder lo contrario provoca encharcamiento o escorrentía (Demin, 2014).

2.1.4. Contenido de agua en el suelo

La humedad o el contenido de agua en el suelo es una variable compleja que resulta de interés para las ciencias que estudian la pedósfera y su interacción con la atmósfera, como la agronomía, la meteorología, la hidrología y las ciencias del suelo, el contenido de agua en el suelo puede expresarse de tres maneras distintas (Montiel, 2002):

En altura de lámina de agua: Para Maldonado (2001) el agua contenida en un volumen de suelo (el volumen total, el de las partículas del suelo más el de los poros) también puede expresarse en altura de lámina de agua. En una porción de suelo de 1 m³ de superficie y 1 m de profundidad (un volumen de 1 m³), se obtiene el agua contenida en el metro cúbico de suelo y se acumuló sobre la misma superficie, alcanzará una altura y esta lamina se expresa en mm.

Humedad volumétrica: Es el contenido de agua en el suelo relacionado el volumen de agua con el volumen total de suelo (Carrazón, 2007).

Humedad gravimétrica: El agua en el suelo se puede expresar la humedad del suelo como el peso de agua en relación con el peso de las partículas sólidas. Se debe considerar las densidades tanto de agua y como del suelo, siendo 1 kg L⁻¹ y 1.5 t m⁻³. La humedad gravimétrica es la manera más estandarizada de expresar el contenido de agua en suelo (Calvache, 2012).

- **Niveles de humedad del suelo:** Para Núñez (2015), el nivel de humedad del suelo es la proporción de agua en los poros del suelo y su disponibilidad para las plantas, y se menciona los siguientes niveles.
- **Capacidad de campo:** Es un nivel de humedad que se consigue dejando drenar el agua del suelo saturado, este contenido de agua admite la mayor cantidad de agua que el suelo puede llegar a almacenar sin drenar y es ideal para crecimiento de cualquier cultivo, se expresa en porcentaje de volumen de agua (Fernández, 2010).
- **Punto de marchitez permanente:** Si el suelo no recibe un nuevo aporte de agua, la evaporación y la extracción por parte de las raíces hacen que el agua almacenada disminuya hasta llegar al nivel donde las plantas ya no puedan extraer y si esto continua las plantas llegan a morir (FAO, 2006).

- **Saturación:** Tras una lluvia intensa o un riego abundante, todos los poros del suelo se llenan desplazando todo el aire, ocasionando que las plantas se asfixien, posterior a la terminación de riego o lluvia parte de agua se infiltra y percola gracias a la acción de gravedad, este fenómeno en suelos arenosos dura ciertas horas y en suelos arcillosos duran de dos a tres días (Carrazón, 2007).

2.1.5. Componentes climáticos (atmosférico)

El clima es uno de los factores muy importante que induce la pérdida de agua desde el suelo y plantas hacia la atmósfera, aquel fenómeno es conocido con el nombre de evapotranspiración (Et), y los variables climático que actúan directamente en este proceso son la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento (FAO, 2006).

La Et de referencia de cultivo será la suma del agua contenida en el suelo que es utilizada por las plantas en el proceso de transpiración, y la evaporación del agua del suelo que rodea a la planta, la Et de un cultivo representa la cantidad de agua utilizada por la planta y su entorno, y se estima entre 6 al 10% de agua regada forma parte de la biomasa de la planta y el resto (90 al 94%) se pierde por Et, de esto la transpiración constituye el 80 al 90% de la Et terrestre (Muñoz, 2015).

Para Carrazón (2007) el agua perdida por la absorción de las plantas y Et se restablece por el riego y la lluvia, estas aguas una parte llega al suelo y la otra parte quedan retenido en forma de gotas sobre las hojas o sobre la superficie del suelo, ésta es la parte de agua que se evapora con total facilidad, el resto del agua se almacena y el exceso se infiltra hacia las profundidades del suelo. Menciona Maldonado (2001) que el agua perdida por Et se debe cuantificar para su reposición de no hacerlo, el cultivo se verá afectado en su productividad.

Para reponer el agua relajada es imprescindible determinar la Et de cultivo, previo a esto se debe determinar la Et de referencia, el mismo que es parte de una serie de información agroclimática de las estaciones meteorológicas más cercana, la serie para precipitación debe ser al menos 30 años atrás y para otras variables por lo menos 15 años (García, 2001).

Según Santos (2010) para determinar la Et de referencia se utiliza la ecuación de Penman - Monteith que se ajusta a la realidad debido a que considera las cinco variables agroclimáticas: temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa, velocidad del viento y la radiación solar y para determinar la Et de referencia se utiliza el software cropwat. Es importante mencionar que la cobertura de estación meteorológica es de 50 km, para mayor seguridad se considera el

50% de diámetro en zonas de planicies y en zonas de topografía irregular la cobertura se disminuye (Carrazón, 2007).

En lugares distantes de la estación meteorológica se recomienda realizar las interpolaciones de varias estaciones circundantes utilizando algunas técnicas (FAO, 2006), el más utilizado para estos casos es el método de la distancia inversa ponderada (IDW) con la ayuda del software Arcgis.

De acuerdo con Andrade (2013) se recopila y revisa las series mensuales de todas las variables de las estaciones meteorológicas a ser consideradas, con información tomada de los anuarios del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y de las series disponibles del período comprendido entre 15 y 30 años, cuyo procedimiento es la siguiente:

Análisis, selección y desarrollo de los métodos de interpolación de datos espaciales; y, Diseño del Sistema de Información Climático (Arcgis) para el manejo de la base de datos, se debe ingresar las coordenadas del punto de estimación de las características del clima, la búsqueda de estaciones, la selección del método de interpolación, el ingreso de datos adicionales en función del método de interpolación priorizado, y, la presentación de resultados, el procedimiento de interpolación utilizado se sustenta en los métodos locales, que consisten en la utilización de los valores más próximos al punto de interpolación (de interés), para estimar el valor requerido de la variable, como una media ponderada, el método de mayor cobertura es Inverso a la Distancia (IDW).

Paz (2015) una vez determinado la Et de referencia a través de la interpolación, se somete a determinar el Kc y finalmente con estos dos insumos se calcula la Et de cultivo. El Kc se varía según la cantidad de agua que extrae del suelo a medida que se va desarrollando, desde la siembra hasta la recolección, dentro de este proceso se diferencian cuatro estados vegetativos o fases del cultivo y el valor de Kc irá variando a lo largo de las fases.

- Fase inicial: desde la siembra hasta que existe un 10% de cobertura del suelo.
- Fase de desarrollo: desde el 10% de cobertura hasta la cobertura máxima, lo cual sucede habitualmente en el momento de la floración.
- Fase media: entre la floración y el inicio de la madurez, cuando las hojas comienzan a amarillear y caer, y los frutos a madurar.
- Fase de maduración: desde la madurez hasta la recolección.

2.1.6. Componente agua

La calidad del agua de riego es fundamental para la elección del método de riego, su manejo y el cultivo a implantar, esto determina las sales que se encuentran en ella, y dependerá de la naturaleza de éstas y de sus concentraciones (Carrazón, 2007).

López (2003) los principales problemas relacionados con el uso de aguas salinas, son: reduce la disponibilidad de agua para los cultivos, provoca el encharcamiento de agua, genera toxicidad a los cultivos, obstruye los emisores, corroe el sistema de conducción.

Para Tarjuelo (2005) los cationes y aniones que componen las sales solubles que dan lugar a la salinidad del agua son: sodio (Na⁺), calcio (Ca²⁺), magnesio (Mg²⁺), potasio (K⁺), cloruro (Cl⁻), sulfato (SO₄²⁻), nitrato (NO₃⁻), bicarbonato (HCO₃⁻).

Según Maldonado (2001) la tolerancia relativa de los cultivos agrícolas a la salinidad son las siguientes:

Los cultivos tolerantes a la salinidad son: Cebada (*Hordeum vulgare*), algodón (*Gossypium*), remolacha (*Beta vulgaris*), centeno (*Secale cereale*).

Cultivos moderadamente sensibles son: haba (*Vicia faba*), maíz (*Zea Mays*), lino (*Linum usitatissimum*), cacahuete (*Arachis hypogaea*), arroz (*Oryza sativa*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y girasol (*Helianthus annus*).

Cultivos moderadamente tolerantes son: frejol (*Phaseolus vulgaris*), avena (*Avena sativa*), sorgo (*Sorghum*), soya (*Glycine max*), trigo (*Triticum durum*).

Cultivos sensibles a la salinidad son: ajonjolí (*Sesamum indicum*).

2.1.7. Diseño agronómico

El conocimiento de las necesidades hídricas de los cultivos es importante para mejorar el diseño, la proyección de la gestión de los polígonos y sistema de riego. Es considerable tres funciones distintas de escasez hídrica para considerar adecuadamente los requerimientos de agua de los cultivos.

- Necesidad hídrica bruta de los cultivos son el volumen de agua que un determinado cultivo cumpla para su desarrollo recomendable. Normalmente se denomina evapotranspiración.
- Necesidades netas de riego de los cultivos, establecen el volumen de agua que el sistema de riego debe proporcionar al sistema radicular de los cultivos. Calculadas como la diferencia entre las necesidades hídricas brutas y los aportes naturales de agua (Martínez, 2004).

El diseño agronómico representa la primera fase de cualquier tipo de riego ya que se calcula el caudal para el diseño de las instalaciones que conducirá el agua para riego, correspondiendo las necesidades brutas de riego en la época de máxima necesidad del recurso. Es importante elaborar un proyecto de riego, ya que si no se dispone de un diseño agronómico adecuado se puede tener dificultades de la elaboración del diseño hidráulico (Cabrera Molina, 2016).

Antes de empezar el diseño agronómico se debe tomar en cuenta principalmente de las condiciones topográficas, edafológicas, agronómicas, hidráulicas y climáticas de la zona de estudio (Reyes, 2017).

El diseño agronómico se desarrolló en tres fases (CONGOPE, 2016):

2.1.8. Estimación de las necesidades de agua de los cultivos

Para Carrazón (2007) la estimación de la necesidad del agua se fundamenta en:

- a. Cálculo de la precipitación confiable al 75%
- b. Cálculo de la precipitación efectiva
- c. Obtención de los datos de cultivo necesarios para dibujar las curvas del factor Kc
- d. Cálculo de la Et de cultivo y de las necesidades netas de riego máximas.

2.1.9. Determinación de los parámetros de riego: dosis, frecuencia o intervalo entre riegos, duración del riego, número de emisores por postura, caudal necesario

Para Monje (2018) el cálculo de parámetros de riego se fundamenta en:

- a. Datos del suelo
- b. Profundidad efectiva de raíces

- c. Cálculo del agua utilizable
- d. Dosis neta de riego
- e. Máximo intervalo de riego
- f. Dosis neta ajustada
- g. Dosis bruta de riego
- h. Tiempo de aplicación
- i. Necesidades brutas
- j. Área regable o caudal necesario
- k. Selección del aspersor.

2.1.10. Disposición de los emisores en el campo

Según Ojeda (2015) la elección de la ubicación de los aspersores, micro aspersores y/o goteo, es un emisor de suma importancia, al momento de proyectar un riego a fin de obtener una óptima y regularizar la distribución del agua en la superficie a regar, se deberá tener una especial atención para asegurarse de que toda la superficie a regar queda efectivamente cubierta, las áreas irregulares, presencia de árboles, arbustos, construcciones, imponen un ajuste en la ubicación de los aspersores, generando figuras geométricas irregulares o de formas no perfectamente congruentes con lo visto hasta ahora, por este motivo es necesario actuar con un poco de subjetividad a la hora de ubicar los aspersores y de escoger la separación adecuada entre ellos, respetando al máximo posible las distancias marcadas por las características dadas por el fabricante.

No se debe restringir el tiempo en reflexionar sobre las posibles soluciones (nunca es única), ya que una buena elección y distribución de los emisores hará que nuestra instalación sea económica y eficaz, es decir, se debe buscar la solución más económica de las que cumplan con las necesidades demandadas por las plantas.

Para la elección debe estar basada en función de tres parámetros principalmente:

- Áreas a regar.
- Tipo de plantas a regar.
- Caudal y presiones disponibles.

2.2. Diseño hidráulico a nivel parcelario

Para desarrollar el diseño hidráulico se utilizan las magnitudes físicas que se expresan en las siguientes unidades: El caudal (Q) se lo expresa en litros por segundo (l/s), el diámetro nominal de las tuberías (D) se expresa en milímetros (mm), la presión se puede expresar en metros de columna de agua (mca), bares (bar), psi (lb/plg²) (Carrazón, 2007).

Para Fernández (2010), el diseño hidráulico se determinarán las dimensiones de todos los componentes de la instalación de riego, de forma que se pueda aplicar el agua suficiente para los cultivos durante cualquiera de sus fases de desarrollo; otro objetivo es conseguir que la aplicación del agua en forma de lluvia sobre el suelo sea suficientemente uniforme, con todo ello se podrán obtener buenas producciones con el menor gasto de agua, es preciso, sin embargo, hacer una importante anotación, el valor de uniformidad de aplicación que se utilizara en el proceso de diseño hay que elegir previamente.

Hay que tener en cuenta que, optando por una uniformidad alta, se estará eligiendo una instalación de riego que ahorrara agua e incrementar la producción de los cultivos, lo que siempre es necesario, pero también será mayor el coste de la instalación ya que las presiones deberán ser más uniformes, mayores los diámetros de tuberías, se necesitan reguladores de presión, así pues, habrá que llegar a un equilibrio, eligiendo una uniformidad lo suficientemente elevada que permita aprovechar el agua al tiempo que se obtienen buenas producciones, sin que el costo sea excesivo, en cualquier caso, el coeficiente de uniformidad (CU) elegido debe ser mayor o igual que 75% (Carrazón, 2007).

Según Calvache (2012) para lograr una buena uniformidad de aplicación del agua será necesario que la presión en todos los aspersores a lo largo del ramal de aspersión sea similar, como ya se ha comentado anteriormente, el agua perderá presión a su paso por las tuberías, en las conexiones, piezas especiales, lo que se conoce como pérdida de carga, también se perderá presión si la tubería es ascendente, mientras la ganará si es descendente.

De acuerdo con Gavilánez (2019), debido a las pérdidas de carga y a las pendientes, se producirá una diferencia de presión entre los diferentes ramales porta aspersores colocados a lo largo de una tubería secundaria y entre distintos aspersores de un mismo ramal, para que las diferencias de presión dentro del mismo ramal sean lo menores posible, se intentará colocar los ramales paralelo a las curvas de nivel o bien ligeramente descendentes; en cualquier caso, los ramales de aspersión deben instalarse paralelos a las líneas de cultivo, otra recomendación consiste en colocar los

ramales paralelos a las linderos o caminos más largos, con lo que la instalación queda mejor distribuida, siempre que se cumplan las recomendaciones anteriores.

Para conseguir una buena uniformidad, es conveniente que la diferencia de caudal entre el aspersor que suministra menor cantidad de agua y el que más suministra no sea mayor que el 10% del caudal medio de todos los aspersores de ese ramal (Ojeda, 2015).

2.2.1 Selección del material de la tubería

Son seis criterios fundamentales que orienta la selección del material del sistema de riego parcelario (Gavilánez, 2019):

- La diferencia de altura
- Derechos de paso
- Profundidad de terreno
- Disponibilidad de mano de obra
- Topografía de terreno
- Y el presupuesto con que cuenta el proyecto.

Necesidad de presión dinámica

Para calcular la pérdida de carga (h_f) del sistema se utiliza la siguiente ecuación: de Hazen – Williams.

$$h_f = 10.672 * \frac{L}{D^{4.871}} * \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852}} \quad [1]$$

Donde:

h_f = pérdida de carga (m)

L = longitud de la tubería (m)

D = diámetro interior (m)

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

C = coeficiente de pérdida (depende del material a utilizar)

Colocación de reguladores de presión

Para Monje (2018) en sitios donde la presión del agua es muy elevada se puede realizar dos obras: colocación de cajas rompe presión (CRP) o se coloca los reguladores de presión con la finalidad de reducir y proveer la presión adecuada a los micro aspersores.

Válvulas de aire y de limpieza

Se coloca las válvulas en los puntos altos del sistema con el fin de eliminar el aire que se retiene el sistema.

Plano final

La elaboración del plano final del diseño hidráulico de riego se utiliza el software IrriCad² o a su vez se puede exportar a autocad (Carrazón, 2007).

Identificación de variables

Las variables dependientes e independientes importantes del sistema de riego Los Chingazos, son: las características edáficas, climáticas, los cultivos, rendimientos, caudal de precipitación artificial.

2.2.2. Operacionalización de variable

Son las especificaciones de las actividades necesarias para medir una variable, el cuadro siguiente nos muestra.

Variable Dependiente	Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Definición de los indicadores	Criterio de medición	Técnica	Instrumento	Escala
Contenido de Humedad a Capacidad de Campos (CC)	Es el almacenamiento máximo de agua en el suelo, que ocurre después 24 horas de haber drenado el agua contenida en los microporos, por acción de la gravedad.	*Volumen (mm/10 cm suelo) *Porcentaje (%)	Contenido de humedad de un suelo	Contenido de humedad de un suelo, expresado en porcentaje o volumen	Porcentaje Volumen	Se obtiene a partir de información primaria y secundaria	Para recolectar muestras de suelo se requiere: azudón, Funda plástica, Balanza, Estufa	N/A

² Es un paquete de diseño autónomo, basado en gráficos y asistido por computadora, desarrollado específicamente para el diseño de sistemas de irrigación a presión o de suministro de agua.

