



Universidad  
Nacional  
de Loja

# Universidad Nacional de Loja

## Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

### Carrera de Ingeniería Agrícola

Caracterización de los métodos de riego y evaluación de una unidad de riego por goteo en el cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis. L*) en la parroquia San Antonio de las Aradas, cantón Quilanga, provincia de Loja.

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de Ingeniera Agrícola

#### AUTORA:

Fernanda Lizbeth Castillo Cevallos

#### DIRECTOR:

Ing. Manuel Romel Ramón Hurtado, Mg. Sc.

Loja - Ecuador

2023

## Certificación

Loja, 24 de marzo de 2023

Ing. Manuel Romel Ramón Hurtado Mg.Sc

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

**CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Caracterización de los métodos de riego y evaluación de una unidad de riego por goteo en el cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis. L*) en la parroquia San Antonio de las Aradas, cantón Quilanga, provincia de Loja**, previo a la obtención del título de **Ingeniera Agrícola**, de autoría de la estudiante **Fernanda Lizbeth Castillo Cevallos**, con **cédula de identidad Nro. 1106037771**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Firmado electrónicamente por:  
MANUEL ROMEL RAMON  
HURTADO

Ing. Manuel Romel Ramón Hurtado M.Sc  
**DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN**

## **Autoría**

Yo, **Fernanda Lizbeth Castillo Cevallos**, declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

**Firma:**



**Cédula de identidad:** 1106037771

**Fecha:** 02 de agosto del 2023

**Correo electrónico:** fernanda.castillo@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0986670041

**Carta de autorización por parte de la autora para consulta, reproducción parcial o total y/o publicaciones electrónicas del texto completo, del Trabajo de Titulación.**

Yo, **Fernanda Lizbeth Castillo Cevallos**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **Caracterización de los métodos de riego y evaluación de una unidad de riego por goteo en el cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis. L*) en la parroquia San Antonio de las Aradas, cantón Quilanga, provincia de Loja**, como requisito para optar por el título de **Ingeniera Agrícola**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los dos días del mes de agosto de dos mil veintitrés.

**Firma:**



**Autora:** Fernanda Lizbeth Castillo Cevallos

**Cédula:** 1106037771

**Dirección:** Av. Benjamín Carrión y Calle José de Artigas.

**Correo electrónico:** fernanda.castillo@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0986670041

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director del Trabajo de Titulación:** Ing. Manuel Romel Ramón Hurtado, Mg. Sc.

## **Dedicatoria**

Con muchísimo cariño y gratitud le dedico este trabajo a mis padres Isabel Cevallos y Fernando Castillo, modelo de sacrificio, amor y honestidad, quienes con paciencia y esfuerzo supieron educarme como persona de bien con principios y valores únicos.

A mis hermanos Fernando y Luis por brindarme esos consejos de motivación, cariño y que con sus palabras de aliento en los momentos más difíciles de mi carrera me motivaron a seguir.

*Fernanda Lizbeth Castillo Cevallos.*

## **Agradecimiento**

En primera instancia al creador por darme la bendición de culminar mis estudios universitarios en esta hermosa carrera; a mis padres y hermanos fuente de apoyo constante e incondicional a lo largo de mi vida personal y académica.

A la Universidad Nacional de Loja, a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables y de manera muy especial a la Carrera de Ingeniería Agrícola, a la planta docente de la misma y de manera especial al Ingeniero Diego Fernando Chamba Zaragocin, PhD., por su apoyo y consejos, de la misma manera a sus administrativos que contribuyeron a mi formación profesional.

Mi eterno agradecimiento al Ing. Manuel Romel Ramón Hurtado, Mg. Sc. Director de la presente investigación por su valioso aporte y orientación, así también por sus inestimables conocimientos y guiarme hasta la culminación del trabajo investigado.

*Fernanda Lizbeth Castillo Cevallos.*

## Índice de contenidos

Portada.....	i
Certificación.....	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenidos.....	vii
Índice de Tablas.....	xii
Índice de Figuras.....	xiv
Índice de Anexos.....	xv
1. Título.....	xvi
2. Resumen.....	1
2.1. Abstract.....	2
3. Introducción.....	3
4. Marco teórico.....	5
4.1. Suelo.....	5
4.1.1. <i>Estados de contenido de agua en el suelo</i> .....	5
4.1.1.1. Saturación.....	5
4.1.1.2. Capacidad de campo.....	5
4.1.1.3. Punto de marchitez permanente.....	5
4.1.2. <i>Movimiento de agua en el suelo</i> .....	5
4.1.3. <i>Velocidad de infiltración</i> .....	6
4.1.3.1. Medición de la infiltración.....	6
4.1.3.2. Capacidad de infiltración.....	6
4.1.3.3. Interpretación de los valores de la infiltración básica.....	7
4.1.3.4. Factores que determinan la infiltración.....	7
4.2. Clima.....	8

4.2.1. <i>Temperatura</i> .....	8
4.2.2. <i>Humedad</i> .....	8
4.2.3. <i>Velocidad del viento</i> .....	8
4.3. Cultivo de maracuyá o fruto de la pasión .....	8
4.3.1. <i>Características descriptivas</i> .....	9
4.3.2. <i>Requerimientos climáticos</i> .....	9
4.4. Necesidades hídricas de los cultivos.....	10
4.4.1. <i>Evaporación</i> .....	10
4.4.2. <i>Transpiración</i> .....	11
4.4.3. <i>Evapotranspiración</i> .....	11
4.4.3.1. Evapotranspiración de referencia (ET <sub>o</sub> ). .....	11
4.4.3.1.1. Método de Hargreaves. ....	11
4.4.3.2. Coeficiente del cultivo (K <sub>c</sub> ).....	13
4.4.3.3. Evapotranspiración del cultivo (ET <sub>c</sub> ). .....	13
4.5. Riego .....	13
4.5.1. <i>Sistema de riego</i> .....	14
4.5.2. <i>Métodos de riego</i> .....	14
4.5.2.1. Riego superficial.....	14
4.5.2.2. Riego por aspersion. ....	14
4.5.2.3. Riego localizado.....	14
4.5.2.3.1. <i>Riego por goteo</i> . ....	15
4.5.2.3.1.1. Tipos de sistemas de riego por goteo.....	15
4.5.2.3.1.2. Componentes del sistema de riego por goteo .....	15
4.5.3. <i>Evaluación de riego localizado</i> .....	18
4.5.3.1. Cuando realizar una Evaluación.....	18
4.5.3.2. Uniformidad de riego. ....	18
4.5.3.3. Coeficiente de variación de fabricación. ....	19
4.5.3.4. Curva de Caudal-Presión. ....	20