Contenido de Humedad Punto Marchitez Permanente (PMP)	Es la cantidad de agua del suelo atrapada a una presión mayor a la cual las plantas son incapaces de extraer y demostrarla marchites.	*Volumen (mm/10 cm suelo) *Porcentaje (%)	Contenido de humedad y del suelo.	Contenido de humedad del suelo, expresado en porcentaje	Porcentaje Volumen	Se obtiene a partir de información primaria y secundaria	Para recolectar muestras de suelo se requiere: azadón, Funda plástica	N/A
Análisis físico y químico del suelos.	Permite determinar la densidad aparente, la densidad real, la textura, estructura y los contenidos de macro y microelementos.	*Porcentaje *Partes por millón (ppm) *Kilogramos por hectárea (Kg/Ha)	Densidad aparente, densidad real, la textura, la estructura y los contenidos de macro y microelementos.	Fuentes imprescindibles para el desarrollo de los cultivos	Contenido de partículas del suelo y los elementos químicos.	Recolección de muestras y análisis en laboratorio	Para recolectar muestras de suelo se requiere: azadón, Funda plástica, Balanza.	Alto, Medio, Bajo
Producción agrícola	Es el resultado de la explotación de la tierra para obtener bienes.	Kilogramos (Kg)	Producción sobre una unidad de superficie	Es la cantidad de producto o ende bruto (sin clasificar)	Cantidad producción	Levantar información en campo.	*Encuestas. *Sistematización de resultados.	N/A

2.2.3 MATRIZ DE CONSISTENCIA

Formulación del Problema	Objetivo General	Hipótesis	Variable Dependiente	Indicadores	Técnica	Instrumento
Las condiciones climáticas y edáficas muy adversas obligan a realizar el uso eficiente del agua y para esto es necesario realizar el diseño agronómico e hidráulico.	Elaborar el Diseño Agronómico del sistema de riego parcelario para el proyecto Chambo-Guano, fase II, para la comuna Chingazo Modulo N° 10, parroquia La Chingazo, cantón Guano, provincia Chimborazo.	El diseño agronómico e hidráulico parcelario es una herramienta básica para la gestión del riego en el proyecto de la comuna Chingazo, modulo N° 10.	Análisis físico químico de suelos.	Contenido de y micro y macro elementos, la porosidad, la textura.	Recolección de muestras y análisis en laboratorio	Palas, fundas y laboratorio
			Patrón de cultivos	*Superficie de un determinado cultivo en la zona. *Porcentaje que representa el cultivo total de la superficie.	*Encuestas *Visitas de campo *Actualización catastral	Encuestas, Hoja de cálculo
			Contenido de Humedad al Capacidad de Campo (CC)	Contenido de humedad de un suelo Capacidad de Campo	Recolección de muestra de suelo.	Azadón, Funda plástica, Balanza, Estufa

			Contenido de Humedad a Punto de Marchitez Permanente (PMP)	Contenido de humedad de un suelo a Punto de Marchitez Permanente	Recolección de muestra de suelo.	Hoja de cálculo
--	--	--	---	---	--	--------------------

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Caracterización del área en estudio

3.1.1. *Ubicación Política.*

El lugar en estudio está ubicado en:

Provincia:	Chimborazo
Cantón:	Guano
Parroquia:	La Matriz
Sector:	Chingazo San Francisco – módulo 10

3.1.2. *Ubicación geográfica*³

El módulo 10 está situado en Chingazo San Francisco y geográficamente de acuerdo a las coordenadas proyectadas en UTM, WGS 84, zona 17 S está situada sobre la coordenada de referencia⁴ de:

X: 769032.0

Y: 9819382.0

3.1.3 *Ubicación climática de la zona*

Según Holdridge (2000) ecológicamente basada en zona de vida, el área en estudio se ubica de la siguiente manera:

Altitud:	2662 msnm
Temperatura mínima anual:	8.3 °C
Temperatura máxima anual:	20.2 °C
Precipitación media anual:	438 mm
Radiación solar media anual:	5.3 h

³ Los sistemas del Ministerio del Ambiente y Agua, gestionados a través del SUIA, emplean información geográfica definida en el sistema de referencia WGS84, proyección UTM, zona 17 Sur del 2020.

⁴ Equipo GPS, configuradas con las características definidas por la Autoridad Ambiental (WGS84- UTM-17Sur).

3.1.4. Área de riego

El módulo 10 de Chingazo San Francisco comprende de 41.2488 ha, que corresponde al área neto de riego a presión, de hecho, estas áreas se subdividen en bloques, con la finalidad de realizar manejo apropiado de operación y mantenimiento del sistema, además estos bloques facilitan realizar riego por turnos que a su vez permiten aplicar riego con una frecuencia de 8 días y la duración de riego depende de cada cultivo a establecer.

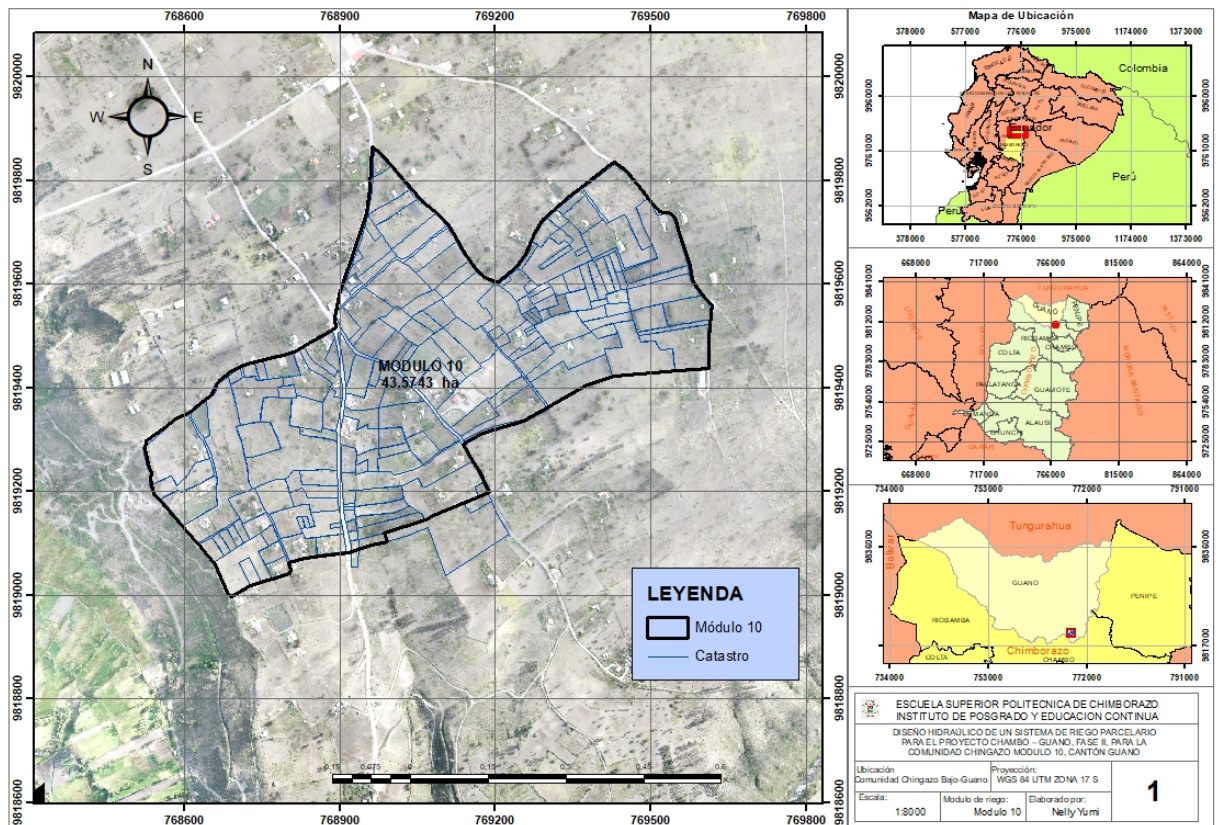


Figura 1-3 Mapa de la ubicación del módulo 10.

3.1.4. Materiales

Los materiales y equipos utilizados en la presente investigación de diseño agronómico e hidráulico a nivel parcelario, son las siguientes: barreno, infiltrómetro de doble anillo, software Irricad, software Autocad versión 2022, software Arc Map 10.5, tubería, accesorios de tubería, muestras de suelo, muestras de agua, GPS trimble, clinómetro, muestras de suelo, muestras de agua.

3.1.5. Metodología

La metodología utilizada en el desarrollo de la presente investigación se basa en una caracterización de todos los aspectos relacionadas a los factores: agua, suelo, clima y cultivo, de hecho, cultivos que se adapten a la zona influenciada de agentes edáficas y climáticas predominante, a más de los factores naturales se considera en nuestro estudio la evaluación socio económico de los beneficiarios, la única finalidad es determinar el impacto positivo del proyecto de riego tecnificado. Para una mejor comprensión el presente trabajo de investigación se compone de dos fases, el primero comprende del diseño y estudio, y la otra fase corresponde a la ejecución, este último no se abordará en nuestra investigación:

3.1.6. Estudios base

Para definir la técnica adecuada de riego en el módulo 10 ubicado en Chingazo San Francisco, se determinó diferencia de desnivel del módulo, posterior a esto, se realizó la sectorización, el catastro, estudios socioeconómicos a través de encuestas a los beneficiarios directos del proyecto, esta última variable se realizó con la finalidad de determinar los ingresos económicos pre y post de la ejecución del proyecto, además este estudio se permitió conocer de muy cerca la cédula de cultivo, se refiere al cultivo de mayor impacto de la zona Chingazo San Francisco.

3.1.7. Fase de diseño y estudio

Según, Calvache (2012), para investigaciones sobre el establecimiento de riego tecnificado recomienda considerar tres componentes principales, siendo el más importante la parte social (beneficiarios), que este componente depende la sostenibilidad o no del proyecto, una vez desarrollado este componente se realizó el estudio de la parte técnica comprendido del diseño agronómico e hidráulico a nivel parcelario.

Estudio socio – económico de los beneficiarios del sistema de riego Chingazo San Francisco, módulo 10

3.2. Diagnostico participativo

La evaluación socio económico actual de la zona de intervención se basa en la metodología recomendada por León (2005), que consiste en recopilar información de carácter primaria a través de la encuesta a una muestra que represento a toda la población, aquella muestra se obtiene

utilizando la técnica estadística del muestreo aleatorio simple, que es una técnica que encaja muy bien para población grande, pero de carácter finito y cuantitativo, con esto se ahorra en costo y tiempo. La recopilación de información se obtiene al momento que se realiza las visitas en sus viviendas aquellas personas que fueron seleccionados, y estos posteriormente son tabulados obteniendo de esta forma los resultados esperados, para ello se utiliza la ecuación expuesta por Aguilar (2005) [1]:

$$n = \frac{NZ^2S^2}{d^2(N - 1) + NZ^2S^2} \quad [2]$$

Dónde:

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población

Z = valor de Z crítico, calculado en las tablas del área de la curva normal. Llamado también nivel de confianza, al 96%

S² = varianza de la población en estudio (que es el cuadrado de la desviación estándar y puede obtenerse de estudios similares o pruebas piloto)

d = nivel de precisión absoluta. Referido a la amplitud del intervalo de confianza deseado en la determinación del valor promedio de la variable en estudio.

Esta ecuación permitió encontrar el número de involucrados a ser encuestados, de hecho, las preguntas que son despejadas por los beneficiarios corresponden a las siguientes variables: a) vivienda y hogar, b) salud, c) fecundidad, d) uso de tiempo (agrícola, pecuario, o una combinación de estos), e) educación, f) servicios básicos, g) fuentes de ingresos, h) las costumbres, aquellas variables consultadas son recomendadas por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC, 2015).

Diseño agronómico

Se basa en enunciado emitida según, Carrazón (2007) que, el diseño agronómico es fase fundamental del sistema de riego y un error en esta etapa que impactó en el diseño hidráulico, y provocó las pérdidas de rendimientos de los cultivos, por ende en esta lapso es importante realizar estudio de campo con mucha responsabilidad, haciendo recorrido todo el polígono reconociendo los cultivos, recolectando muestras de suelo para enviar al laboratorio para el análisis físico y químico, reconociendo las vías de accesos para conducir la tubería primaria, además, se recurre a la información secundaria para obtener información acerca del clima, en resumen el diseño agronómico es un estudio de la relación entre agua, suelo, planta y clima.

Factor agua

La determinación del contenido de agua en el suelo se expresa de tres maneras distintas:

- a. Humedad gravimétrica, se refiere con base en la masa, esta humedad se determina por método directo y técnica sencilla que consiste en sacar la muestra de suelo en estufa a 105°C por 24 horas y se realiza la operación aritmética de diferencia de peso húmedo de suelo y el peso seco de la misma muestra y el resultado de diferencia es peso de agua.
- b. Humedad volumétrica, se refiere con base al volumen, se determina como un porcentaje del volumen total del suelo, es la relación entre el volumen de la fracción líquida y el volumen de la muestra de suelo.
- c. Altura de lámina de agua, este último es el método utilizado para nuestro estudio y a continuación se detalla detenidamente.

Para determinar la lámina de agua contenida en el suelo, se aplicó un determinado volumen de agua, el cual es distribuido en una determinada área de terreno, aquella distribución se realiza uniformemente con la finalidad de formar una lámina de agua, y esta lamina se mide con una regla graduada y la misma lamina se expresa en milímetros (mm), matemáticamente se representa con la siguiente ecuación:

$$mm = \frac{V (L)}{A^2} \quad [3]$$

Dónde:

mm = lámina de agua

V = volumen de agua en litro

A = área de suelo en metros cuadrados

Factor suelo

Recolección de la muestra de suelo

La recolección del suelo para el análisis físico y químico se realizó de la siguiente manera: el módulo 10 se divide en tres partes, la parte baja, media y alta, con el fin de homogenizar y poder tomar las muestras al azar, y dentro de cada división se recolecto la sub muestras en zig zag, haciendo unas pequeñas calicatas en V de profundidad que va desde 0-20 cm para cultivos anuales y en frutales entre 20-40 cm de profundidad, la extracción de muestras se realiza 24 horas

posterior al riego, estas sub muestras se mezcló muy bien para obtener una muestra compuesta de aproximadamente 1 kg colocados en fundas herméticamente selladas y etiquetadas y esto se envió al laboratorio para su análisis físico, químico, humedad a capacidad de campo, el punto de marchites permanente, contenido de materia orgánica, PH, conductividad eléctrica, densidad aparente y porosidad.

Análisis de suelo en laboratorio

En el laboratorio se determinó las propiedades físicas del suelo, como: la humedad a capacidad de campo, humedad a punto de marchites permanente, densidad aparente, textura y la porosidad, y la técnica utilizado en la cuantificación es el gravimétrico.

Las ecuaciones utilizadas para determinar las propiedades del suelo son las que se enuncia a continuación:

Capacidad de campo:

$$\%CC = (Psh - Pss) * Pss \quad [4]$$

Dónde:

CC = capacidad de campo en %

Psh = peso del suelo húmedo

Pss = Peso del suelo seco

Punto de marchitez permanente

$$\%PMP = \%CC * 0.74 - 5 \quad [5]$$

Dónde:

PMP = punto de marchitez permanente

CC = capacidad de campo

Densidad aparente

La densidad aparente se determina a partir de la muestra que se recolecto para determinar las propiedades físicas y químicas, esta muestra se lleva a secar en una estufa a 110° C durante 24 horas o hasta obtener un peso constante, se determinó la humedad, además, se determinó el volumen del cilindro midiendo el diámetro y la altura del mismo pero son medidas internas, y el resultado se expresa en mega gramos por metro cúbico (Mg m⁻³).

Textura

La textura se prescribió siguiendo la técnica analítica de Bouyoucos, que consistió en pesar 50g de suelo seco, se pasó a un Erlenmeyer adicionando 10 ml de dispersante, se dejó reposar durante unos minutos y se agito por 2 horas. La suspensión del suelo se vierte en el cilindro de 1000 ml, con agua destilada llevar el nivel del agua hasta la marca inferior del cilindro con el hidrómetro dentro, agitar vigorosamente y sumergir el hidrómetro a los 40 segundos se tomó la lectura del hidrómetro y la temperatura, se dejó el recipiente quieto que no se perturbe la solución y pasadas 2 horas se volvió a tomar las lecturas.

Infiltración

La determinación de la velocidad de la infiltración consistió en el uso de un infiltrómetro de doble anillo por ser uno de los métodos más clásicos y usuales. El proceso para la operación en campo fue el siguiente:

Elección de lugar representativo del terreno, se limpió y se despejó el sitio sin enturbiar el suelo, sacando hojas, malezas, pasto u otros elementos que impidió el flujo normal del agua.

Colocación de cilindros enterrados entre 7 a 10 cm de la forma más vertical posible, para esto se ubicó una tabla sobre el cilindro y luego se martilló en forma pareja por todo su borde.

Ubicación de la regla vertical en el anillo interior para medir el nivel del agua y fijar con cinta adhesiva la regla al cilindro.

Se cubrió el interior del cilindro con una bolsa de plástico, para amortiguar la caída de agua y no alterar el fondo del suelo, se vació los bidones o baldes con el agua que normalmente se usó para riego, hasta que el nivel del agua quede entre 15 a 20 cm.

Se registró inmediato el tiempo y nivel de agua, al principio, los intervalos de tiempo entre dos mediciones son más frecuentes (uno o dos minutos), luego es posible distanciar este intervalo en función de la tasa de descenso observada en el cilindro.