4.5.4. <i>Importancia de conocer la eficiencia de riego</i> .....	21
5. Metodología .....	22
5.1. Área de estudio.....	22
5.2. Metodología para el primer objetivo: Caracterizar los métodos de riego aplicados en la parroquia San Antonio de las Aradas. ....	23
5.2.1. <i>Socio económico, aguas, cultivos</i> .....	23
5.2.2. <i>Características de los suelos y climas</i> .....	25
5.3. Metodología para el segundo objetivo: Evaluar el método en una unidad de riego por goteo en el cultivo de maracuyá ( <i>P. edulis L.</i> ) en el barrio Tuburo perteneciente a San Antonio de las Aradas. ....	25
5.3.1. <i>Plano del levantamiento topográfico de diagnóstico del terreno</i> .....	25
5.3.2. <i>Calicata y toma de muestras</i> .....	26
5.3.3. <i>Toma de muestras de agua</i> .....	27
5.3.4. <i>Evaluación del funcionamiento de los componentes del sistema de riego por goteo</i> .....	27
5.3.5. <i>Metodología para el tercer objetivo: Elaborar una propuesta para mejorar la infraestructura, operación y mantenimiento del riego por goteo.</i> .....	29
5.3.5.1. Rediseño Agronómico. ....	29
5.3.5.1.1. <i>Datos requeridos para el diseño agronómico.</i> .....	29
5.3.5.1.2. <i>Metodología para determinar el régimen de riego de los cultivos.</i> .....	31
5.3.5.2. Rediseño Hidráulico. ....	42
5.3.5.3. Plano constructivo. ....	46
5.3.5.4. Lista de materiales y presupuesto estimado del proyecto. ....	46
5.3.5.5. Manual de operación del sistema de riego. ....	46
6. Resultados.....	47
6.1. Resultados para el primer objetivo .....	47
6.1.1. <i>Socio económico</i> .....	47
6.1.2. <i>Agua</i> .....	47
6.1.3. <i>Cultivos</i> .....	50

6.1.3.1. Evapotranspiración de referencia (ET <sub>o</sub> ).....	54
6.1.3.2. Coeficiente del cultivo (K <sub>c</sub> ).....	54
6.1.3.3. Evapotranspiración del cultivo (ET <sub>c</sub> ).....	55
6.1.4. <i>Estudio de características de suelo</i> .....	55
6.1.5. <i>Estudio de Climas en la parroquia</i> .....	59
6.2. Resultados para el segundo objetivo .....	60
6.2.1. <i>Plano del levantamiento topográfico del terreno</i> .....	60
6.2.2. <i>Descripción del perfil del suelo</i> .....	61
6.2.2.1. Descripción general del perfil del suelo.....	63
6.2.2.2. Características físicas e hidrofísicas del suelo. ....	64
6.2.2.2.1. Pruebas de infiltración básica. ....	64
6.2.2.3. Análisis de agua.....	65
6.2.3. <i>Evaluación de los componentes del sistema</i> .....	66
6.2.3.1. Determinación de la uniformidad de riego. ....	66
6.2.3.2. Determinación del coeficiente de variación de fabricación. ....	68
6.3. Resultados para el tercer objetivo.....	69
6.3.1. <i>Rediseño agronómico e hidráulico en base a la evaluación obtenida de la unidad de riego</i> .....	69
6.3.1.1. Rediseño Agronómico.....	69
6.3.1.1.1. <i>Resultados de los cálculos del rediseño agronómico</i> .....	69
6.3.1.2. Rediseño hidráulico.....	70
6.3.1.2.1. <i>Resultados de los cálculos del rediseño hidráulico</i> . ....	70
6.3.2. <i>Plano de propuesta rediseño</i> .....	72
6.3.3. <i>Plano constructivo de detalle</i> .....	74
6.3.3.1. Plano de los cabezales de riego por goteo.....	74
6.3.3.2. Plano de alimentadores de riego.....	76
6.3.3.3. Plano laterales de riego.....	77
6.3.4. <i>Materiales y presupuesto</i> .....	78

6.3.5. <i>Manual de operación del sistema de riego</i> .....	81
7. Discusión .....	84
8. Conclusión .....	89
9. Recomendaciones .....	90
10. Bibliografía.....	91
11. Anexos.....	98

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b>	Velocidad estabilizada de infiltración para diversos tipos de suelos.....	7
<b>Tabla 2.</b>	Categorías de la infiltración básica .....	7
<b>Tabla 3.</b>	Valores recomendados de CU en función de las características del emisor y la topografía del terreno.....	19
<b>Tabla 4.</b>	Valores recomendados para el CU .....	19
<b>Tabla 5.</b>	Clasificación de los emisores de acuerdo a su valor de CV .....	20
<b>Tabla 6.</b>	Estación meteorológica de Amaluza considerada para la ETo.....	24
<b>Tabla 7.</b>	Estaciones utilizadas para la elaboración de los mapas de temperatura y precipitación .....	25
<b>Tabla 8.</b>	Máximos porcentajes de agua aprovechable sugeridos de acuerdo a ETo y al cultivo .....	32
<b>Tabla 9.</b>	Porcentaje del área bajo riego recomendado para los diferentes sistemas de riego .....	34
<b>Tabla 10.</b>	Valores del Factor F .....	45
<b>Tabla 11.</b>	Aspectos socioeconómicos de la Parroquia San Antonio de las Aradas ...	47
<b>Tabla 12.</b>	Aspectos relacionados con el uso del agua en la Parroquia .....	48
<b>Tabla 13.</b>	Riego por aspersión.....	49
<b>Tabla 14.</b>	Riego por goteo .....	49
<b>Tabla 15.</b>	Riego por gravedad .....	50
<b>Tabla 16.</b>	Superficie con uso agropecuario.....	50
<b>Tabla 17.</b>	Superficie de cultivos bajo riego en la parroquia.....	51
<b>Tabla 18.</b>	Rendimientos de los cultivos por ha.....	52
<b>Tabla 19.</b>	Resultados de la Eto para cada mes en mm/día y mm/mes.....	54
<b>Tabla 20.</b>	Valores del coeficiente del cultivo (Kc) del maracuyá para las diferentes etapas.....	54
<b>Tabla 21.</b>	Resultados de la ETc para cada mes en mm/día y mm/mes.....	55
<b>Tabla 22.</b>	Descripción del perfil del suelo del área de estudio .....	62
<b>Tabla 23.</b>	Descripción de los horizontes y capas del suelo del área de estudio .....	63