Se continuó registrando hasta que la tasa de descenso se estabilizo y la variación entre dos medidas sucesivas sea inferior a 10%.

La lectura se registró según la (Tabla 1–3), y se calculó las láminas parciales infiltradas, lámina acumulada, tiempo parcial y acumulado, así como también los valores de relleno al valor constante de lámina. Para la determinación de estas informaciones se utilizaron las ecuaciones

Tabla 1–3: Indicadores de toma de datos en prueba de infiltración de agua en el perfil del suelo.

Tiempo			Lámina de agua (cm)		Lámina acumulada (f)	Infiltración instantánea (g)
Hora (a)	Diferencia (b)	Acumulado (c)	Lectura (d)	Diferencia (e)		
	Minuto	Minuto			mm	mm h ⁻¹

Fuente: Registro de campo

Realizado por: Nelly Yumi

3.3. Procesamiento de información de campo

A partir de la información obtenida en campo, y mediante ajuste por mínimos cuadrados en hoja de cálculo, se graficó los datos usando un modelo de tendencia exponencial, (función “Agregar línea de tendencia”) con lo que se obtuvo los parámetros empíricos del modelo de Kostiakov para las ecuaciones de velocidad de infiltración instantánea y de Infiltración acumulada, así como también sus respectivos coeficientes de determinación, el procedimiento se detalla a continuación.

Una vez escritos los datos de campo a una hoja electrónica, se seleccionó la columna “Tiempo acumulado” como variable independiente y luego la columna “Velocidad de infiltración” como variable dependiente, esto es, los valores de x en la primera y los valores de y en la segunda columna, a continuación, fue seleccionado todas las celdas, este será el aspecto de la hoja.

Luego en “Insertar” se va a la sección “Gráfico” del menú de barra y se selecciona la opción “Dispersión”.

Haciendo click en el gráfico se abren diferentes opciones de formato. También es posible asignar nombre a los ejes.

Pinchando un punto de la curva con el botón derecho se despliega menú y se seleccionó “Agregar línea de tendencia”.

Del cuadro de diálogo, se seleccionó “Potencial” y se marcó las casillas de “Presentar ecuación en el grafico” y “Presentar R² en el gráfico” se terminó el proceso de ajuste por mínimos cuadrados en hoja electrónica.

Para determinarse la infiltración básica se utilizó la ecuación de Grassi, a continuación, se presentan todas aquellas ecuaciones que sirven para obtener nuestro resultado:

$$I_{acum} = At^B \quad [6]$$

Dónde:

I_{acum} = Infiltración acumulada (mm)

A = Constante que depende de la estructura inicial del suelo (en seco), es la lámina que se infiltra en el primer instante mayor que cero (mm)

t = tiempo de infiltración (hora)

B = constante que depende de la estabilidad de la estructura del suelo frente al agua, que está entre 0 y 1

$$li = at^b \quad [7]$$

Donde:

Li = infiltración instantánea (mm h⁻¹)

a = A. t. 60

-b = t - 1

$$A = \frac{a}{((b + 1) * 60)} \quad [8]$$

$$B = (b + 1) \quad [9]$$

$$I_{basica} = a(-600b)^b \quad [10]$$

Dónde:

I básica = infiltración básica (mm h⁻¹)

Factor planta (cultivo agrícola)

En el análisis de la demanda de agua, el componente planta o cultivo en su conjunto se estudió las fases fenológicas y los coeficientes de cultivo en cada etapa y se desarrolló de cada cultivo.

Además, cuando existen varios cultivos se obliga a realizar el cálculo de coeficiente de cultivo ponderado.

Se determinó el área de intervención de investigación.

Se determinó área de cada especie cultivada.

Se consigue el coeficiente de cultivo de cada especie cultivado en aquella área de investigación.

Por último, se calcula el coeficiente de cultivo ponderada, utilizando la ecuación siguiente.

$$Kc \text{ ponderado} = \frac{\text{Área 1} * Kc1 + \text{Área 2} * Kc2 + n}{\text{Área 1} + \text{Área 2} + n} \quad [11]$$

Dónde:

$Kc \text{ ponderado} = Kc \text{ ponderado mensual}$

$Kc = Kc \text{ mensual}$

Además, para ajustar el Kc ponderada se utiliza el método de Hargreaves que tiene relación con el ciclo de cultivo y los meses de siembra y de cosecha, la ecuación 11 permite determinar.

$$Kc = 0,01335 + 0,04099 * \text{©} - 0,00040 * \text{©}^2 \quad [12]$$

Dónde:

$Kc = \text{coeficiente de cultivo}$

$\text{©} = \text{etapa de cultivo}$

Igualmente, en la determinación de la demanda de agua la profundidad de las raíces de cultivos inmersos dentro de área de investigación, se realiza, así:

Se determinó área de intervención por la investigación.

Se identificó los cultivos

Se realizó las calicatas con el fin de medir la profundidad de raíces de cada cultivo, este proceso se realizó cuando existe la cédula de cultivo.

Se determinó la profundidad radicular promedio, que para nuestro cálculo de demanda de agua de los cultivos servirá esta información obtenida.

Factor clima

Factor clima, es uno de los factores que permitió determinar el requerimiento hídrico de los cultivos, pues aquellas variables de este factor son las siguientes: temperatura mínima, temperatura máxima, velocidad máxima, radiación solar y porcentaje de humedad relativa, y para

obtener la información más confiable se siguió la metodología propuesta por Andrade (2013), que recomienda realizar los siguientes:

Recopilar el historial de 30, 26 y 25 años respectivos de la información climática de las tres estaciones meteorológicas, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Aeropuerto – Riobamba (código M0057) y Pungales (código M0243).

Con la información obtenida en el ítem anterior se determinó la evapotranspiración de referencia y la precipitación al 60% de ocurrencia de cada estación por el método de Penman Monteith, utilizando el software Cropwat.

A continuación, la información de Et de referencia y la precipitación de las tres estaciones, se interpoló utilizando el software Arcgis 10.5, cuyo proceso se realizó utilizando la metodología sugerida por (Rodríguez, 2033), y a continuación se detalla:

Una vez obtenida la información de Et de referencia de cada estación meteorológica se ingresó a la hoja de cálculo las coordenadas, los valores de Et de referencia y nombres de las estaciones meteorológicas, posterior a esto.

En arcgis 10.5 se corta el polígono a nivel del módulo de nuestra investigación, debido a que la interpolación se hará a nivel de esto.

Hoja de trabajo de arcgis 10.5 debe estar abierto para importar el archivo de hoja de cálculo, de hecho, el archivo debe estar con extensión tipo csv (delimitado por comas).

Una vez importado el archivo de hoja de cálculo en arcgis 10.5, dirijo al search, escribo *IDW*, selecciono *IDW (Spatial Analyst) (tool)* de inmediato aparece un cuadro, que en la primera pestaña importo el archivo de hoja de cálculo guardado en csv, en la segunda pestaña por defecto me sale X, luego debo escoger los meses de enero a diciembre en forma independiente, y en la tercera pestaña ubico el nombre del archivo en este caso int_ene y así para cada mes, y en lugar donde se va a guardar, posterior a esto me dirijo al Environments, y en processing extent y same as display ok y ok.

En search escribimos mask, y escojo extract by mask (spatial analyst) (tool), de inmediato aparece un cuadro y en la primera ventana coloco el archivo interpolado en el ítem anterior, en la segunda ventana arrastro el polígono del módulo 10, se realizó esto con la finalidad de cortar la información de evapotranspiración a nivel del módulo, y en la tercera ventana direcciono el lugar

en donde se guarda y el nombre, en este punto del proceso ya se obtiene el valor de evapotranspiración de referencia interpolado con los valores máximo, promedio y mínimo.

Pues, la información de evapotranspiración de referencia obtenida a través de la interpolación sirve para determinar la evapotranspiración de cultivo por medio de la ecuación N° 12, de hecho, a esto se multiplica el coeficiente de cultivo.

$$Etc = ETo \times Kc \quad [13]$$

Dónde:

Etc = evapotranspiración de cultivo

Eto = evapotranspiración de referencia

Kc = coeficiente de cultivo

Una vez determinado la evapotranspiración de cultivo y la precipitación se calcula el balance hídrico mensual, utilizando la operación aritmética de diferencia entre la oferta menos la demanda hídrica, para esto se vale de la hoja de cálculo.

Cálculos de los parámetros de riego

Para determinar todos los parámetros de riego se sigue el proceso anunciado por. Waldo (2015) con la información detallada de suelo, agua, planta y clima se determinó los siguientes parámetros agronómicos, y para cada parámetro se utiliza las ecuaciones específicas:

Cálculo del agua utilizable

$$AU = 10 * (CC - PMP) * da * Pr \quad [14]$$

Dónde:

AU = agua utilizable

CC = capacidad de campo

PMP = punto de marchitez permanente

da = densidad aparente

Pr = profundidad radicular

Dosis neta de riego

$$Dn = DPM * AU/100 \quad [15]$$

Dónde:

Dn = dosis neta de riego

DPM = déficit permisible de manejo

AU = agua utilizable

Máximo intervalo entre riegos

$$Im = Dn/Nn \quad [16]$$

Dónde:

Im = máximo intervalo entre riegos

Dn = dosis neta en mm

Nn = necesidad neta en mm/día

Se debe tomar en cuenta que el resultado de esta ecuación es el intervalo máximo agronómico, el cual podrá ser menor si así lo estime convenientemente.

Dosis neta ajustada

$$Dn_{aj} = I * Nn \quad [17]$$

Dónde:

Dn_{aj} = dosis neta ajustada

I = intervalo

Nn = necesidad neta

Esta ecuación arroja el volumen de agua por cada metro cuadrado.

Dosis bruta de riego

$$Db = 100 * Dn_{aj}/Ea \quad [18]$$

Dónde:

Db = dosis bruta en mm

Dn_{aj} = dosis neta ajustada

Ea = eficiencia de aplicación de riego, siendo 75% para riego por aspersión, 90% para riego por goteo y 50% para riego por inundación.

Tiempo de aplicación

El tiempo de aplicación depende de dos factores: tasa de infiltración básica del suelo y la pendiente del terreno

$$Ta_{min} = \frac{100 * Db}{Ib * fp} \quad [19]$$

Dónde:

Ta_{min} = tiempo de aplicación mínimo

Db = dosis bruta

Ib = infiltración básica del suelo

Fp = factor de pendiente, siendo el factor de 100% para pendientes entre 0 – 8%, 80% para pendiente de 9 – 20%, y 60% para pendiente mayor a 20%.

Necesidades brutas

$$Nb = 100 * Nn/Ea \quad [20]$$

Dónde:

Nb = necesidad bruta en mm

Nn = necesidades netas en mm

Ea = eficiencia de aplicación de riego

Área regable o caudal necesario

Esta ecuación permite calcular el caudal mínimo necesario para regar una superficie dada.

$$Qm = \frac{Nb * S}{3600 * tos} \quad [21]$$

Dónde:

Qm = caudal mínimo en ls^{-1}

Nb = necesidad bruta en $mm d^{-1}$

S = superficie regable en m^2

Tos = tiempo de operación del sistema.

Superficie máxima regable con una caudal dado.

$$Sm = \frac{3600 * tos * Q}{Nb} \quad [22]$$

Dónde:

Sm = superficie máxima de riego en m^2 .

Qm = caudal mínimo en ls^{-1}

Nb = necesidad bruta en $mm d^{-1}$

Tos = tiempo de operación del sistema.

Selección del aspersor

La topografía, la textura del suelo y el tipo de cultivo del módulo 10 de Chingazo San Francisco, obligo a elegir micro aspersor que requiere presión de trabajo y caudal muy bajo, y en este horizonte se seleccionó el micro aspersor mini-wobbler toda la información acerca de este accesorio se encuentra en el catálogo.

Cálculo del tiempo de aplicación

$$Ta = \frac{Db}{Pluv\ asp} \quad [23]$$

Dónde:

Ta = tiempo de aplicación (h)

Db = dosis bruta en mm

$Pluv\ asp$ = pluviometría del aspersor en mm h⁻¹

Superficie por postura

$$Spost = n\ asp * S^2 \quad [24]$$

Dónde:

$Spost$ = superficie de postura en m²

n_{asp} = número de aspersores

S^2 = superficie en m²

Número de posturas por día

$$npost = tos/ta \quad [25]$$

Dónde:

$n\ post$ = número de postura

$t\ os$ = tiempo de operación del sistema

ta = tiempo aplicación.

Superficie regada por día

$$Sd = S\ post * n\ post \quad [26]$$

Dónde:

Sd = superficie regada en m²

$S\ post$ = superficie por postura en m²

$n\ post$ = número de postura.

Diseño hidráulico a nivel parcelario

La metodología utilizada para realizar el diseño hidráulico a nivel parcelario es la siguiente:

El diseño hidráulico a nivel parcelario se determinó la dimensión de las redes de tuberías (terciarias y laterales) que lo componen adecuándose a las características de los micro aspersores para su buen funcionamiento.

Se presenta una metodología por pasos con el fin de proporcionar con más claridad a la explicación, el proceso de diseño hidráulico es iterativo, siendo a veces necesario regresar a un paso anterior para reiniciar el cálculo desde allí.

El método a utilizar es el inductivo, inicia de lo particular con el levantamiento de información de una muestra representativa de la población, con la finalidad de enmarcar la metodología a lo general, en un aspecto de escalamiento para dar a los regantes una herramienta para la gestión de recursos que serían los diseños tanto agronómicos como hidráulicos.

Para realizar el diseño hidráulico a nivel parcelario se debe contar con las curvas de nivel, polígonos de áreas, estos deben estar en archivo Autocad, en extensión DXF.

Además, se debe contar con diseño agronómico, en donde se determina el tipo de aspersor, espaciamiento de aspersores, el emisor seleccionado posee un rango de operación expuesto por el fabricante y se debe garantizar estas presiones en el diseño.

Con toda la información del diseño hidráulico se realiza bajo la metodología de “lote por lote” con el software IrriCad.

Los parámetros hidráulicos a considerar son: Caudales de consumo (10% de variación), Velocidades máximas y mínimas de línea terciaria (0.66 – 2.5 m/s), Presión de carga calculada por el método de Hazen – Williams, los diámetros y espesor de tuberías se considera de acuerdo a los caudales, velocidades y presiones.

El caudal de diseño está definido por los aforos en el proyecto y estará en base a las necesidades de riego, y será dividido equitativo por área, el mismo no podrá ser superior al caudal autorizado por el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica. En base al emisor seleccionado en el diseño se determina el caudal de consumo a nivel parcelario y los accesorios disponibilidad en el mercado local. Los hidrantes tendrán la capacidad suficiente para abastecer del caudal de diseño a cada una de las parcelas y de acuerdo a los turnados de riego, el diámetro mínimo no será inferior a una pulgada.

El cálculo hidráulico se realiza desde el emisor hacia los hidrantes y no viceversa.

Realizado este proceso se obtiene como resultado, los accesorios que requiere aquel sistema de riego tecnificado, tales: las tuberías con sus diámetros apropiados, con su respectivo timbraje, diámetro nominal, entre otros.

Estudio agro-económico

Se trabajó bajo la propuesta de dos escenarios, sin proyecto (sin riego tecnificado) y con proyecto (con riego tecnificado). En el primer momento se trabajó con grupos focales, aquellos eran los usuarios del sistema de riego, se hizo visitas en campo, entrevistas a agricultores y se determinó información de producción agrícola, costos de producción, ingresos por concepto de venta de productos y egresos que comprende la alimentación, pago de servicios básicos, educación de los hijos, entre otros de acuerdo a la cédula de cultivos del módulo 10, para el escenario con proyecto se trabajó con supuestos argumentos, mediante consulta y toma de datos de áreas similares con riego tecnificado. La metodología que se llevó a cabo fue la siguiente:

Levantamiento de información en el módulo 10.

Generación de una base de datos.

Elaboración de la cédula de cultivos.

Costos y beneficios agrícolas.

Generación de un flujo de caja, que permitió realizar la evaluación financiera de dos escenarios antes y después del proyecto del módulo 10, y para esto se utiliza los indicadores financieros, tales como: la Tasa Interna de Retorno (TIR), El Valor Actual Neto (VAN), La Relación Beneficio-Costo (B/C).

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estudio socio – económico de los beneficiarios del sistema de riego Chingazo San Francisco, módulo 10

La situación socio - económica de los habitantes de Chingazo San Francisco, se fundamentó en la población total de los habitantes, su actividad económica enfocada fue en agricultura, ganadera, artesanía y migración temporal.

4.1. Población actual de Chingazo San Francisco – Población económicamente activa (PEA)

De acuerdo al INEC (2020), la población económicamente activa (PEA) es aquella que tiene entre 13 y 70 años. En Chingazo San Francisco, el 77% de la población corresponde al PEA, el 10% son niños y el 13% son adultos mayores al PEA; y del PEA el 45% son hombres y el 55% son mujeres (Tabla 2–4). Además, INEC (2020) se estima que 54% del PEA se dedica a la actividad agropecuaria, siendo, así de Chingazo San Francisco se dedica alrededor de 42.4% a esta noble actividad.

Tabla 2–4: Porcentaje de habitantes de Chingazo San Francisco.

Edad	Porcentajes
0 – 5	4
6 – 12	6
13 – 18	5
19 – 30	15
31 – 40	13
41 – 50	16
51 – 60	16
61 – 70	11
Mayor a 70	13

Fuente: Datos obtenidos por la autora de la comunidad Chingazo.