<b>Tabla 24.</b>	Resultados de los análisis de suelos .....	64
<b>Tabla 25.</b>	Resultados de infiltración básica del suelo.....	65
<b>Tabla 26.</b>	Resultado de análisis de agua de uso de riego.....	66
<b>Tabla 27.</b>	Resultados de la medición de los volúmenes de los goteros del sistema .	67
<b>Tabla 28.</b>	Valores ordenados de los volúmenes medidos de los goteros.....	68
<b>Tabla 29.</b>	Resultados del cálculo del caudal en las tuberías.....	69
<b>Tabla 30.</b>	Resultados de los cálculos del rediseño agronómico.....	70
<b>Tabla 31.</b>	Resultados de los cálculos del rediseño hidráulico .....	71
<b>Tabla 32.</b>	Materiales y presupuesto para la rehabilitación del sistema de riego por goteo .....	78

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b>	Ubicación del área de estudio .....	22
<b>Figura 2.</b>	Porcentaje del área humedecido en el riego por goteo.....	34
<b>Figura 3.</b>	Destino de la producción.....	53
<b>Figura 4.</b>	Lugar de venta .....	53
<b>Figura 5.</b>	Mapa de pendientes de la Parroquia San Antonio de las Aradas .....	56
<b>Figura 6.</b>	Mapa de Cobertura de suelos de la Parroquia San Antonio de las Aradas. .....	57
<b>Figura 7.</b>	Mapa de Texturas de la Parroquia San Antonio de las Aradas .....	58
<b>Figura 8.</b>	Mapa de precipitación media anual de la Parroquia San Antonio de las Aradas .....	59
<b>Figura 9.</b>	Mapa de temperatura media anual de la Parroquia San Antonio de las Aradas.....	60
<b>Figura 10.</b>	Plano del levantamiento topográfico del terreno.....	61
<b>Figura 11.</b>	Plano de propuesta rediseño.....	73
<b>Figura 12.</b>	Plano constructivo de cabezales del sistema de riego.....	75
<b>Figura 13.</b>	Plano constructivo de alimentadores de riego .....	76
<b>Figura 14.</b>	Plano constructivo laterales de riego.....	77

## Índice de Anexos

<b>Anexo 1.</b>	Encuesta aplicada en el área de estudio .....	98
<b>Anexo 2.</b>	Cálculo del número de encuestados N .....	100
<b>Anexo 3.</b>	Valores de radiación extraterrestre en mm/día .....	101
<b>Anexo 4.</b>	Resultados de análisis de suelos .....	102
<b>Anexo 5.</b>	Infiltración acumulada sitio 1 .....	103
<b>Anexo 6.</b>	Infiltración acumulada sitio 2 .....	103
<b>Anexo 7.</b>	Infiltración acumulada sitio 3 .....	104
<b>Anexo 8.</b>	Datos de la prueba de infiltración 1 .....	104
<b>Anexo 9.</b>	Datos de la prueba de infiltración 2 .....	104
<b>Anexo 10.</b>	Datos de la prueba de infiltración 3 .....	105
<b>Anexo 11.</b>	Resultados de análisis de agua.....	106
<b>Anexo 12.</b>	Cálculos de la Evaluación de los componentes del sistema .....	106
<b>Anexo 13.</b>	Cálculos del rediseño Agronómico .....	108
<b>Anexo 14.</b>	Cálculos del rediseño hidráulico .....	116
<b>Anexo 15.</b>	Caudal del característico de Katif Gotero en línea autocompensante.....	122
<b>Anexo 16.</b>	Perdidas de carga tubería PE B y PVC (Catalogo plastigama).....	123
<b>Anexo 17.</b>	Reconocimiento del área donde se encuentra instalado el sistema de riego por goteo .....	128
<b>Anexo 18.</b>	Levantamiento topográfico y toma de muestras de suelo .....	128
<b>Anexo 19.</b>	Ensayos de infiltración del suelo .....	129
<b>Anexo 20.</b>	Elaboración y descripción de calicata.....	129
<b>Anexo 21.</b>	Evaluación del sistema de riego por goteo .....	130
<b>Anexo 22.</b>	Certificado del Abstract .....	130

## **Titulo**

Caracterización de los métodos de riego y evaluación de una unidad de riego por goteo en el cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis. L*) en la parroquia San Antonio de las Aradas, cantón Quilanga, provincia de Loja.



## 2. Resumen

El riego agrícola es una de las prácticas más antiguas utilizadas para producir alimentos, consiste en proporcionar agua al suelo de forma artificial. El riego por goteo es un método en auge debido a su precisión y alta eficiencia en la aplicación de agua, lo que permite un aprovechamiento óptimo de los recursos hídricos. Es por ello, que el presente trabajo tiene como objetivo, en primer lugar, caracterizar los métodos de riego utilizados en la parroquia San Antonio de las Aradas del cantón Quilanga, la misma que permitió conocer la realidad del riego en la parroquia; segundo, evaluar la aplicación de una parcela de riego por goteo en el cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis. L*) y proponer soluciones dirigidas a mejorar el funcionamiento y manejo de este, para beneficio de la finca situada en el barrio Tuburo de la parroquia San Antonio de las Aradas, cantón Quilanga. Para ello, se realizó la evaluación de las instalaciones disponibles y su funcionamiento mediante la determinación de la uniformidad de riego, el coeficiente de variación de fabricación y la curva caudal-presión.

Como resultado, se identificó en la parroquia San Antonio de las Aradas predomina el riego por aspersión en un 78%; los sistemas instalados en un 53% fueron diseñados por un técnico; el 90% de los usuarios de riego pertenecen a la junta de regantes del sistema de riego Chiriacu – Lucero los mismos que cuentan con un canal de riego que actualmente se encuentra en un mal estado. También se pudo determinar los problemas de las instalaciones existentes y, en base a las deficiencias observadas, se proponen cambios en los componentes de las instalaciones y diseño asegurando así, una mayor vida útil del método de riego y tratar de incrementar la producción del cultivo de maracuyá.

**Palabras clave:** Sistema de riego, riego por goteo, evaluación de sistema de riego, cultivo de maracuyá.

## 2.1. Abstract

Agricultural irrigation is one of the oldest practices used to produce food, involving the artificial provision of water to the soil. Drip irrigation is a growing method due to its precision and high efficiency in water application, this method allows optimal use of water resources. Therefore, the objective of this study is twofold: first, to characterize the irrigation methods used in the San Antonio de las Aradas parish in the Quilanga canton, which will provide an understanding of the current irrigation situation in the parish; second, to evaluate the implementation of a drip irrigation plot in passion fruit cultivation (*Passiflora edulis. L*) and propose solutions aimed at improving its operation and management, for the benefit of a farm located in the Tuburo neighborhood of the San Antonio de las Aradas parish, Quilanga canton. To achieve this, an evaluation was conducted on the available irrigation facilities and their functioning, by determining the irrigation uniformity, the manufacturing coefficient of variation, and the flow-pressure curve. In addition, an evaluation of the management and the installation available was carried out through an analysis technique and participatory methodology with the user, the irrigation with a good application efficiency give us quality and high-yield crops. As a result, It was identified that sprinkler irrigation predominates in the San Antonio de las Aradas parish, accounting for 78% of the systems used. Out of the installed systems, 53% were designed by a technician. Moreover, 90% of the irrigation users belong to the Chiriacu-Lucero irrigation system board, which currently faces issues with its irrigation canal. The problems with the existing facilities were also identified, and based on the observed deficiencies, changes in the components and design of the facilities are proposed to ensure a longer lifespan of the irrigation method and to attempt to increase passion fruit crop production.

**Keywords:** Irrigation system, drip irrigation, irrigation systems evaluation, passion fruit cultivation.

### 3. Introducción

El riego agrícola es una de las prácticas más antiguas utilizadas por el hombre para producir sus alimentos (Gurovich, 1985). A través de la historia, se ha comprobado que grandes civilizaciones han surgido y/o han decaído, de acuerdo con la forma en que han manejado la agricultura, entre otras cosas, la cual ha sido frecuentemente manejada bajo riego. El objetivo del riego consiste en proporcionar al suelo, en forma artificial, la cantidad de agua necesaria para satisfacer el déficit de evaporación y para el crecimiento y desarrollo de los cultivos (evapotranspiración), cuando no puede ser aportada por la precipitación en el momento oportuno y en la cantidad adecuada (Valverde, 2007).

Existen diferentes métodos de riego que permiten incrementar la producción de los cultivos, como son el riego superficial, por aspersión, micro aspersión y goteo (Hargreaves y Merkley, 2000), siendo el riego por goteo uno de los más eficientes en la actualidad, ya que este logra una eficiencia del 90-95% en el empleo del agua, esta eficiencia se ve afectada cuando estos trabajan a una presión mayor a la que se encuentran indicados por el fabricante, no se da un mantenimiento adecuado a los componentes del sistema. El riego por goteo está basado en el humedecimiento directo del suelo por medio de fuentes de agua puntuales distribuidas en la parcela y caracterizadas por tener una baja descarga, entre 1 y 10 l/h (Tarchitzky, 2002).

Los sistemas de riego localizado de alta frecuencia (RLAF), han revalorizado los terrenos que han sido marginales, siendo así que la evaluación de los sistemas se realiza con el fin de conocer cómo se encuentra el estado de funcionamiento (Pizarro, 1996). No obstante, es de importancia también; conocer la magnitud del costo de obras para mejorar la eficiencia y alcanzar un nivel aceptable de rendimiento del cultivo.

El cantón Quilanga se caracteriza por poseer una precipitación con una gran variabilidad de acuerdo con el piso altitudinal (que va desde los 1400 msnm a 3124 msnm) y en el transcurso del año existe una gran superficie del cantón con déficit hídrico anual mayor a 100 mm por año, esto se observa en las partes bajas de las tres parroquias que conforman el cantón; acentuándose aún más en la parroquia San Antonio de la Aradas, donde el déficit hídrico llega a 250 mm por año; lo cual ocasiona graves problemas del sector agrícola y pecuario. La actividad económica en el cantón Quilanga, preferentemente se dedican a la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca. Basado en la importancia de la producción agrícola y el déficit hídrico del sector se vuelve indispensable contar con un sistema de riego tecnificado que satisfaga las necesidades de los productores del cantón. En el territorio de la parroquia de San

Antonio de las Aradas se observan varios afluentes que son utilizados para agua de consumo, abrevaderos y riego de barrios y centros poblados de los cantones Quilanga y Calvas. Considerando la base de datos de la Secretaría del Agua (SENAGUA), en la parroquia de San Antonio de Las Aradas existe un total de 2 290,07 l/s de caudal concesionado, del cual se divide en las siguientes categorías: riego 1 730,08 l/s representando un 75,55%, hidroeléctrico 547,49 l/s que representa el 23,91%, uso doméstico 11,664 l/s que representa un total de 0,51%, y abrevaderos 0,82 l/s con un 0,04% (PDOT San Antonio de las Aradas, 2015-2019) .

La poca existencia de proyectos estratégicos que contribuyan al desarrollo rural y la limitada presencia de instituciones como el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) ante las necesidades de asesorías técnicas a los productores del cantón, así como también la insuficiente infraestructura de riego, siendo esta una gran limitante para la producción pese a que el cantón hidrológicamente se encuentra conformado por seis microcuencas importantes.