Realizado por: Nelly Yumi

4.2. Ingreso económico del PEA

Para INEC (2022), el costo de la canasta básica familiar es de 751.00 dólares mensuales. En Chingazo San Francisco, el ingreso promedio mensual es de 548.00 dólares, que genera un ahorro de 93.00 dólares posterior a los gastos cubiertos de algunas necesidades básicas. El ingreso económico promedio de los habitantes de Chingazo San Francisco es de 548.00 dólares mensuales, por concepto de actividades descritas en la (Tabla 3–4). Sin embargo, el costo de canasta básica familiar comparado con ingreso económico de los habitantes del sector en estudio, a duras penas alcanza a cubrir algunas necesidades básicas, pese a que la PEA se dedica a diferentes actividades tales como: agricultura, ganadería, artesanía y migración.

Tabla 3–4: Ingreso promedio mensual por habitantes de Chingazo San Francisco

Actividad	Ingreso (\$)	Egresos (\$)
Agricultura	73.00	
Ganadería	75.00	
Artesanía	100.00	
Migración	300.00	
Alimentación		130.00
Educación		60.00
Salud		10.00
Vestuario		30.00
Servicios básicos		15.00
Transporte		50.00
Mantenimiento agrícola		50.00
Mantenimiento pecuario		40.00
Materia Prima para artesanía		70.00
Total	548.00	455.00
Saldo	93.00	

Fuente: Datos obtenidos por la autora de la comunidad Chingazo.

Realizado por: Nelly Yumi

4.3. Áreas de suelo con aptitud agropecuaria en Chingazo San Francisco

Para PDL (2016) el sector Chingazo San Francisco cuenta con 202.00 ha de suelos entre topografías planas e inclinadas. De esta superficie el 2% corresponde a las construcciones y vías, del total de área del sector en estudio el 44.4105 ha (área bruta) corresponde al módulo 10 entre

caminos y construcciones se resta 2.9842 ha, quedando área neta para la elaboración del diseño de riego parcelario de 41.2488 ha, además muestra que existen 275 consumidores de agua con área de predios promedio de 3000 m² (Tabla 4-4). En este contexto la PEA tiene oportunidad de contar con empleo.

Tabla 4-4: Área de suelo con aptitud agropecuaria de Chingazo San Francisco – modulo 10.

Chingazo	San	Área (ha)	Consumidores	Caudal (L s ⁻¹ /ha)
Francisco		202.0000	275	91.00
Módulo 10		41.2488		12.58†

Se determina considerando el caudal ficticio (dotación) de 0.35 L s⁻¹ ha⁻¹

Fuente: Datos obtenidos con equipos topográficos.

Realizado por: Nelly Yumi

4.4. Destino de suelos a distintas actividades agrícola

Para el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP, 2016) los suelos rurales con vocación agrícola distribuyen para diferentes cultivos, dependiendo la temporada, la topografía y conocimientos ancestrales. Por lo tanto, en Chingazo San Francisco se determina que los suelos están en uso con cultivos permanentes, transitorios, pastos (alfalfa) y otros están en descanso – recuperación, en porcentajes de 19, 24, 24 y 33 respectivamente. Los suelos cultivados, el 67% no reciben riego, mientras el 33% reciben riego, con aguas provenientes de diversos orígenes: 33% compran a tanqueros, 19% de pozos de agua, 14% se benefician del sistema de riego Chambo Guano.

Carrazón (2007) menciona que el agua es un recurso no renovable y su demanda se incrementa a diario en forma geométrica, por ende, debe ser utilizado de forma eficiente. Así pues, se determina que del 33% de cultivos que recibe riego, el 29% practican riego por goteo, riego por microaspersión 33%, riego por gravedad 5%.

Diseño agronómico

Cálculo de las necesidades netas de riego máxima

Factor agua

Precipitación caída en Chingazo San Francisco

Para Calvache (2012) en cultivos de alto valor económico, suele trabajarse con precipitaciones al 90% de probabilidad y para cultivos de poco valor económico como los granos básicos suele recomendarse una probabilidad del 60%, además menciona, que la precipitación mayor a 67.00 mm mes⁻¹ no necesita de un riego extra. Pues, en nuestro caso la precipitación anual es ínfimo en comparación al enunciado por Calvache, a continuación, se determina esta variable a partir de una serie de datos de 30, 26 y 25 años de las tres estaciones más cercanos al Chingazo San Francisco y son interpoladas para módulo 10, la interpolación al 60% de probabilidad se obtiene precipitación más alto de 43.50 mm mes⁻¹ para el mes de abril, y el más bajo corresponde al mes de agosto de 12.65 mm mes⁻¹, (Tabla 5–4). El presente resultado permite mencionar, que la precipitación del módulo 10, está por debajo del valor mínimo permitido para no recibir riego, por ende, de forma obligatoria se debe suplir las necesidades hídricas de los cultivos con riego.

Tabla 5–4: Precipitación mensual efectiva al 60 y 80%.

Mes	Precipitación efectiva al 80% (mm mes ⁻¹) de probabilidad	Precipitación efectiva al 60% (mm mes ⁻¹) de probabilidad
Enero	26.20	19.65
Febrero	36.81	27.61
Marzo	48.48	36.36
Abril	58.00	43.50
Mayo	57.80	43.35
Junio	31.08	23.31
Julio	24.26	18.20
Agosto	16.86	12.65
Septiembre	24.09	18.07
Octubre	33.40	25.05
Noviembre	36.72	27.54
Diciembre	23.65	17.74

Fuente: Resultados obtenidos de la interpolación.

Realizado por: Nelly Yumi

Análisis químico del agua que se utiliza en el sistema de riego Chingazo San Francisco

Para INEN (2003) los valores del análisis del agua para uso agrícola deben ser inferior o igual al valor máximo permitido por el órgano de control, los compuestos que generan mayores problemas en riego son los carbonatos y hierro, siendo el valor máximo de 0.1 mg L⁻¹ y 0.3 mg L⁻¹ respectivamente. El análisis químico del agua de riego de Chingazo San Francisco arroja los

siguientes valores para carbonatos y hierro de 0.00 y 0.30 mg L⁻¹ respectivamente. Al respecto el resultado de este análisis muestra que el agua no tiene ningún problema para el uso agrícola.

Requerimiento de agua para la cedula de cultivo del módulo 10

Según Monje (2018) el cálculo del requerimiento de agua cuando existen varios cultivos, se considera al requerimiento más alto de un cultivo. El siguiente cuadro muestra detalladamente.

Tabla 6–4: Precipitación efectiva mensual al 60%

Necesidad Total (mm/día)													
Meses		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Cultivos:	ha	Etc Cédula Cultivos mm/día											
Alfalfa	0,5348	0,92	1,19	2,10	2,12	1,90	3,04	3,27	3,64	3,08	2,06	0,96	-0,17
Frutilla	0,5348	0,92	1,19	2,10	2,12	1,90	3,04	3,27	3,64	3,08	2,06	0,96	-0,17
Limón	0,2674	0,92	1,19	2,10	2,12	1,90	3,04	3,27	3,64	3,08	2,06	0,96	-0,17
Maíz	1,3370	3,96	3,12	3,33	2,30	0,94	-0,49	-0,27	-0,48	-0,71	-0,95	0,97	2,61
Mora	0,8022	0,92	1,19	2,10	2,12	1,90	3,04	3,27	3,64	3,08	2,06	0,96	-0,17
Tuna	0,5348	0,92	1,19	2,10	2,12	1,90	3,04	3,27	3,64	3,08	2,06	0,96	-0,17
TOTAL	4,0109	8,54	9,05	13,84	12,89	10,47	14,73	16,07	17,70	14,71	9,34	5,79	1,76

Fuente:

Realizado por: Nelly Yumi

El requerimiento más alto corresponde al mes de enero con 3.96 mm mes⁻¹ para cultivo de maíz, entonces para el diseño agronómico cuando existe varios cultivos se utiliza este valor (Tabla 6–4).

Factor suelo

Propiedades físicas y químicas del suelo

Maldonado (2001) menciona que el suelo proporciona tanto a los animales y vegetales nutrientes, oxígeno y agua; en caso de los nutrientes, existen suelos con presencia de macro y micro nutrientes en niveles altos, medios y bajos; además, algunos suelos tienen mayor capacidad de retener más agua que otros.

Carrazón (2001) menciona que, cuanto más gruesa es la textura menor son los porcentajes de agua en el suelo, tanto a la capacidad de campo, como en el punto de marchitez permanente y una buena estructura del suelo también aumenta la fracción de agua útil. Así, un suelo arenoso retiene la humedad a capacidad de campo entre 6 al 12%, y punto de marchitez permanente entre 2 al 6%.

Pues, el análisis físico del suelo realizado para este estudio, determina que es un suelo franco arenoso, densidad aparente de 1.05 g cm^{-3} , humedad a capacidad de campo de 7.44%, humedad a punto de marchitez permanente de 4.43%. Sin embargo, Demin (2014) recomienda que en suelos francos arenoso para mejorar la retención de humedad se incorpora materia orgánica a razón de 10 toneladas ha^{-1} . En tanto, que los resultados referentes a los niveles de nutrientes son totalmente bajos, característico de un suelo de textura gruesa (Tabla 7-4). En este caso, es muy importante realizar aplicaciones de enmiendas con el fin de suplir nutrientes en cantidades necesarias para un crecimiento y desarrollo correcto del cultivo.

Tabla 7-4: Análisis químico y físico promedio del suelo del módulo 10 de Chingazo San Francisco – 2022.

Variable	Unidad	Método	Resultados				Nivel
			Parte baja	Parte media	Parte alta	Promedio	
K	$\text{meq } 100^{-1} \text{ g}^{-1}$	Ac. Am	0.11	0.21	0.36	0.22	b
Ca	$\text{meq } 100^{-1} \text{ g}^{-1}$	Ac. Am	3.40	4.90	5.90	4.73	a
Mg	$\text{meq } 100^{-1} \text{ g}^{-1}$	Ac. Am	1.10	1.90	2.20	1.73	a
Cu	Ppm	Olsen modificado	1.00	2.00	1.00	1.33	m
Mn	Ppm	Olsen modificado	1.00	3.00	2.00	2.00	b
Zn	Ppm	Olsen modificado	1.00	1.00	1.00	1.00	b
PH		H ₂ O 1:25	7.05	7.37	7.59	7.34	Lig. Alcalino
M.O	%	W-B	2.21	2.27	3.21	2.56	b
C.E	Umhos cm^{-1}	H ₂ O 1:25	0.05	1.14	0.10	0.43	No salino
NT asimilable	Ppm	Kjeldani	12.00	19.00	21.00	17.33	b

F	Ppm	Olsen modificado	9.20	227.0	102.60	113.00	b
Textura	%	Bouyoucos	f a	f a	f a	f a	
Humedad a CC	%	Gravimétrico	10.87	976	12.98	11.20	
Humedad a PMP	%	Gravimétrico	6.50	5.80	7.70	6.66	
Densidad Real	g cm ⁻³	Gravimétrico	12.12	2.37	2.21	2.23	
Densidad aparente	g cm ⁻³	Gravimétrico	1.436	1.613	1.547	1.53	
Porosidad	%	Calculo	32.26	31.94	30.00	31.40	

Fuente: Análisis de suelo mediante laboratorio.

Realizado por: Nelly Yumi.

Infiltración básica

Para CONGOPE (2016) la infiltración básica en suelos franco arenoso oscila entre 13 y 75 mm h⁻¹. En tanto el suelo del módulo 10 del Chingazo San Francisco, emite resultado de 71.58 mm h⁻¹ promedio de los tres ensayos, parte baja, media y alta, tal como muestra la (Tabla 8-4), además la figura N° 1 permite visualizar el comportamiento de la infiltración acumulada en función de tiempo, y esto genera la ecuación, que a partir de aquella ecuación se obtiene la velocidad de infiltración básica. En este ámbito Fernández (2010) menciona que suelos de textura franco arenoso es difícil de encharcar pese a la presencia de precipitaciones altas, pues en este sentido no es problema el uso de cualquier emisor de riego tecnificado.

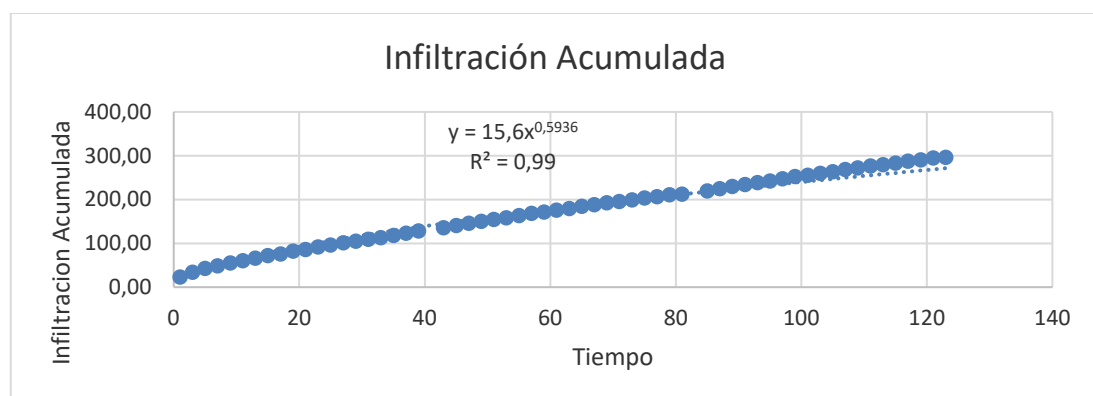


Figura 2-4 Infiltración acumulada esencia para determinar la infiltración básica

Fuente:

Tabla 8-4: Promedio de velocidad de infiltración básica del módulo 10 de Chingazo San Francisco.

RESULTADO DE INFILTRACIÓN BASICA			
Velocidad de infiltración básica	Parte baja	94,37	mm h ⁻¹
	Parte media	59,52	mm h ⁻¹
	Parte alta	60,86	mm h ⁻¹
Promedio de velocidad de infiltración básica 71.58 mm h ⁻¹			

Fuente: Datos obtenidos de la comunidad Chingazo del módulo 10.

Realizado por: Nelly Yumi

Factor planta

Para FAO (2006) existe cultivos con distintas demandas de agua, unos más y otros menos, algunas hacen esfuerzo solo para sobre vivir generando una productividad muy paupérrima, en general estos suceden los lugares secos, suelos de textura arenosa, siendo así. Que en módulo 10 de Chingazo San Francisco, se encuentra varios cultivos dentro de las 41.2488 ha de suelos con disposición agropecuaria y que están dentro del proyecto.

Siendo los más representativos, indicada en la (Tabla 9-4) encabezonando el maíz (*Zea mays*), seguido de mora, en iguales superficies entre la alfalfa, frutilla y tuna, también aparece limón. De esta gama de cultivos algunos son cultivos transitorios, cultivos perennes y cultivos semi perennes, unos reciben riego y otros no. Este es resultado de un análisis participativo realizado a una muestra de la población.

Además, Pizarro (1996) menciona que, aquellos cultivos de secano sometidos a riego la productividad se incrementa en forma increíble, pero, de hecho, se debe realizar un riego basados en principios técnicos, para lo cual es imprescindible conocer la profundidad de las raíces, por ende, se indica en la (Tabla 9-4).

Al enunciado por Pizarro, corrobora (Carrazón, 2007) y añade que cada cultivo tiene la capacidad de resistir al agotamiento de agua en el suelo (factor de secado), algunos soportan la presencia de agua en el suelo hasta el 30% y otros hasta el 80%, en la (Tabla 9-4) se presencia en forma detallada.

Tabla 9–4: Cultivos de mayor cobertura del módulo 10.

Número de cultivos	Cultivos	Superficie (m ²)	Superficie (ha)	Profundidad radicular (m)	Factores de secado
1	Alfalfa	5347.88	0.5348	1.1	0.55
2	Frutilla	5347.88	0.5348	0.3	0.3
3	Limón	2673.88	0.2674	1.1	0.5
4	Maíz	13269.88	1.3370	0.8	0.55
5	Mora	8021.88	0.8022	0.8	0.5
6	Tuna	5648.00	0.5348	0.6	0.8
Total		40,309	4.3100		

Fuente: Levantamiento topográfico del módulo 10.

Realizado por: Nelly Yumi

Factor clima (Información meteorológica)

Para Fontova (2001) para suplir la necesidad de agua al cultivo es importante realizar estudios de precipitación y la evapotranspiración, estos dos elementos son antagónicos, el uno aporta y el otro pierde el agua del suelo. En tanto la (Tabla 10-4) indica que, la Et de referencia del módulo 10 es resultado de la interpolación de Et de referencia de las tres estaciones meteorológicas más cercanas al lugar de estudios.

Cuando no se tiene estación meteorológico cercano al lugar de influencia del proyecto, se realiza el proceso de interpolación de dos o más estaciones meteorológicas más cercanos y para este análisis se considera 30, 26 y 25 años respectivamente de información de la ESPOCH, Aeropuerto – Riobamba (código M0057) y Pungales (código M0243), para la interpolación existe muchas metodologías y técnicas, en nuestro caso se utiliza la de IDW con el software Arc gis 10.5. (Rodríguez, 2003).

Tabla 10–4: Datos de Et de referencia de las tres estaciones meteorológicas para la interpolación.

Estación	x	y	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Nov
M0057	761223	9817103	138.35	117.95	126.85	119.26	114.44	133.62
M0243	770509	9824467	129.84	89.7	114.06	100.5	102.17	123.15
ESPOCH	757537	9817379	130.46	110.61	122.08	106.81	108.88	128.19
Estación	x	y	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
M0057	761223	9817103	115.71	127.3	124.63	133.02	133.62	136.42
M0243	770509	9824467	91.82	104.79	110.01	116.07	123.15	111.73

ESPOCH	757537	9817379	121.57	129.23	128.66	134.12	128.19	127.6
--------	--------	---------	--------	--------	--------	--------	--------	-------

Fuente: Datos de interpolación de dos estaciones meteorológicas.

Realizado por: Nelly Yumi

4.4.1. Determinación de Et de referencia

Para Santos (2010) la Et de referencia es la pérdida de agua del suelo por la acción de las variables atmosféricas, tales como: la temperatura alta, temperatura baja, radiación solar, humedad relativa y velocidad del viento, por ende, la Et de referencia es totalmente distinto para cada zona, la (Tabla 11-4) indica los resultados de la Et de referencia del módulo 10.

Tabla 11-4: Evapotranspiración de referencia interpolado por el método IDW de las tres estaciones meteorológicas, mensual y diario.

Mes	Información meteorológica ESPOCH	Información meteorológica Aeropuerto (M0057)	Información meteorológica Pungales (M0243)	Eto por Penman-Monteith Interpolado 3 estaciones meteorológicas	Eto por Penman-Monteith Interpolado 3 estaciones meteorológicas
	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/día
Enero	130,46	138,35	129,84	131,67	4,25
Febrero	110,61	117,95	89,7	97,7	3,49
Marzo	122,08	126,85	114,06	117,53	3,79
Abril	106,81	119,26	100,5	105,03	3,5
Mayo	108,88	114,44	102,17	105,4	3,4
Junio	106,05	108,22	94,36	98,43	3,28
Julio	121,57	115,71	91,82	99,83	3,22
Agosto	129,23	127,3	104,79	111,97	3,61
Septiembre	128,66	124,63	110,01	114,96	3,83
Octubre	134,12	133,02	116,07	121,44	3,92
Noviembre	128,19	133,62	123,15	125,84	4,19
Diciembre	127,6	136,42	111,73	118,48	3,82

Fuente: Datos interpolados de tres estaciones meteorológicas.

Realizado por: Nelly Yumi

4.4.2. Determinación de coeficiente de cultivo (Kc)

Para santos (2010) el coeficiente de cultivo se refiere a la resistencia del cultivo a la transferencia del agua y está relacionada con el área foliar, la cual a su vez es la cantidad de hojas por superficie del cultivo, los valores del Kc se determinan por diferentes métodos, en nuestro estudio se utiliza el de hargreaves para cada cultivo y para cada fase fenológico e inclusive para cada mes y estas son ajustadas a las condiciones locales. La (Tabla 12-4) detalla y muestran aquellos valores, siendo el valor más alto 1.06 para la mayoría de cultivo para el mes de junio.

Tabla 12–4: Coeficiente de cultivo por el método de hargreaves, este valor es adimensional - 2022

Cultivos	Kc AJUSTADOS A LAS CONDICIONES LOCALES PARA LA CEDULA DE CULTIVOS												
	ha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	ha	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc
Alfalfa	0,5348	0,33	0,57	0,78	0,93	1,02	1,06	1,04	0,97	0,84	0,65	0,41	0,11
Frutilla	0,5348	0,33	0,57	0,78	0,93	1,02	1,06	1,04	0,97	0,84	0,65	0,41	0,11
Limón	0,2674	0,33	0,57	0,78	0,93	1,02	1,06	1,04	0,97	0,84	0,65	0,41	0,11
Maíz	1,3370	0,94	1,04	1,06	0,97	0,78	0,50	0,11	0,00	0,00	0,00	0,42	0,73
Mora	0,8022	0,33	0,57	0,78	0,93	1,02	1,06	1,04	0,97	0,84	0,65	0,41	0,11
Tuna	0,5348	0,33	0,57	0,78	0,93	1,02	1,06	1,04	0,97	0,84	0,65	0,41	0,11

Fuente: Resultados ajustados con el método hargreaves.

Realizado por: Nelly Yumi

4.4.3. Determinación de Evapotranspiración de cultivo (Etc).

Carrazón (2007) la evapotranspiración del cultivo es el producto entre la Et de referencia por el coeficiente de cultivo y es el dato de partida para el diseño de los sistemas de riego, con este valor se determina el caudal de diseño que permite definir el equipo más económico que asegure el crecimiento potencial de los cultivos. La (tabla 13-4) indica el resultado mensual y para cada cultivo, siendo el valor más alto 4.0 mm día⁻¹ es la pérdida del agua del suelo por día, que corresponde al mes de enero y para cultivo de maíz.

Tabla 13–4: Evapotranspiración de cultivo en mm día⁻¹

ETc (mm día ⁻¹)													
Meses		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Cultivos:	ha				Etc Cédula Cultivos mm día ⁻¹								
Alfalfa	0,5348	1,41	1,99	2,96	3,25	3,48	3,48	3,36	3,50	3,22	2,56	1,74	0,43
Frutilla	0,5348	1,41	1,99	2,96	3,25	3,48	3,48	3,36	3,50	3,22	2,56	1,74	0,43
Limón	0,2674	1,41	1,99	2,96	3,25	3,48	3,48	3,36	3,50	3,22	2,56	1,74	0,43
Maíz	1,3370	4,00	3,64	4,01	3,40	2,67	1,65	0,36	0,00	0,00	0,00	1,74	2,79
Mora	0,8022	1,41	1,99	2,96	3,25	3,48	3,48	3,36	3,50	3,22	2,56	1,74	0,43
Tuna	0,5348	1,41	1,99	2,96	3,25	3,48	3,48	3,36	3,50	3,22	2,56	1,74	0,43

Fuente: Datos meteorológicos calculados.

Realizado por: Nelly Yumi

4.4.4. Necesidad neta de riego

Calvache (2012) la necesidad de riego es el agua que se debe suministrar por el sistema de riego para asegurar que el cultivo reciba toda el agua que necesita, la necesidad neta de riego no incluye las pérdidas que se producen en el proceso de aplicación del agua. La necesidad neta de riego es conocido como el balance hídrico del agua, y es la diferencia entre la Et del cultivo menos la precipitación caída en el lugar de estudio, la precipitación para el efecto y para no ser ambicioso se considera al 60% de efectividad y para obtener la información ajustada de la precipitación se realiza el mismo proceso que el de la evapotranspiración de referencia, la interpolación por el método IDW, a continuación, se muestra en la (tabla 14-4) los resultados obtenidos precisamente del módulo 10, donde el déficit hídrico más alto de cédula de cultivo es 3.36 mm día⁻¹ que corresponde al mes de enero para el cultivo de maíz.

Tabla 14–4: Necesidad neta de agua de riego diario y para cada cultivo en estudio.

Necesidad Neta (mm día ⁻¹)													
Días		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Meses		Ene	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación efectiva al 60%		19,65	27,61	36,36	43,50	57,80	23,31	18,20	12,65	18,07	25,05	27,54	17,74
Pef/día		0,63	0,99	1,17	1,45	1,86	0,78	0,59	0,41	0,60	0,81	0,92	0,57
Cultivos:	ha				Etc Cédula Cultivos mm día ⁻¹								
Alfalfa	0,5348	0,78	1,01	1,79	1,80	1,62	2,59	2,78	3,09	2,62	1,75	0,82	-0,14

Frutilla	0,5348	0,78	1,01	1,79	1,80	1,62	2,59	2,78	3,09	2,62	1,75	0,82	-0,14
Limón	0,2674	0,78	1,01	1,79	1,80	1,62	2,59	2,78	3,09	2,62	1,75	0,82	-0,14
Maíz	1,3370	3,36	2,65	2,83	1,95	0,80	-0,42	-0,23	-0,41	-0,60	-0,81	0,82	2,21
Mora	0,8022	0,78	1,01	1,79	1,80	1,62	2,59	2,78	3,09	2,62	1,75	0,82	-0,14
Tuna	0,5348	0,78	1,01	1,79	1,80	1,62	2,59	2,78	3,09	2,62	1,75	0,82	-0,14
TOTAL	4,0109	7,26	7,69	11,77	10,96	8,90	12,52	13,66	15,05	12,50	7,94	4,92	1,50

Fuente: Datos obtenidos de la evapotranspiración.

Realizado por: Nelly Yumi

A continuación, se presenta el (Figura N° 2) donde permite visualizar el comportamiento entre la Et de cultivo y la precipitación efectiva al 60%, siendo claro que en estas condiciones climáticas y edáficas de Chingazo San Francisco la precipitación en ningún mes del año supera la pérdida de agua desde el suelo, esto hace que el riego es imprescindible para tener una buena producción agrícola.

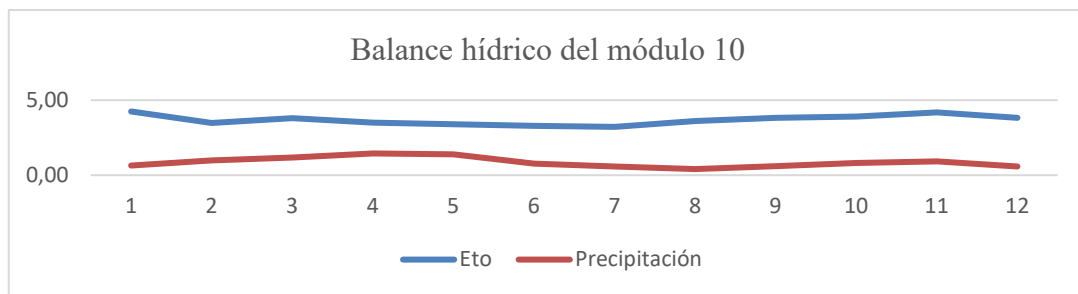


Figura 3-4 Balance hídrico determinado entre Et de cultivo Vs precipitación.

Determinación de caudal ficticio continuo

El caudal ficticio continuo se determina a partir de la necesidad hídrica diaria (Balance hídrico) y es el caudal que se requiere suministrar a una superficie de una hectárea en forma continua durante las 24 horas del día para cubrir la demanda evaporativa de la atmósfera y se presenta en unidades de litro por segundo y por hectárea (Tarjuelo, 2005).

En nuestro estudio se determina el caudal ficticio continuo, siendo $0.35 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$, este valor es el valor más alto de cédula de cultivo que corresponde al mes de marzo, y con este valor se realiza el diseño agronómico, para nuestro caso el riego se realiza solo durante el día desde las 6 de la mañana hasta las 6 de la tarde, siendo, 12 horas y el caudal ficticio continuo se duplica haciendo $0.70 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$.

Tabla 15-4: Caudal ficticio continuo para las 24 horas.

Necesidad Total (mm día ⁻¹)													
Meses		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Cultivos:	ha				Etc Cédula Cultivos mm								
					día ⁻¹								
Alfalfa	0,5348	0,92	1,19	2,10	2,12	1,90	3,04	3,27	3,64	3,08	2,06	0,96	- 0,17
Frutilla	0,5348	0,92	1,19	2,10	2,12	1,90	3,04	3,27	3,64	3,08	2,06	0,96	- 0,17
Limón	0,2674	0,92	1,19	2,10	2,12	1,90	3,04	3,27	3,64	3,08	2,06	0,96	- 0,17
Maíz	1,3370	3,96	3,12	3,33	2,30	0,94	-0,49	-0,27	-0,48	-0,71	- 0,95	0,97	2,61
Mora	0,8022	0,92	1,19	2,10	2,12	1,90	3,04	3,27	3,64	3,08	2,06	0,96	- 0,17
Tuna	0,5348	0,92	1,19	2,10	2,12	1,90	3,04	3,27	3,64	3,08	2,06	0,96	- 0,17
TOTAL	4,0109	8,54	9,05	13,84	12,89	10,47	14,73	16,07	17,70	14,71	9,34	5,79	1,76
Req. del sistema (mm día ⁻¹)		1,93	1,83	2,51	2,18	1,58	1,87	2,09	2,26	1,82	1,06	0,97	0,76
qfc (l s ⁻¹ ha ⁻¹) (Dotación)		0,22	0,21	0,35	0,25	0,18	0,22	0,24	0,26	0,21	0,12	0,11	0,09
Valor máximo (mm día ⁻¹)		3,96	3,12	3,33	2,30	1,90	3,04	3,27	3,64	3,08	2,06	0,97	2,61
qfc (l s ⁻¹ ha ⁻¹)		0,46	0,36	0,39	0,27	0,22	0,35	0,38	0,42	0,36	0,24	0,11	0,30

Fuente: Datos obtenidos de SENAGUA.

Realizado por: Nelly Yumi

Cálculo de los parámetros de riego

Según Carrazón (2007) en suelos con textura franco arenoso, el intervalo de riego debe ser más corto que en un suelo de textura fina, de hecho, existen otros factores que suman a la variación

del intervalo, como el cultivo y la acción climática. En nuestro estudio se fija que el intervalo de riego es cada 7 días, esto se determina que el factor de agotamiento promedio de cedula de cultivo permite tomar esta decisión, siendo su valor del 50%, tal como indica la (Tabla 16-4) del ítem 3.4.

Para determinar los parámetros de riego se considera los datos climáticos, el área a regar, la información del cultivo, datos del suelo, y datos del sistema de riego, para este último se utiliza el micro aspersor mini wobbler, boquilla N° 6 dorada de Angulo medio.

Tabla 16-4: Cálculo de parámetros de riego para 41.2488 ha y frecuencia de riego cada 7 días.
DISEÑO AGRONÓMICO MINIASPERSIÓN Mini Wobbler, ángulo medio

1.	DATOS DE CLIMA		General
1.1.	Velocidad del Viento	6,00	m/s
2.	DATOS DE PARCELA		
2.1.	Superficie bajo riego	41.2488	ha
3.	DATOS DE CULTIVO		
3.1.	Nombre	Varios	
3.2.	Fase	Media	Mayor demanda de agua
3.3.	Profundidad radicular efectiva	855,00	mm
3.4.	Umbral de riego (factor de agotamiento)	50,00	%
4.	DATOS DEL SUELO		
4.1.	Textura	Franco arenoso	
4.2.	Capacidad de campo (CC)	7,44	% en base a peso seco
4.3.	Punto de marchitez permanente (PMP)	4,43	% en base a peso seco
4.4.	Densidad Aparente (da)	1,42	g/cm ³
4.5.	Velocidad de Infiltración (Vinf)	71,00	mm/h
4.6.	Profundidad del suelo	1,00	m
5.	DATOS DEL SISTEMA DE RIEGO		

5.1.	Método	Mini aspersión	
5.2.	Eficiencia	85,00	%
5.3.	Modelo del aspersor	Mini Wobbler	Boquilla #6 - Dorada (3/32"), ángulo medio
5.4.	Presión de operación	1,40	atm
5.5.	Caudal del aspersor	250,00	lt/h
5.6.	Diámetro húmedo	11,00	m
5.7.	Máximas horas de operación por día	12,00	horas
5.8.	Separación entre aspersores calculada	5,50	m
5.9.	Separación entre aspersores corregida	6,00	m
5.10.	Separación entre laterales	6,00	m
5.11.	Precipitación horaria del aspersor (P hr)	6,94	mm/h
5.12.	Precipitación horaria < Velocidad de Infiltración (P hr < Vinf)	Aceptado	

6. CALCULOS DE LÁMINA REGABLE

6.1.	Lámina de agua aprovechable (LAA)	36,53	mm
6.2.	Lámina de agua rápidamente aprovechable (LARA)	18,26	mm
6.3.	Necesidades netas de riego (Nn)	2,58	mm/día
6.4.	Frecuencia de riego (Fr)	7,08	días
6.5.	Lámina de riego (Lr)	21,49	mm
6.6.	Tiempo de riego	3,09	horas

7. DISEÑO DE RIEGO AJUSTADO A NIVEL MODULAR

7.1.	Frecuencia de riego corregida (Frc)	7,00	días
7.2.	Ciclo de riego	7,00	
7.3.	Lámina de agua rápidamente aprovechable corregida (LARAc)	18,06	mm
7.4.	Lámina de riego corregida (Lrc)	21,25	mm
7.5.	Dosis bruta	212,47	m ³ /ha
7.6.	Horas de riego por turno	3,06	h
7.7.	Horas de riego por turno asumidas al diseño	3,00	h

7.8.	Turnos de riego por día	4,00	Turnos/día
7.9.	Turnos por día asumido en diseño	4,00	Turnos/día
7.10.	Tiempo de riego por día	12,00	h
7.11.	Horas por ciclo de riego	84,00	h/ciclo
7.12.	Turnos por ciclo	28,00	tr/ciclo
7.13.	Superficie regada por turno (Sr/tr)	1,284	ha/Tr
7.14.	Superficie regada por Día (Sr/día)	5,13	ha//día
7.15.	Dosis bruta por turno	272,70	m3/turno
7.16.	Dosis bruta por día	1090,8	m3/día
7.17.	Dosis bruta por ciclo	7635,80	m3/ciclo
7.18.	Caudal por turno	90,90	m3/hora
7.19.	Caudal de diseño modular	25,50	lt/s
7.20.	caudal característico real (ajustado a los turnos de riego y ciclo de riego)	0,70	lt/s/ha
7.20.	caudal característico real (ajustado a los turnos de riego y ciclo de riego)	0,35	lt/s/ha

Datos relevantes:

Caudal de diseño:	25,5	lt/s
Superficie regada por turno:	1,28	ha/Tr
Tiempo de riego por turno:	4,00	h

Caudal redondeado para el diseño 61,63 lt/s

Fuente: Diseño agronómico

Realizado por: Nelly Yumi

La tabla indicada arroja muchas informaciones de carácter netamente técnico, tales como:

Cálculo de parámetros de riego para 41.2488 ha y frecuencia de riego cada 7 días.