Ante esta situación y con la finalidad de contribuir con una propuesta que mejore el funcionamiento y manejo de riego por goteo y por ende la producción agrícola del cantón, el presente trabajo fue orientado al cumplimiento de los siguientes objetivos:

#### **Objetivo general**

Caracterizar los métodos de riego y evaluar una unidad de riego por goteo, en el cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis. L*) en la parroquia San Antonio de las Aradas del cantón Quilanga.

#### **Objetivos específicos**

- Caracterizar los métodos de riego aplicados en la parroquia San Antonio de las Aradas.
- Evaluar el método en una unidad de riego por goteo en el cultivo de maracuyá (*P. edulis L*) en el barrio Tuburo perteneciente a San Antonio de las Aradas.
- Elaborar una propuesta para mejorar la infraestructura, operación y mantenimiento del riego por goteo.

## 4. Marco teórico

### 4.1. Suelo

Porta et al. (2019) consideran al suelo como un sistema natural vivo, dinámico, organizado y complejo, resultado de procesos formadores físicos, fisicoquímicos, químicos y biológicos que tienen lugar después de instalarse microorganismos y plantas en un material, ya sea originario natural más o menos meteorizado o de origen antrópico, o del resultado de intercambios de masa y de energía con su entorno, así también de una organización de los materiales; lo que lleva a la diferenciación de distintas capas y horizontes.

#### 4.1.1. *Estados de contenido de agua en el suelo*

Fuentes (2003) menciona los siguientes estados de contenido de agua en el suelo:

##### 4.1.1.1. **Saturación.**

Un suelo se encuentra saturado cuando todos sus poros están ocupados por agua, esto se presenta después de una lluvia abundante o de un riego copioso. Cuando el estado del suelo saturado se alarga, las raíces de las plantas no acuáticas mueren por la ausencia del oxígeno.

##### 4.1.1.2. **Capacidad de campo.**

Es la cantidad de agua que un suelo retiene contra la gravedad, cuando su drenado es libre. En este estado el agua ocupa los poros pequeños y el aire ocupa una gran parte del espacio de los poros grandes.

##### 4.1.1.3. **Punto de marchitez permanente.**

A partir de la capacidad de campo, el agua del suelo se va perdiendo gradualmente por evaporización y por la absorción radicular. Las plantas llegan a un punto donde no pueden absorber toda el agua que necesitan y se marchitan. Se considera punto de marchitez permanente cuando la tensión matricial alcanza un valor de 15 atm. En este estado la textura depende más que la estructura del suelo.

#### 4.1.2. *Movimiento de agua en el suelo*

Según Jaramillo (2002) cuando se presenta flujo de agua en el suelo, el agua se desplaza obedeciendo a gradientes de potencial total ( $\Psi_T$ ) en el mismo: esta se desplaza desde donde está retenida con un potencial menos negativo (mayor potencial) hacia donde se presenta un potencial más negativo (menor potencial); cuando el  $\Psi_T$  en

los diferentes puntos del suelo se iguala en todos ellos, se suspende el movimiento de agua.

#### **4.1.3. Velocidad de infiltración**

La velocidad de infiltración permite conocer la capacidad del suelo de absorber agua. Al principio (cuando el suelo está más seco) la velocidad de penetración del agua en el suelo es rápida, pero si se sigue aportando más agua, llega un momento en que esta velocidad es más o menos constante. A esta velocidad se la conoce como velocidad de infiltración (Villafáfila & Wyss, 2009).

Para Cisneros (2003) la infiltración es muy importante en el manejo del agua de riego en los suelos. La infiltración se refiere a la velocidad con que entra el agua en el suelo.

El proceso de infiltración es de suma importancia práctica ya que su velocidad determina generalmente la cantidad de agua de escurrimiento, logrando así detectarse el peligro de erosión durante inundaciones por lluvias muy intensas (Pizarro et al., 2002).

##### **4.1.3.1. Medición de la infiltración.**

Pizarro et al. (2013) manifiesta que, para medir la velocidad de infiltración, existen varios métodos, entre ellos se encuentran:

- Cilindros infiltrómetros.
- Surcos infiltrómetros.
- Método de represa o poceta.

Independiente de la utilidad práctica de cada uno de estos, los cilindros infiltrómetros han sido los más utilizados, ya que estos requieren de menos equipos y materiales, y son más fáciles de instalar y operar.

##### **4.1.3.2. Capacidad de infiltración.**

Esta es la capacidad máxima de agua que puede absorber un suelo en determinadas condiciones, este valor es variable en el tiempo en función de la humedad del suelo y el material que lo conforma, y la mayor o menor compactación que tiene el mismo (Vázquez et al., 2017).

**Tabla 1.***Velocidad estabilizada de infiltración para diversos tipos de suelos*

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Velocidad (mm.h<sup>-1</sup>)</b>
Arenoso	>30
Arenoso Franco	15 – 30
Franco Arenoso	12 – 18
Franco	8 – 14
Franco Limoso	6 – 10
Arenoso Limoso	20 – 30
Limoso	10 – 20
Arcilloso Limoso	5 – 8
Arcilloso	3 – 6

**Fuente:** Cadena, 2016.**4.1.3.3. Interpretación de los valores de la infiltración básica.**

Para la interpretación de los datos obtenidos de la velocidad de infiltración básica, se debe utilizar los valores obtenidos en la Tabla 2, de categorías de infiltración.

**Tabla 2.***Categorías de la infiltración básica*

<b>Clase</b>	<b>Infiltración (mm.h<sup>-1</sup>)</b>
Muy Lenta	< 0,127
Lenta	0,127 - 0,50
Moderadamente Lenta	0,50 - 2,00
Media	2,00 - 6,35
Moderadamente Rápida	6,35-12,7
Rápida	12,7 - 25,0
Muy Rápida	> 25,0

**Fuente:** Ferrero, 1991**4.1.3.4. Factores que determinan la infiltración.**

Cisneros (2003) menciona que los factores principales que determinan la magnitud del movimiento del agua por infiltración son:

**Textura:** Los porcentajes de arena, limo y arcilla presentes en el suelo. En suelos arenosos se favorece la infiltración.

**Estructura:** Los suelos que contienen grandes agregados estables en agua tienen proporciones de infiltraciones más altas.

**Cantidad de materia orgánica:** Las altas proporciones de materia orgánica sin descomponer permiten que una mayor cantidad de agua entre en el suelo.

**Profundidad del suelo:** Suelos con una capa endurecida, lecho rocoso u otras capas impermeables influyen en la infiltración. En los suelos delgados se almacena menos agua que en los suelos profundos.

**Cantidad de agua en el suelo:** Generalmente un suelo mojado tendrá una menor infiltración que un suelo seco.

**Temperatura del suelo:** Los suelos calientes permiten una mayor infiltración del agua que en los suelos que tienen una temperatura fría.

**Cantidad de organismos vivos:** Los suelos con una mayor actividad microbiológica tendrán una mayor infiltración. Un caso característico son los pequeños túneles realizados por las lombrices, los mismos que favorecen la infiltración y la penetración radicular, así como la aireación.

## **4.2. Clima**

Se define al clima como la integración de las fluctuaciones de los factores atmosféricos con la dinámica de los elementos bióticos, abióticos, físicos y químicos que es medida durante un intervalo de tiempo, este le confiere a un determinado territorio geográfico tipologías que precisan su carácter ambiental (Lozano, 2018).

### **4.2.1. Temperatura**

Para Lozano (2018) la temperatura se puede definir como la magnitud física o propiedad que se da por resultado del nivel de la energía cinética de las partículas del sistema, o como la medida de transferencia de energía (calor) entre sistemas.

### **4.2.2. Humedad**

Tejeda (2018, p. 33) define la humedad como el vapor de agua, gas invisible e inodoro que al enfriarse puede condensarse (convertirse en gotas de agua). Esta se encuentra presente en la mayor parte de la atmósfera cerca de la superficie del planeta

### **4.2.3. Velocidad del viento**

La velocidad del viento es una magnitud vectorial que mide el componente horizontal del desplazamiento del aire en un punto y en un momento determinado y los instrumentos de medida de velocidad (anemómetros) y de dirección (veleta) miden valores con una frecuencia de muestreo y los promedian para intervalos de algunos minutos, habitualmente la unidad de medida utilizada es metros por segundo (m/s) (Naranjo, 2017).

## **4.3. Cultivo de maracuyá o fruto de la pasión**

Haro et al. (2020) menciona que el maracuyá o *passiflora* es una planta que se cultiva en suelos profundos de 50-150 cm, es por eso por lo que los usos de semillas



deben ser cuidadosamente seleccionadas para su alta productividad. Generalmente, estas semillas se germinan en bolsas plásticas y luego son llevadas al campo cuando las plántulas tienen una medida aproximada de 25 cm. Se pueden cultivar en suelos desde arenosos hasta arcillosos, siendo los suelos de textura areno arcillosos los preferibles (García, 2002).

El nombre *Passiflora*, proveniente del latín *passion* (pasión) y *floris* (flor), se debe a la semejanza entre los elementos de la flor y los diversos instrumentos de la Pasión de Cristo.

#### **4.3.1. Características descriptivas**

**Nombre científico:** *Passiflora edulis*.

**Nombres comunes:** Maracuyá, parchita, parcha, chinola, granadilla, pasionaria, fruta de la pasión.

**Familia:** Passifloraceae.

**Origen:** Región amazónica de Brasil, donde fue difundida hasta Australia, pasando a Hawaii (Amaya, 2009).

**Distribución:** Actualmente se cultiva en Australia, Nueva Guinea, Sri Lanka, Sudáfrica, India, Taiwán, Brasil, Perú, Ecuador, Venezuela y Colombia (Amaya, 2009).

**Adaptación:** Regiones con climas de tipo tropical húmedo y seco (Aw), tropical húmedo (Ar), subtropical húmedo (Cf) y subtropical con veranos secos (Cs) (FAO, 2000).

**Ciclo de madurez:** Perenne.

#### **4.3.2. Requerimientos climáticos**

**Altitud:** De 0 a 1300 msnm (Amaya, 2009); 300 a 900 msnm (García, 2002).

**Fotoperíodo:** Requiere un mínimo de 11 horas diarias de luz para poder florecer. Cuando se tienen días con una cantidad menor de luz disminuye la producción de flores (García, 2002).

**Radiación:** La calidad del fruto se encuentra relacionada directamente con la exposición lumínica del área foliar de las plantas, es por ello que se recomienda cinco horas de luz por día (Amaya, 2009).

**Temperatura:** Requiere de temperaturas que varíen entre 24 y 28°C. Las temperaturas bajas de invierno ocasionan una reducción en el número de frutos. Entre más elevadas sean las temperaturas, más pronto se llegará a la época de cosecha, pero la calidad puede afectarse produciendo frutos de mal sabor con disminución de peso y retardo en la formación del color amarillo. (Amaya, 2009).

**Precipitaciones:** Requiere de 900 a 2000 mm anuales, tolerando como valores mínimos 600 y máximos 2500 mm (FAO,2000).

**Humedad relativa:** Requiere de una humedad relativa apta del 60% (García, 2002).

El maracuyá de color amarillo es el que más se cultiva, ya que presenta una producción por hectárea de 10 a 25 toneladas (Haro et al., 2020).

La planta de maracuyá se caracteriza por ser una enredadora semi leñosa; perenne y trepadora de gran vigor vegetativo; su flor es hermafrodita, nace en las axilas de la hoja siendo muy vistosa, se presenta en color blanco con rayas púrpura.

La apertura de la flor se da únicamente en las tardes, tiempo para ser polinizada. El tallo, las hojas y los zarcillos son de color verde con trazas rojizas o violetas. El tallo, cuando joven es cilíndrico ligeramente anguloso. Las hojas son alternas trilobadas de base acorazonada y bordes finamente dentados. El pecíolo tiene dos nectarios o glándulas cortas cerca de la inserción de la lámina.

El fruto es una baya, de forma globosa u ovoide, con un diámetro de 0.04 m - 0.08 m y de 0.06 m - 0.08 m de largo, su peso oscila entre 100 g y 130 g, lo que dependerá de la variedad siendo la amarilla la de mayor tamaño. La base y el ápice son redondeados, la corteza es de color amarillo, de consistencia dura, lisa y cerosa, con 0.003 m de espesor; el pericarpio es grueso, en dependencia nuevamente de la variedad.