Turno de riego por ciclo siendo 28.00 turnos en una semana o 7 días.

Ciclo de riego, cada 7.00 días.

Horas de riego por turno de 3 horas.

Superficie por turno es de 1.284 ha.

Superficie regada por día 5.13 ha.

Turnos de riego por día 4.00

Toda esta información se debe simular en irricad para luego llevar al campo y poner en práctica.

4.4.5. Diseño hidráulico a nivel parcelario

Determinación de turnados y su duración de riego en cada lote

De acuerdo al diseño agronómico se determina 28 turnos que se riegan cada semana en 41.2488 ha, distribuidas en 167 predios, predios de áreas que oscilan entre 0.0369 y 2.7383 ha, y se utiliza entre 12 y 715 micro aspersores mini Wobbler, boquilla N° 6-dorada de 3/32” de Angulo medio respectivamente y cada una de ellas requiere una presión de operación mínima de 10 metros columna de agua y evacúa caudal de 0.07 litros por segundo. A continuación, se muestra el número de aspersores que operan simultáneamente en cada turno. Así pues, el día lunes el primer turno operan 442 aspersores, el segundo turno del mismo día 375 aspersores, el tercer turno 323 y el cuarto operan 323 aspersores, de hecho, cada turno tiene una duración de tres horas, y así sucesivamente ocurre los demás días.

Tabla 17-4: Número de aspersores y caudal (l/s) por cada turno.

Turnos/día			Total, aspersores/turno	Caudal/turno (l/s)
Lunes	1	A	442	31
	2	B	375	26
	3	C	323	23
	4	D	323	23
Martes	1	A	400	28
	2	B	481	34
	3	C	346	24
	4	D	429	30
Miércoles	1	A	349	24.43
	2	B	403	28.21
	3	C	323	22.61
	4	D	434	30.38
Jueves	1	A	414	28.98
	2	B	471	32.97
	3	C	466	32.62
	4	D	426	29.82

Viernes	1	A	464	32.48
	2	B	452	31.64
	3	C	453	31.71
	4	D	300	21
Sábado	1	A	410	28.7
	2	B	434	30.38
	3	C	412	28.84
	4	D	315	22.05
Domingo	1	A	421	29.47
	2	B	457	31.99
	3	C	378	26.46
	4	D	4299	30.03

Fuente: Datos del diseño agronómico.

Realizado por: Nelly Yumi

Es importante mostrar la distribución de riego por turno y los lotes sobre el cual se regará, la (Tabla 18-4) indica detalladamente, pues siendo la primera columna (código de sublotes), la segunda columna corresponde a número de aspersores por cada sublotes y las otras columnas siguientes corresponden a los días de riego con su respectivo turno, siendo que cada día se realizará cuatro cambios iniciando el día lunes a las seis de la mañana hasta las seis de la tarde, cumpliendo las doce horas de operación, solo para indicar, que el día lunes el primer turno a partir de las seis hasta las nueve de la mañana se riega los sublotes (de color verde claro) comprendiendo del código M10-005 hasta M10-001, que operan 1086 micro aspersores, el segundo turno del mismo día se regará los sublotes (de color amarillo) y así continuamente para otros sublotes y otros días. Esta distribución va acompañada con un plano del Anexo N° 2.

Tabla 18-4: Turnado de riego módulo 10.

Código	Aspersores	Lunes				Martes				Miércoles				Jueves				Viernes				Sábado				Dom
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A
M10-005	108	108																								
M10-006	32	32																								
M10-007	186	186																								
M10-003	41		41																							
M10-004	161		161																							
M10-017	75		75																							
M10-002	225			225																						
M10-001	258				258																					
M10-010	195					195																				

M10-024	33						33														
M10-025	42						42														
M10-026	24						24														
M10-032	44						44														
M10-027	237							237													
M10-018	16								16												
M10-019	201								201												
M10-020	6								6												
M10-028	35								35												
M10-029	22								22												
M10-030	19								19												

M10-033	14							14													
M10-031	40								40												
M10-034	27								27												
M10-039	6								6												
M10-040	48								48												
M10-041	9								9												
M10-042	14								14												
M10-043	19								19												
M10-046	16								16												
M10-044	19								19												
M10-035	29								29												

M10-045	8							8												
M10-047	7							7												
M10-048	7							7												
M10-049	7							7												
M10-036	115								115											
M10-037	180								180											
M10-038	207									207										
M10-059	141										141									
M10-061	2										2									
M10-062	4										4									
M10-063	27										27									

M10-064	60										60										
M10-060	56										56										
M10-073	13										13										
M10-072	13										13										
M10-050	19											19									
M10-051	94											94									
M10-052	63											63									
M10-053	136											136									
M10-065	19												19								
M10-066	94												94								
M10-077	7												7								

M10-067	39												39										
M10-078	6												6										
M10-079	7												7										
M10-068	180												180										
M10-054	92													92									
M10-055	87													87									
M10-056	115													115									
M10-057	56													56									
M10-058	169																						169
M10-069	50																						50
M10-070	48																						48

M10-085	32													32									
M10-086	51													51									
M10-081	39														39								
M10-082	120														120								
M10-083	88														88								
M10-084	43														43								
M10-087	57														57								
M10-088	15														15								
M10-089	13															13							
M10-090	123															123							
M10-092	23															23							

M10-093	79																			
M10-091	97														97					
M10-071	120															120				
M10-074	183															183				
M10-075	50															50				
M10-076	140																140			
M10-094	68																68			
M10-102	327																	327		
	307																		307	
M10-103	38																		38	
M10-117	50																			50
M10-116	30																			30

M10-115	34																			34		
M10-114	38																			38		
M10-101	165																			165		
M10-100	65																				65	
M10-110	74																				74	
M10-109	27																				27	
M10-108	47																				47	
M10-099	198																					198
M10-098	96																					96
M10-097	21																					21
M10-096	81																					

M10-095	35																					
M10-105	26																					
M10-104	59																					
M10-111	43																					
M10-119	104																					
M10-118	57																					
M10-123	15																					
M10-137	17																					
M10-138	12																					
M10-124	148																					
M10-125	20																					

M10- 128	118																					
M10- 126	100																					
M10- 120	55																					
M10- 127	27																					
M10- 146	40																					

Tabla 18-4: Turnado de riego módulo 10 (continuación).

Código	Aspersores (#)	Lunes				Martes				Miércoles				Jueves				Viernes				Sábado				Domingo		
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C
M10-139	116	116																										
M10-128	98		98																									
	98			98																								
	98				98																							
M10-106	58					58																						
M10-107	53					53																						
M10-112	76						76																					
M10-113	34						34																					
M10-140	57							57																				
M10-121	39							39																				

M10-122	13						13																			
M10-101	64							64																		
M10-114	36							36																		
M10-129	16							16																		
M10-148	93								93																	
M10-141	70									70																
M10-130	3									3																
M10-131	3									3																
M10-115	21									21																
M10-132	11									11																
M10-142	64										64															

	89																	89
	95																	95
M10-154	102																	102
M10-155	53																	53
M10-159	17																	17
M10-160	19																	19
M10-161	17																	17
M10-155	76																	76
M10-162	33																	33
M10-165	31																	31
M10-164	83																	83

Fuente: Resultados de la elaboración del turnado del módulo 10

Realizado por: Nelly Yumi

4.4.6. Cálculo de caudal de diseño de línea de conducción y distribución

El caudal destinado para el módulo 10 es 36.7 l/s, a este caudal el diseño no debe superar y cuando ocurre esto, los micro aspersores no evacuan caudales esperados y por ende afecta el desarrollo normal de los cultivos elegidos, este caudal se distribuye a todos los emisores del turno correspondiente.

4.4.7. Determinación de las características de aspersores y sus parámetros de riego

Elección del modelo y marca de micro aspersor

Por las características de los cultivos y el desnivel no muy pronunciado del módulo 10 se utiliza micro aspersor que requiere una presión nominal mínima para su funcionamiento, en este caso es el mini Wobbler, boquilla N° 6 – dorada (3/32”) con ángulo medio, que opera con presión que oscila entre 10 a 17 metros columna de agua, que evacúa caudales entre 216 a 284 l/h.

Diámetro de mojado o humedecimiento

El diámetro de humedecimiento depende de la boquilla del mini aspersor del caudal emitido y la presión nominal de funcionamiento, en este caso el mini wobbler con boquilla de 3/32” emite 252 l/h (0.07 l/s) el diámetro bajo condiciones de velocidad de viento igual 0 m/s es de 12 a 12.8 metros, pero utilizando el parante de 1 metro de alto.

Traslape y espaciamiento entre emisores

El traslape entre micro aspersores cuando la velocidad del viento fluctúa entre 0.5 a 2 m/s es de 40%, la velocidad del viento promedio de Chingazo San Francisco registrado durante 30 años de estudio es de 6 m/s, siendo obligado realizar el traslape de 50%, por eso se colocan micro aspersores separados entre sí cada 6 metros y entre hileras la misma distancia formando figura geométrica cuadrangular (marco real).

Área efectiva de riego por cada aspersor mini wobbler

El área efectiva de riego por cada micro aspersor depende del porcentaje de traslape y el diámetro de humedecimiento, en tanto que en nuestro estudio área efectiva es de 47.52 m², este resultado se obtiene a partir del diámetro de humedecimiento que es de 11 m y el porcentaje de traslape es de 50%.

Pluviometría del mini wobbler

La pluviometría del aspersor mini wobbler depende del área efectiva de riego y del caudal del aspersor, siendo en nuestro caso de 6.94 mm/h de hecho este valor siempre debe ser inferior a la velocidad de infiltración básica en caso de ocurrir lo contrario sufrirá el encharcamiento y posterior erosión del suelo, los suelos sujetos de estudio reportan la velocidad de infiltración de 71.00 mm/h, debido que el suelo es de textura arenoso.

Número de aspersores mini wobbler en funcionamiento simultaneo

Los aspersores minis wobbler que funcionan simultáneamente en promedio es de 344 por cada turno, y son 4 turnos por día, se dice en promedio porque algunas subparcelas tienen más y otros menos, esto depende de la forma geométrica de lotes (predios) y el pendiente topográfico.

Numero de posiciones de riego para toda la superficie

En nuestro proyecto de 41.2488 ha, realizará 38 posiciones de riego en ciclo de 7 días, ya cada posición tiene una duración de 3 horas, termina viene la otra posición.

Área total regada simultáneamente

En cada turno se riega 1.284 ha en promedio, se promedio es que existen algunos turnados más y otros menos, esto depende del número distintos de emisores y esto a su vez depende de la forma de geométrico de lotes y el pendiente topográfico del suelo.

4.4.8. Área total regada por jornada de riego (diario)

Por jornada se entiende riego diario, en nuestro estudio cada día se riega en promedio de 5.13 ha, de hecho, algunos serán más y otros menos el margen de variación es imperceptible.

Diseño hidráulico de la línea de conducción y las líneas de distribución

Diseño hidráulico a nivel parcelario (conducción terciaria)

Del tanque de almacenamiento y distribución hasta la cabecera del módulo 10 tiene un desnivel de 131 metros, y el desnivel interno del módulo desde la cabecera hasta el pie es 81 metros, comprendido entre las cotas 2689 y 2608 m.s.n.m. Basando en esta información se elabora el

diseño a nivel parcelario utilizando el software Irricad apropiado para estos trabajos, en nuestro estudio existen 72 predios con áreas totalmente distintos y a cabecera de cada predio debe llegar por lo menos con presión nominal de 30 metros de columna de agua y si existen sub lotes la presión se aumenta, pero la presión nominal máximo de funcionamiento de mini wobbler es 17 metros de columna de agua se regula colocando el regulador de presión de 14 metros de columna de agua, se hace esto para evitar el daño de emisores, a esto se debe controlar la velocidad del fluido, que teóricamente se recomienda desde 0.5 hasta 3.0 m/s, y en nuestro proyecto se diseña con velocidad de 2.0 m/s, con todo estos parámetros hidráulicos se determina los diámetros de tuberías en cada tramo y con su resistencias respectivamente. A continuación, en (Tabla 19-4) se muestra detalladamente las tuberías en todo el proyecto.

Tabla 19-4: Diámetros de tubería y su resistencia en la conducción terciaria

TUBERÍA (m)	Tubería PVC EC 25 mm x1.25Mpa	50.273
	Tubería PVC EC 32 mm x0.8Mpa	3.517
	Tubería PVC EC 40 mm x 0.80Mpa	3.956
	Tubería PVC EC 50 mm x 0.80Mpa	1.421
	Tubería PVC EC 63 mm x 0.63Mpa	207

Fuente: Datos del diseño agronómico

Realizado por: Nelly Yumi

El cuadro que antecede indica en todo el proyecto a nivel parcelario se requiere 50.273 metros de tubería PVC EC 25 mm de diámetro con resistencia de 125 metros de columna de agua (1.25Mpa). 3.517 metros de tubería PVC EC 32 mm de 80 metros de columna de agua. 3.956 metros de tubería PVC EC 40 mm de 80 metros de columna de agua. 1.421 metros de tubería PVC EC 50 mm de 80 metros de columna de agua. 207 metros de tubería PVC EC 63 mm de 63 metros de columna de agua.

4.4.7. Diseño hidráulico a nivel de conducción secundaria

Se refiere la conducción secundaria a la tubería que une entre la tubería primaria y la tubería terciaria, el proyecto se determina tal como muestra la (Tabla 20-4).

Tabla 20-4: Diámetros de tubería en la conducción secundaria

Válvula (diámetro)	Número de válvula	longitud de tubería (m)
50 (1 1/2")	17	822,68
63 (2")	19	1191,17
75 (3")	6	439,8
90 (3")	9	930,94
110 (4")	9	1107,82
160 (6")	14	5047,7

Fuente: Datos arrojados del diseño.

Realizado por: Nelly Yumi

El cuadro que antecede muestra que se requiere 822.68 metros de tubería PVC EC 50 mm de 63 metros de columna de agua. 1.191,17 metros de tubería PVC EC 63 mm de 63 metros de columna de agua. 439.8 metros de PVC EC 75 mm de 63 metros de columna de agua. 930.94 metros de PVC EC 90 mm de 63 metros de columna de agua. 1.107,82 metros de PVC EC 110 mm de 63 metros de columna de agua. 5.047,7 metros de PVC EC 160 mm de 63 metros de columna de agua.

Cálculo del número de hidrantes y la presión dinámica individual

El número de hidrantes diseñado para el módulo 10 son 11052 emisores, distribuidos en los 167 lotes de distintas áreas, y la presión final de cada uno de los emisores fluctúan entre 10 y 17 m.c.a, estas presiones se obtienen gracias al software Irricad.

Tabla 21–4: Número de emisores por lote y la presión nominal.

LOTES	NÚMERO DE EMISOR	LOTES	NÚMERO DE EMISOR	LOTES	NÚMERO DE EMISOR	LOTES	NÚMERO DE EMISOR
M010-001	258	M010-019	201	M010-037	180	M010-055	87
M010-002	225	M010-020	6	M010-038	207	M010-056	115
M010-003	41	M010-021	34	M010-039	6	M010-057	56
M010-004	161	M010-022	33	M010-040	48	M010-058	169
M010-005	108	M010-023	11	M010-041	9	M010-059	141
M010-006	32	M010-024	33	M010-042	14	M010-060	56
M010-007	186	M010-025	42	M010-043	19	M010-061	2
M010-008	21	M010-026	24	M010-044	19	M010-062	4
M010-009	73	M010-027	237	M010-045	8	M010-063	27
M010-010	195	M010-028	35	M010-046	16	M010-064	60
M010-011	14	M010-029	22	M010-047	7	M010-065	19
M010-012	13	M010-030	19	M010-048	7	M010-066	94
M010-013	21	M010-031	40	M010-049	7	M010-067	39
M010-014	34	M010-032	44	M010-050	19	M010-068	180
M010-015	26	M010-033	14	M010-051	94	M010-069	50
M010-016	28	M010-034	27	M010-052	63	M010-070	48
M010-017	75	M010-035	29	M010-053	136	M010-071	120
M010-018	16	M010-036	115	M010-054	92	M010-072	13

Fuente: Datos obtenidos mediante el software irricad.

Realizado por: Nelly Yumi

En la (Tabla 21-4) se observa que el lote M10-061 es el que tiene solo 2 emisores y el que más emisores tiene es el lote M10-102 con 634, todos los lotes reciben presión de entrada de 30 m.c.a,

4.4.8. Cálculo de presupuesto

Descripción de presupuesto a nivel parcelario (distribución terciaria)

El presupuesto a nivel parcelario es de 188.200,28 dólares para las 41.2488 ha, distribuidos en 167 lotes, aquel presupuesto comprende los siguientes rubros: mano de obra, excavadora, y las tuberías de distintas clase y diámetro, la (Tabla 22-4) explica detalladamente.

Tabla 22-4: Presupuesto a nivel parcelario.

No.	Rubro / Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio global
	MODULO 10				
	PRELIMINARES				
1	Trazo y replanteo de líneas de tubería, ubicación de válvulas, reguladores de presión, filtros, parantes de aspersores	KM	59,37	84,86	5.038,41
2	Excavación de zanja con equipo en suelo sin clasificar, incluye rasanteo de piso. 0.80mx0.40m.	M3	18.999,43	0,63	11.969,64
	CABALLETE				
3	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 32mm X 90° PG	U	20,00	0,76	15,20
4	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 32 mm x 0.80Mpa	U	5,00	1,09	5,45
5	Suministro, Instalación y Prueba de Válvula de paso oblicua 1 "	U	5,00	22,42	112,10
6	Suministro, Instalación y Prueba de Válvula Reguladora en línea 32 mm 1.4 bar	U	5,00	20,41	102,05
7	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 50mm X 90° PG	U	1.084,00	1,59	1.723,56
8	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 50 mm x 0.80Mpa	U	271,00	1,66	449,86
9	Suministro, Instalación y Prueba de Válvula de paso oblicua 1 1/2"	U	271,00	42,42	11.495,82
10	Suministro, Instalación y Prueba de Válvula Reguladora en línea 50 mm 1.4 bar	U	273,00	50,41	13.761,93

11	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 63mm X 90° PG	U	4,00	2,62	10,48
12	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 63 mm x 0.80Mpa	U	1,00	2,82	2,82
13	Suministro, Instalación y Prueba de Válvula de paso oblicua 2"	U	1,00	56,42	56,42
14	Suministro, Instalación y Prueba de Válvula Reguladora en línea 63 mm 1.4 bar	U	1,00	120,41	120,41
	TUBERÍA				
15	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 25 mm x1.25Mpa	U	50.273,00	1,09	54.797,57
16	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 32 mm x0.8Mpa	U	3.517,03	1,09	3.833,56
17	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 40 mm x 0.80Mpa	U	3.955,61	1,36	5.379,63
18	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 50 mm x 0.80Mpa	U	1.421,02	1,66	2.358,89
19	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 63 mm x 0.63Mpa	U	206,55	2,65	547,36
	TEE RED				
20	Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC ENSAMBLADA EC 63 A 25mm	U	62,00	3,66	226,92
21	Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC INY EC 32 A 25 mm PG	U	944,00	1,54	1.453,76

22	Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC INY EC 40 A 25 mm PG	U	1.287,00	2,18	2.805,66
23	Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC INY EC 50 A 25 mm PG	U	458,00	2,36	1.080,88
24	Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC INY EC 50 A 32 mm	U	3,00	2,36	7,08
25	Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC INY EC 50 A 40mm	U	4,00	2,36	9,44
	TEE				
26	Suministro, Instalación y Prueba de TEE PVC INY EC 25mm PG	U	427,00	1,09	465,43
27	Suministro, Instalación y Prueba de TEE PVC INY EC 32mm PG	U	1,00	1,46	1,46
28	Suministro, Instalación y Prueba de TEE PVC INY EC 40mm	U	1,00	1,76	1,76
	BUJE				
29	Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY LARGO CC 50 A 25mm	U	9,00	3,83	34,47
30	Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY LARGO CC 50 A 32mm	U	61,00	2,33	142,13
31	Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY LARGO CC 40 A 25mm	U	25,00	1,33	33,25
32	Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY LARGO CC 50 A 40mm	U	200,00	1,36	272,00
33	Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INT LARGO EC 63 A 32mm	U	0,00	2,05	0,00

34	Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY BUJE EC 32 A 25 mm PG	U	134,00	1,61	215,74
35	Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY BUJE EC 40 A 32 mm PG	U	149,00	2,21	329,29
36	Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY BUJE EC 63 A 50mm	U	18,00	2,33	41,94
	CODO				
37	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 25mm X 90° PG	U	85,00	0,76	64,60
38	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 32mm X 90° PG	U	73,00	0,76	55,48
39	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 40mm X 90° PG	U	104,00	0,82	85,28
40	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 50mm X 90° PG	U	45,00	1,59	71,55
	ASPERSOR				
41	Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC INY EC 25 A 20mm PG	U	6.261,00	1,33	8.327,13
42	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 25mm X 90° PG	U	3.360,00	0,93	3.124,80
43	Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY BUJE EC 25 A 20 mm PG	U	3.351,00	1,36	4.557,36
44	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 20 mm x0.8Mpa	U	9.621,00	0,99	9.524,79

45	Suministro, Instalación y Prueba de ADAPTADOR HEMBRA de 20mm x 1/2"	U	9.621,00	0,69	6.638,49
46	Suministro, Instalación y Prueba de mini aspersor de 1/2"	U	9.621,00	3,83	36.848,43
				TOTAL:	188.200,28

Fuente: Datos obtenidos del diseño agronómico del módulo 10.

Realizado por: Nelly Yumi

4.4.9. Descripción de presupuesto a nivel de distribución secundaria

Este rubro corresponde a la colocación de tuberías desde las redes primarias hasta llegar a las redes de distribución terciarias, de hecho, los diámetros y las clases de tuberías son totalmente diferentes para cada lote esto se debe a la heterogeneidad de las mismas, a continuación, la (Tabla 23-4) describe en forma oportuna.

Tabla 23-4: Presupuesto a nivel de conducción secundaria.

Válvula (diámetro)	Costo de válvula	Costo de tubería (m)	Costo de Codos (unidad)	Costo de Tee (unidad)
50 (1 1/2")	170	12340,20	50,53	16,24
63 (2")	228	17867,55	90,00	69,00
75 (3")	90	10555,20	31,44	38,50
90 (3")	153	23273,50	91,00	156,00
110 (4")	180	38773,70	92,00	192,15
160 (6")	350	378577,50	1236,60	4142,00
total	1171	481387,65	1591,57	4613,89
GRAN TOTAL	488764,11			

Fuente: Datos obtenidos del diseño agronómico del módulo 10.

Realizado por: Nelly Yumi

El costo de la conducción secundaria bordea los 488.764.11 dólares, considerando las válvulas, tuberías y los elementos hidráulicos detallados en la (Tabla 24-4).

Tabla 24-4: Presupuesto a nivel de conducción secundaria.

Válvula (diámetro)	Número de válvula	Longitud de tubería (m)	Codos (unidad)	Tee (unidad)
50 (1 1/2")	17	822,68	31	14
63 (2")	19	1191,17	45	30
75 (3")	6	439,80	12	11
90 (3")	9	930,94	28	26
110 (4")	9	1107,82	23	21
160 (6")	14	5047,70	108	109

Fuente: Datos obtenidos del diseño agronómico del módulo 10.

Realizado por: Nelly Yumi

Es importante mencionar que en conducción secundaria se requiere 822,68 metros de PVC EC 50 mm de 63 metros de columna de agua; 1191,17 metros de PVC EC 63 mm de 63 metros de columna de agua; 439,80 metros de PVC EC 75 mm de 63 metros de columna de agua; 930,94 metros de PVC EC 90 mm de 63 metros de columna de agua; 1107,82 metros de PVC EC 110 mm de 63 metros de columna de agua; 5047,70 metros de PVC EC 160 mm de 63 metros de columna de agua, más otros elementos hidráulicos detallados en el tabla anterior.

4.4.10. Análisis económico del Proyecto

Evaluación económica sin Proyecto

En la (Tabla 25-4) se muestra el costo de producción de cada uno de los cultivos presentes en la cédula de cultivo propuesto para el proyecto del módulo 10.

Tabla 25–4: Rendimiento de cultivos sin proyecto.

Cultivo	Área cultivada (Ha)	Productividad (Mg ha ⁻¹)	Cosechas en el año	Producción (Mg)
Maíz	1,3400	1,20	1,00	1,60
Fresa	0,5700	0,11	98,00	5,72
Alfalfa	0,5300	14,00	3,00	22,46
Limón	0,3900	0,15	52,00	2,12
Mora	0,8000	0,05	52,00	2,28
Tuna	0,6300	0,48	13,00	3,34
Suelo en descanso	28,9891			
Barbecho	7,9782			
Total	41,2488			

Fuente: Datos obtenidos mediante levantamientos topográficos.

Realizado por: Nelly Yumi

En el presente cuadro se observa que por no existir agua de riego la mayoría de superficie se encuentra en descanso, siendo 28,9891 ha, y una mínima parte son cultivadas de maíz, fresa, alfalfa, limón, mora y tuna, asimismo la producción en comparación al costo de compra de tanqueros de agua es totalmente ínfima. Así la producción de maíz en una hectárea es 1,64 megagramos (Mg) y la cosecha se hace una sola vez y en área cultivada de 1,34 ha resulta 1,60 Mg, así se determina todos los otros rubros.

Tabla 26–4: Costos de producción sin proyecto.

Cultivo	Área cultivada (ha)	Costo unitario (US\$ ha ⁻¹)	Costo Total (US\$)
Maíz	1,3400	902,16	1.208,89
Fresa	0,5700	3622,84	2.065,2
Alfalfa	0,5300	750,00	397,50
Limón	0,3900	1956,69	523,19
Mora	0,8000	1921,00	1.541,03
Tuna	0,6300	857,56	458,62
Total			6.067,57

Fuente: Resultados de acuerdo al censo del módulo 10.

Realizado por: Nelly Yumi

La (Tabla 26-4) muestra el costo de producción sin proyecto, siendo que, los rubros existentes en la actualidad (columna de área cultivada) cuesta 6.067,57 dólares, incluye la compra de tanquero de agua, sin asistencia técnica, y entre otros.

Tabla 27-4: Utilidad agrícola sin proyecto.

Cultivo	Producción (Mg)	Precio del producto (US\$ Mg ⁻¹)	Utilidad Bruta (US\$)	Costo Total (US\$)	Utilidad Neta (US\$)
Maíz	1,60	490,00	786,16	1.206,19	-420,03
Fresa	5,72	1960,00	11.206,03	1.937,45	9.268,58
Alfalfa	22,46	100,00	2.246,11	401,09	1.845,02
Limón	2,12	600,00	1.274,13	523,19	750,93
Mora	2,28	1760,00	4.004,58	1.541,03	2.463,56
Tuna	3,34	715,00	2.386,06	458,62	1.927,44
Total			21.903,07	6.067,57	15.835,50

Fuente: Resultados de acuerdo al censo del módulo 10.

Realizado por: Nelly Yumi

La rentabilidad económica de los rubros de mayor importancia de la zona es tal como se observa en la última columna de la (Tabla 27-4), siendo inclusive para el maíz una pérdida total, mientras para otros rubros si existe ingresos favorables para los agricultores, en conclusión, teniendo al año una rentabilidad de 15.835,50 dólares.

4.4.11. Evaluación económica con Proyecto

En un trabajo integrado entre los beneficiarios y el mercado se decide aquellos suelos en descanso y en barbecho destinar a la producción de limón, debido que los precios y la demanda de este producto se va en aumento y al final este comportamiento se presenta en la (Tabla 28-4), teniendo una producción anual de 307,54 megagramos de limón, seguido de alfalfa de 28,88 megagramos, y así sucesivamente de otros rubros.

Tabla 28–4: Rendimiento de cultivos con proyecto.

Cultivo	Área cultivada (Ha)	Productividad (Mg ha ⁻¹)	Cosechas en el año	Producción (Mg)
Maíz	1,3400	2,50	1,00	3,34
Fresa	0,5700	0,12	98,00	6,29
Alfalfa	0,5300	18,00	3,00	28,88
Limón	36,1900	0,18	52,00	307,54
Mora	0,8000	0,06	52,00	2,50
Tuna	0,6300	0,50	13,00	3,48
Total	41,2488			

Fuente: Resultado arrojados de los usuarios del proyecto.

Realizado por: Nelly Yumi

La (Tabla 29-4) muestra los costos de producción de cada rubro, siendo el más alto el limón con 67.144,64 dólares en las 36,19 ha, seguido de fresa con 2.034,32 dólares para 0,57 ha.

Tabla 29–4: Costos de producción con proyecto.

Cultivo	Área cultivada (ha)	Costo unitario (US\$ ha ⁻¹)	Costo Total (US\$)
Maíz	1,34	930,96	1.244,70
Fresa	0,57	3.803,99	2.034,32
Alfalfa	0,53	778,80	416,49
Limón	36,19	2.054,52	67.144,64
Mora	0,80	2.017,05	1.618,08
Tuna	0,63	900,43	481,55
Total	41,2488	10.485,75	71.939,78

Fuente: Resultado arrojados de los usuarios del proyecto.

Realizado por: Nelly Yumi

La utilidad neta de los 41.2488 ha de suelos del módulo 10 es de 132.608,42 dólares, siendo el rubro más alto con 114.660,73 dólares para limón, seguido de fresa 10.292,31 dólares, y los otros rubros superiores si comparamos con utilidad sin proyecto, en mayor detalle se observa en la (Tabla 30-4).

Tabla 30–4: Utilidad agrícola con proyecto.

Cultivo	Producción (Mg)	Precio del producto (US\$ Mg ⁻¹)	Utilidad Bruta (US\$)	Costo Total (US\$)	Utilidad Neta (US\$)
Maíz	3,34	490,00	1.637,83	1.244,70	393,13
Fresa	6,29	1.960,00	12.326,64	2.034,32	10.292,31
Alfalfa	28,88	100,00	2.887,85	416,49	2.471,36
Limón	301,34	600,00	180.805,37	66.144,64	114.660,73
Mora	2,50	1.760,00	4.405,04	1.618,08	2.786,96
Tuna	3,48	715,00	2.485,48	481,55	2.003,93
Total			204.548,20	71.939,78	132.608,42

Fuente: Datos ejecutados mediante costo de producción.

Realizado por: Nelly Yumi

4.4.12. Comparación de las utilidades con y sin proyecto

De hecho, el agua de riego mejora la producción agrícola tanto en cantidad, calidad y continuidad, en esta perspectiva la (Tabla 31-4) indica que la presencia de agua de riego si influye efectivamente, siendo que la utilidad sin proyecto es 15.835,50 dólares, y con proyecto es 132.608,42 dólares, apareciendo un incremento de 116.772,93 dólares, dando un promedio 1.357,82 dólares por familia y por año.

Tabla 31–4: Utilidad agrícola con proyecto.

DESCRIPCION	TOTAL
Sin proyecto (USD \$)	15.835,50
Con proyecto (USD \$)	132.608,42
Incremental (USD \$)	116.772,93
Promedio (USD \$/familia/año)	1.357,82
Promedio (USD \$/familia/mes)	113,15

Fuente: Datos obtenidos de la población de la comunidad.

Realizado por: Nelly Yumi

Proyección y evaluación del proyecto

Tabla 32-4: TIR y VAN. Indicadores financieros, calculado para 10 años.

Flujo del proyecto	Años										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos Agrícolas		45.661,28	136.983,85	182.645,13	182.645,13	182.645,13	182.645,13	182.645,13	182.645,13	182.645,13	182.645,13
Egresos Agrícolas		(16.468,05)	(49.404,16)	(65.872,21)	(65.872,21)	(65.872,21)	(65.872,21)	(65.872,21)	(65.872,21)	(65.872,21)	(65.872,21)
Depreciación obra civil		72.072,75	72.072,75	72.072,75	72.072,75	72.072,75	72.072,75	72.072,75	72.072,75	72.072,75	72.072,75
Utilidad antes de impuesto.		101.265,98	159.652,44	188.845,67	188.845,67	188.845,67	188.845,67	188.845,67	188.845,67	188.845,67	188.845,67
Utilidad neta		101.265,98	159.652,44	188.845,67	188.845,67	188.845,67	188.845,67	188.845,67	188.845,67	188.845,67	188.845,67
Depreciación obra civil		(72.072,75)	(72.072,75)	(72.072,75)	(72.072,75)	(72.072,75)	(72.072,75)	(72.072,75)	(72.072,75)	(72.072,75)	(72.072,75)
Inversiones											

Infraestructura	(720.727,45)											
Préstamo	188.200,28											
Amortización		(18.820,03)	(18.820,03)	(18.820,03)	(18.820,03)	(18.820,03)	(18.820,03)	(18.820,03)	(18.820,03)	(18.820,03)	(18.820,03)	(18.820,03)
Capital de trabajo												
Valor de desecho												504.509,22
Flujo del proyecto	(532.527)	10.373,20	68.759,67	97.952,90	97.952,90	97.952,90	97.952,90	97.952,90	97.952,90	97.952,90	97.952,90	602.462,12
TIR	14,50%											
VA N	\$81.70											

Fuente: Datos financieros del proyecto del módulo 10.

Realizado por: Nelly Yumi

Tabla 33–4: Relación B/C Indicador financiero calculado para 10 años.

Flujo del proyecto	Años										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos Agrícolas		45.661,28	136.983,85	182.645,13	182.645,13	182.645,13	182.645,13	182.645,13	182.645,13	182.645,13	182.645,13
Total, Ingresos		45.661,28	136.983,85	182.645,13	182.645,13	182.645,13	182.645,13	182.645,13	182.645,13	182.645,13	182.645,13
Egresos Agrícolas		(16.468,05)	(49.404,16)	(65.872,21)	(65.872,21)	(65.872,21)	(65.872,21)	(65.872,21)	(65.872,21)	(65.872,21)	(65.872,21)
Total, Egresos		(16.468,05)	(49.404,16)	(65.872,21)	(65.872,21)	(65.872,21)	(65.872,21)	(65.872,21)	(65.872,21)	(65.872,21)	(65.872,21)
Inversión	(532.527)										
Tasa de descuento	12,00%										
VNA ingresos	873.277,84										
VNA egresos	- 314.953,58										
VNA egresos + inversión	- 847.480,75										
B/C	1,03										

Fuente: Indicadores financieros para ponderar los resultados.

Realizado por: Nelly Yumi

Tabla 34-4: Periodo de retorno de la inversión, calculado para 10 años.

Flujo del proyecto	Período de Retorno de la Inversión										
	Años										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo de caja		10.373,20	68.759,67	97.952,90	97.952,90	97.952,90	97.952,90	97.952,90	97.952,90	97.952,90	602.462,12
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%)		9.261,79	54.814,79	69.720,94	62.250,84	55.581,11	49.625,99	44.308,92	39.561,53	35.322,80	193.976,68
flujo descontado acumulado		9.261,79	64.076,57	133.797,51	196.048,35	251.629,45	301.255,44	345.564,36	385.125,89	420.448,69	614.425,37
Inversión	532.527										
Costo recuperado	385.125,89										
Saldo costo	147.401,28										
Flujo siguiente	420.448,69										
índice CPR/FS	0,351										
PRI-años	8,351										

Fuente: Datos calculados del proyecto del módulo 10.