**Maracuyá amarillo (*Pasiflora edulis*):** La variedad *Flavicarpa degener* y en inglés “yellow passion fruit” presentan frutos vistosos color amarillo con diferentes formas (globosa u ovoide), mide entre 38 a 64 mm de diámetro y entre 64 a 102 mm de longitud. Se desarrolla y crece perfectamente en zonas muy bajas, siendo esta una planta más rústica; es una enredadora perenne leñosa que crece vigorosamente, las hojas poseen tres lóbulos con bordes provistos de diferentes tonos y base con forma de corazón.

La capa interior del fruto es blanca parecida al alvéolo de los cítricos, dentro de la cáscara se hallan numerosas semillas de color pardo oscuro recubiertas por sacos que contienen el jugo de color amarillo bastante ácido y muy aromático de sabor agradable y único en relación a otras frutas, sus flores se abren al medio día y se cierran durante la noche.

#### **4.4. Necesidades hídricas de los cultivos**

##### **4.4.1. Evaporación**

Para Cisneros (2003) la evaporación es el agua que se pierde en forma de vapor por el terreno próximo a la planta, ya sea por la superficie del agua o por la superficie de las hojas de la planta.

Briceño et al. (2012, p. 30) de igual manera considera que la evaporación es el proceso mediante el cual un líquido se convierte en vapor de agua y es removido de la superficie por evaporación; el agua se evapora de superficies tales como: ríos, lagunas, lagos, suelos y vegetación húmeda.

#### **4.4.2. Transpiración**

Cisneros (2003) define a la transpiración como la pérdida de agua de las plantas en forma de vapor, está se encuentra en función de los factores climáticos tales como el viento, la temperatura, la humedad del aire y la radiación solar. Existen dos tipos de transpiración (estomática y cuticular).

#### **4.4.3. Evapotranspiración**

La FAO (2006) manifiesta que se conoce como evapotranspiración (ET) a la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo.

##### **4.4.3.1. Evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>).**

Según García & Puppo (2015) definen a la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) máxima como 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 FAO (2006) define la Evapotranspiración de referencia denominada ET<sub>o</sub> como la tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que está sin restricción de agua.

La ET<sub>o</sub> fue establecido con el propósito de estimar de forma más exacta la evapotranspiración en espacios que presentan algún tipo de cobertura vegetal (Gómez & Cadena, 2017).

Existen diferentes métodos empíricos y semi-empíricos para estimar la ET<sub>o</sub>, estos difieren de los datos climáticos que se dispongan, entre los más utilizados se señala el método de Hargreaves.

##### **4.4.3.1.1. Método de Hargreaves.**

La fórmula de Hargreaves de Hargreaves y Sumani (1985) y Hargreaves y Allen (2003) para el cálculo de la Evapotranspiración de referencia cuando no se tienen disponibilidad de datos meteorológicos de radiación solar, humedad relativa o velocidad del viento, la ET<sub>o</sub> se puede estimar solamente con datos de temperaturas y de radiación solar (Toro et al., 2015).

La expresión general es la siguiente:

$$ET_o = 0,0135 (t_{med} + 17,78) R_s$$

**Donde:**

ET<sub>o</sub> = evapotranspiración potencial diaria, mm/día

$t_{med}$  = temperatura media, °C

$R_s$  = radiación solar incidente, convertida en mm/día

La radiación solar incidente,  $R_s$ , se evalúa a partir de la radiación solar extraterrestre (la que llega a la parte exterior de la atmósfera, que sería la que llegaría al suelo si no existiera atmósfera); ésta última puede aparecer según los autores como  $R_o$  ó  $R_a$ , y se lee en tablas en función de la latitud del lugar y del mes (Toro et al., 2015).

Samani (2000) propone la siguiente fórmula:

$$R_s = R_o * K_T * (t_{max} - t_{min})^{0,5}$$

**Donde:**

$R_s$  = Radiación solar incidente

$R_o$  = Radiación solar extraterrestre (Anexo 3)

$K_T$  = coeficiente

$t_{max}$  = temperatura diaria máxima

$t_{min}$  = temperatura diaria mínima

Los valores de  $R_o$  están tabulados y las temperaturas máximas y mínimas son datos empíricos relativamente fáciles de obtener. Para evaluar la Radiación Solar Extraterrestre ( $R_o$ ) existen varias tablas, todas ellas en función de la latitud y del mes, la dificultad para aplicar esta expresión se encuentra en el coeficiente  $K_T$  (Toro et al., 2015).

El coeficiente  $K_T$  de la expresión es un coeficiente empírico que se puede calcular a partir de datos de presión atmosférica, pero Hargreaves (citado en Samani, 2000) recomienda  $K_T = 0,162$  para regiones del interior y  $K_T = 0,19$  para regiones costeras.

Sustituyendo el valor de  $R_s$  en la ecuación inicial y tomando para el coeficiente  $K_T$  el valor medio de 17, resulta la ecuación simplificada para la estimación de ésta (Trezza, 2008).

$$ETo = 0.0023 * (T_{med} + 17.78) R_o (T_{max} - T_{min})^{0.5}$$

**Donde:**

$ETo$  = evapotranspiración potencial diaria, mm/día

$t_{med}$  = temperatura media diaria, °C

$R_o$  = Radiación solar extraterrestre en mm/día (tabulada)

$t_{max}$  = temperatura diaria máxima

$t_{min}$  = temperatura diaria mínima

#### 4.4.3.2. Coeficiente del cultivo (Kc).

El coeficiente único del cultivo Kc incorpora las características del cultivo y los efectos promedios de la evaporación en el suelo; la variación del coeficiente del cultivo expresa los cambios en la vegetación y en el grado de cobertura del suelo a lo largo del crecimiento del cultivo. Para describir y construir la curva del coeficiente del cultivo se necesitan tres valores de Kc: la etapa inicial (Kc ini), la etapa de mediados de temporada (Kc med) y la etapa final (Kc fin) (FAO, 2006).