Realizado por: Nelly Yumi

La (Tabla 32-4) muestra detalladamente que la intervención de los rubros ingresos por concepto de venta de productos agrícolas de la zona y los egresos por concepto de inversión en la producción agrícolas, sumados las inversiones netamente del sistema de riego, se obtiene los indicadores financieros, siendo el Valor Actual Neto de la inversión del proyecto para 10 años y una tasa de descuento del 12,00% es de 81.70 dólares. Mientras la Tasa Interna de Retorno para el mismo periodo es de 14,50% que es superior a la tasa de descuento (12,00%).

Mientras la (Tabla 33-4) indica otro indicador financiero, la relación Beneficio – Costo para el mismo periodo, siendo de 1,03.

Los 3 indicadores financieros del proyecto de implementación del sistema de riego muestran la viabilidad del mismo, caso del VAN y relación B/C son mayores a 1, mientras la TIR es superior a la tasa del descuento.

En la (Tabla 34-4) se observa que, el periodo de retorno de la inversión del proyecto de riego es de 8 años.

4.4.13. Evaluación de impacto ambiental

Tabla 35-4: Análisis de impacto ambiental.

ACCIONES COMP. AMB.	TRANSFOR. SUELO		PROCESOS DE PRODUCCIÓN							MANEJO MATERIA PRIMA			PROD. ENER.	UTILI. TRAN.	ACCIDENT.		CONT. SANIT.	AFECTAC. POSITIVAS		
	Emplaz. industrial	Línea de transmisión	Demanda agua	Efluen. liquid. indus.	Efluen. liquid. domést.	Emisión atmosférica	Ruido y vibraciones	Olores	Desechos sólidos	Polvo	Almacenamiento	Ruido y Vibraciones	Ruido y vibraciones	Carreteras	Explosiones	Derrames fugas	Dispos. desechos sólidos	AFECTAC. POSITIVAS	AFECTAC. NEGATIVAS	AGREGAC. IMPACTOS
1 Calidad Aire	3	3				1	-1				-2			-1		-1		2	4	1
2 Agua subterránea			-1			3				3				1		1		0	1	-3
3 Flora	1	2																1	0	2
	1	1	-1					1								-1	-2	2	3	-3
	1	1						2								1	2	1	1	-3
6 Paisaje	1	-1																0	1	-1
7 Salud	3	3				2				2	2		-1				-3	3	2	7
	2	2				-1		2	2	2	-1	-1	1				-1	4	5	1
	2	2	3	-2		1		2	2	2	1	1	2				3	1	0	2
	1	1																1	0	1
	1	1																1	0	1
AFEC. POSIT.	8	0	1	0	0	2	0	2	0	0	1	0	1	0	0	1	0	5		
AFEC. NEGAT.	2	1	2	0	0	1	0	1	1	0	2	1	2	1	0	1	3			
AGRC. IMPACTOS	22	-1	-6	0	0	6	0	3	4	0	-4	-1	1	-1	0	-2	-16			

Fuente: Datos del estudio de la población del módulo 10.

Realizado por: Nelly Yumi

La evaluación de impacto ambiental utilizando la matriz de Leopold detallado en la (Tabla 35-4), contiene en la primera columna los componentes ambientales y asimismo en la primera fila corresponde las acciones y la interacción de estos dos elementos se cuantifica el impacto en sí, si el resultado es positivo (última celda con valor 5) significa que el impacto de la implementación del proyecto de riego en módulo N° 10 del Chingazo San Francisco es positivo, por ende, es conveniente ejecutarla, y si esto fuera valor negativo no es conveniente ejecutarla dicho proyecto.

CAPÍTULO V

5. PROPUESTA

El agua es un recurso muy valioso que debe ser usado de forma correcta en las actividades agrícolas, esta investigación determinó estadísticas y procesos que se pueden adelantar en diversas comunidades campesinas para “tratar los sistemas de riego de una forma más ambiental que técnica permitiendo así que el uso de agua se convierta en un elemento indispensable para la soberanía alimentaria y su uso se haga de forma responsable y consciente”.

Los resultados entregados en esta tesis brindan herramientas muy importantes para los pequeños y grandes agricultores permitiendo el mejoramiento de sus procesos y conociendo en detalle los impactos positivos que se pueden generar al implementar un sistema de riego adecuado y con los resultados que se esperan obtener.

Esta tesis abre las puertas a la implementación de una política pública que pueda favorecer el cuidado del agua y a su vez, los manejos que se brindan en las periferias rurales en aras de una agricultura más sostenible y con menos impacto ambiental.

De hecho, para obtener resultados favorables en cuanto a la eficiencia de riego se debe realizar las instalaciones con las especificaciones descritas en el presente texto, tales como: las tuberías con las resistencias correspondientes, los elementos hidráulicos, las distancias entre emisores, distancias entre laterales, los aspersores determinadas para el presente proyecto, posterior a las especificaciones técnicas, es importante trabajar en el ámbito social y del mercadeo.

6. CONCLUSIONES:

En Chingazo San Francisco en el módulo 10 la evapotranspiración de cultivo supera la cantidad de precipitación, obligando realizar riegos para substituir las necesidades siendo para este periodo de 400mm por día, mientras la precipitación más alta es de 1.6 mm por día.

En el diagnostico agronómico se determina la cédula de cultivo, siendo cada cultivo totalmente distinto en cuanto al requerimiento hídrico, efectivamente, influenciado de los factores edáficos, factores climáticos.

Una vez determinada las necesidades netas de riego máximo, se diseñó la instalación, la conducción de tuberías y la colocación de micro aspersores y elementos hidráulicos en las 41.2188 ha.

Se determinó los parámetros de riego necesario en la parte agronómica que comprende el cálculo de agua utilizable, necesidades netas de riego, dosis neta de riego, máximo intervalo de riego, dosis bruta de riego y tiempo de aplicación.

7. RECOMENDACIONES

Para realizar un correcto diseño agronómico de riego se recomienda muestrear el suelo para determinar la capacidad física del suelo como capacidad de campo, punto de marchitez permanente.

Se recomienda trabajar con la estación meteorológica más cercana del área donde se va implementar un proyecto de riego, para la obtención de datos meteorológicos para determinar las necesidades hídricas del cultivo.

Por las condiciones climática y edáficas es imprescindible realizar riego a presión con la finalidad de optimizar al máximo el agua.

Se recomienda para ejecutar proyecto de sistema de riego es importante involucrar a todos los beneficiarios en la capacitación sobre, el manejo de sistema de riego, en especial en los turnos de riego, distribución y planificación por cada usuario, días y horas de riego, por ende, la sostenibilidad de cualquier proyecto depende del involucramiento de aquellos.

GLOSARIO

Presión nominal (PN). - Es el valor numérico de una serie convencional que se adopta, a efectos de referencia, para caracterizar los tubos, las piezas especiales y los demás elementos de la tubería en relación con la presión hidráulica interior (kp/cm²) que son capaces de resistir en ausencia de cargas externas.

Evapotranspiración. - Conocido como uso consuntivo, corresponde a la pérdida de agua del suelo y de los cultivos por efecto de la presión de los factores climáticos y fisiológico de los cultivos.

Emisores. - comúnmente conocidos micro aspersores.

Capacidad de campo. - Es la cantidad de agua que puede retener el suelo, y que las plantas aprovechan sin problemas, la cantidad de agua retenido se varía de acuerdo a la textura del mismo.

Punto de marchitez permanente. - Es el agua retenido por el suelo pero que no es aprovechado por las plantas, debido a que estos están siendo retenidos a presiones mayores que el cultivo no puede extraer.

Diseño agronómico. - Corresponde a determinar cuánto, cuando, y como regar agua en los cultivos.

Diseño hidráulico. - Es uso de tuberías y elementos hidráulicos apropiados, tuberías que soportan las presiones y están en función de la variación topográficas.

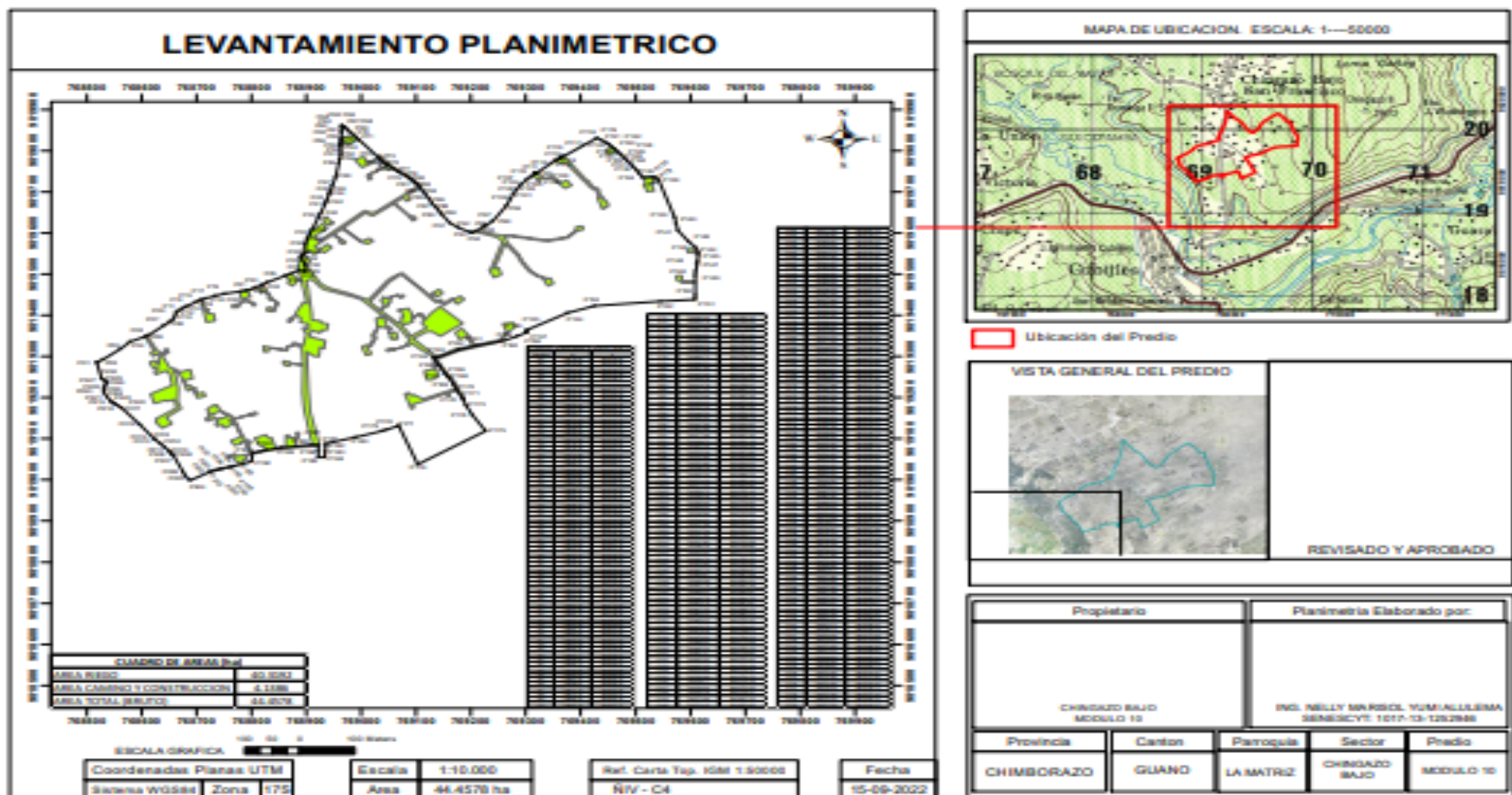
BIBLIOGRAFIA

- Aguilar-Barojas, S., (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. Salud en Tabasco, 11(1-2), 333-338.
- Andrade, L. 2013. Sistema de información para la interpolación de datos de evapotranspiración de referencia del Ecuador. Revista Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. 14 p.
- Belarmino, S. 2017. Cómo tomar muestras de suelos. 2^{da} Ed. México. 20 p.
- Caballero, R. 2008. El enfoque sistémico para un diseño agroecológico. Universidad Agraria de la Habana. 5^{ta} Ed. La Habana, Cuba. 10 – 13 p.
- Calvache, M. 2012. Riego andino tecnificado. 1^{ra} Ed. Quito, Ecuador. 20 – 31 p.
- Carrazón J. 2007. Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego. 1^{ra} Ed. Honduras. 20-35 p.
- Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador - CONGOPE. 2016. Hablemos de Riego con los agricultores. 1^{ra} Ed. Quito, Ecuador. 251 – 265 p.
- Consortio Tracasa – NIPSA. 2014. Levantamiento de cartografía temática a escala 1:25000. 1^{ra} Ed. Hondura. 7 p.
- Demin, P. 2014. Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego. 2^{da} Ed. Catamarca, Argentina. 212 – 228 p.
- Fernández, R. 2010. Manual de riego para agricultores. 2^{da} Ed. Sevilla, España. 58, 64, 88 p.
- Fontova, M. 2001. Ingeniería de riego. 1^{ra} Ed. La Habana, Cuba. 45 p.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de Guano - GAD-Guano. 2019. Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Guano. Guano, Ecuador. 45 – 65 p
- Gobierno Autónomo Descentralizado Provincia de Chimborazo - GADPCH, 2016. Plan provincial de riego y drenaje. Chimborazo, Ecuador. 23 – 64 p.
- García, E. 2001. Ingeniería del riego. 1^{ra} Ed. La Habana, Cuba. 112 p.
- García, L. 1999. Diagnóstico agroecológico de sistemas agrícolas. Universidad Agraria de la Habana, Cuba. 56 p.
- Gavilánez, F. 2019. La hidráulica del Ingeniero Agrícola. 1^{ra} Ed. Quito, Ecuador. 68 – 96 p.
- Holdridge, L. 2000. Ecologías basadas en zonas de vida. 5^{ta} Ed. San José, Costa Rica. 321 p.
- Instituto Ecuatoriana de Normalización - INEN. 2003. Calidad del Agua, Manejo y Conservación de Muestras. 1^{ra} Edición. Quito, Ecuador.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA. 2017. El Agua para la Agricultura de las Américas. 5^{ma} Ed. México. 241 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos - INEC. 2015. Metodología de la encuesta de condiciones de vida. Quito, Ecuador. 67 p.
- León, C. 2005. Métodos bio-matemáticos para el análisis de sistemas agropecuarios en el Ecuador. Quito, Ecuador.

- Ministerio de Agricultura y Ganadería - MAG. 2020. Resumen ejecutivo de los diagnósticos territoriales del sector agrario. 1^{ra} Ed. Quito, Ecuador. 5 p.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). 2016. La política agropecuaria ecuatoriana hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015 – 2025. Quito, Ecuador. 56 – 89 p
- Maldonado. 2001. Manual de riego Parcelario. 2^{da} Ed. Santiago, Chile. 52 – 61 p.
- Monje, M. 2018. Diseño agronómico e hidráulico de riegos agrícolas a presión. 1^{ra} Ed. Madrid, España. 231 – 252 p.
- Montiel, V. 2002. Elementos básicos de riego presurizado para productores. Toluca, México.
- Muñoz, Villers. 2015. Efectos hidrológicos de la conversión del bosque de niebla en el centro de Veracruz, México.
- Núñez, A. 2015. Manual de cálculo de eficiencia para sistemas de riego. 2^{da} Ed. Lima, Perú. 52 p.
- Ojeda, W. 2015. Calendarización del riego, teoría y práctica. 2^{da} Ed. México. 38 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO. 2006. Estudio FAO Riego y Drenaje, Evapotranspiración del cultivo, guía para la determinación de requerimientos de agua de los cultivos. 10^{ma} Ed. Editorial ROMANA. New York, USA. 340 p.
- Paz, M. 2015. Manual de capacitación riego por goteo. 1^{ra} Ed. La Habana, Cuba. 36 p.
- Plan de Desarrollo Local - PDL. 2010. Plan de desarrollo local del canal de riego Chingazos, Pungales. 45 – 53 p.
- Pizarro, F. 1996. Riegos localizados de alta frecuencia. 3^{ra} Ed. Editorial Mundi – Prensa. Madrid – España. 345 – 357 p.
- Rodríguez, J. 2003. Riego localizado, programas informáticos para Windows. 2^{da} Ed. Ed, Mundi – Prensa. Madrid, España. 230 p.
- Santos, L. 2010. Riego y sus tecnologías. 1^{ra} Ed. Madrid, España. 132 p.
- Sistema mundial de información de la FAO sobre el agua en agricultura (AQUASTAT). 2000. Modelos que estima la extracción del agua. 2^{da} Ed. Roma, Italia. 123 p.
- Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (SCCS). 2000. Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas de riego. 3^{ra} Ed. Bogotá, Colombia. 101 p.
- Tapia, F. 1999. Concepto sobre diseño y manejo de riego presurizado. 1^{ra} Ed. Santiago, Chile. 64 p.
- Tarjuelo, J. 2005. El riego por aspersión y su tecnología. 3^{ra} Ed. Editorial Mundi Prensa. Madrid, España.

ANEXOS

Anexo N° A. Plano del Módulo 10. Chingazo San Francisco



Anexo N° B. Turnos de riego con ciclo de 7 días