Mientras que Maldonado (2012) identifica las siguientes etapas del cultivo:

**Fase inicial (Kc ini):** desde el periodo de germinación y crecimiento inicial, se aprecia que ésta va desde la siembra hasta el 10% de cobertura vegetal del suelo.

**Fase de desarrollo:** o también conocida como fase de crecimiento, va desde el 10% hasta el 80% de cobertura vegetal del suelo.

**Fase de medio periodo (Kc med):** o también conocida como fase de maduración está comprendida desde el 80% hasta comienzos de la maduración.

**Fase final (Kc fin):** está se encuentra comprendida desde los comienzos de la maduración hasta la cosecha total.

#### 4.4.3.3. Evapotranspiración del cultivo (ETc).

Según Briceño et al. (2012) la Evapotranspiración del cultivo es igual a la cantidad de agua que el cultivo requiere para compensar la pérdida por evapotranspiración, esta puede ser calculada directamente utilizando parámetros climáticos e integrando directamente la resistencia del cultivo, la fracción de la radiación solar que es reflejada por una superficie y el coeficiente de reflejo de la vegetación, generalmente este valor es 0.23.

La evapotranspiración del cultivo se calcula multiplicando  $ET_o$  por Kc, el cual es un coeficiente que expresa la diferencia entre la evapotranspiración de la superficie cultivada y la superficie del pasto de referencia (FAO, 2006).

### 4.5. Riego

Saltos (2011) define al riego como las aportaciones de agua que se hacen a la tierra por diferentes métodos para facilitar el desarrollo de los cultivos. En zonas secas o desérticas el riego debe de emplearse desde el momento de la siembra.

De igual forma Martínez (2014) afirma que el riego consiste en dar un aporte artificial de agua a las plantas con el fin de proveer la humedad necesaria para lograr la mejora o el incremento de producción, de forma complementaria al aporte que brindan las precipitaciones.

#### **4.5.1. Sistema de riego**

Los sistemas de riego son infraestructuras hidráulicas que sirven para poder proporcionar la cantidad de agua necesaria a una determinada área de cultivo. Se dice también que es la manera de aplicar el agua a las parcelas. Los sistemas de riego son el conjunto de estructuras que permiten que una determinada área sea cultivada con la entrega del agua necesaria al cultivo (Cadena, 2016).

Jiménez (2014) define al sistema de riego como la interacción entre un grupo de usuarios y los distintos elementos biofísicos como son: la fuente de agua, la infraestructura del sistema de riego y la zona a regar.

#### **4.5.2. Métodos de riego**

Losada (2005) manifiesta que existen tres métodos de riego que son:

##### **4.5.2.1. Riego superficial.**

Para Fuentes (2003) este es un método de riego en el que el agua fluye por gravedad, utilizando la superficie del suelo, como una parte del sistema de distribución del agua. El caudal se reduce de tal manera que el recurso hídrico desciende por el suelo, debido a la infiltración.

##### **4.5.2.2. Riego por aspersión.**

Noya et al. (2020) definen el riego por aspersión como la aplicación de agua al suelo simulando una lluvia. Este efecto se consigue gracias a la presión con la que fluye el agua dentro de un sistema de tuberías y que es expulsado al exterior a través de las boquillas de un aspersor.

Por otro lado Andrade (2018, p. 22) manifiesta que este método se aplica sobre grandes extensiones de terreno expulsando un gran volumen de agua de manera equilibrada y uniforme en forma de lluvia, por lo general actúa cubriendo toda el área y es bastante adecuada para automatizar.

##### **4.5.2.3. Riego localizado.**

Para Fuentes (2003) el riego localizado es la aplicación de agua a una zona específica de volumen de suelo que por lo general es ocupado por las raíces de los cultivos.

Así también Durán (2015, p. 80) manifiesta que este método se caracteriza por utilizar pequeños caudales de agua a baja presión y que es aplicada con alta frecuencia.

#### **4.5.2.3.1. Riego por goteo.**

Durán (2015) define el riego por goteo como el riego de poco caudal que tiene como objetivo dar gota a gota la cantidad de agua exacta que ha perdido la planta, se dice así también que es un sistema de humedecimiento limitado del suelo, en el cual se aplica el agua únicamente a una parte del suelo ocupado por cultivo.

Así mismo Valenzuela (1975) manifiesta que el riego por goteo consiste en llevar el agua hasta las raíces de las plantas por medio de un sistema de tubos y hacerla salir en forma de gotas por medio de dispositivos específicos llamados emisores.

##### **4.5.2.3.1.1. Tipos de sistemas de riego por goteo**

Según Losada (2005) se distinguen dos tipos fundamentales:

- ✓ **Subterráneo:** muy poco extendido, por los problemas que presenta sobre todo por las raíces de los cultivos.
- ✓ **Superficial:** es el más extendido y que más se ha utilizado para realizar el riego en los cultivos.

##### **4.5.2.3.1.2. Componentes del sistema de riego por goteo**

Fuentes (2003) considera los siguientes componentes de un sistema de riego por goteo:

###### **a) Unidad de presión**

Elemento encargado de generar la presión del agua que requiere el sistema, esta presión puede conseguirse mediante bombeo (motor y bomba) o por acción de la gravedad, siempre y cuando la fuente de agua se ubique a una altura suficiente como para la operación del sistema

###### **b) Cabezal de riego**

Se entiende por cabezal de riego al conjunto de elementos destinados a filtrar, tratar, medir y suministrar el agua a la red de distribución; el cabezal de riego es uno de los componentes vitales del sistema y consta de:

- ✓ **Filtros:** Retienen las partículas contenidas en el agua con la finalidad de evitar la obstrucción de los emisores de agua.
- ✓ **Medidores de caudal:** Registran la cantidad de agua entregada al campo.
- ✓ **Válvula “check”:** Evita el reflujos de los fertilizantes diluidos en el agua y que pueden contaminar la fuente de agua.

- ✓ **Válvula de aire:** Extrae el aire de las tuberías y evitar distorsiones del flujo de agua.
- ✓ **Equipo de Fertilización:** Unidades que aplican los fertilizantes solubles simultáneamente con el riego estos pueden ser tanques, inyectoros, venturís, etc.

### **c) Tuberías Principales y Secundarias**

Están constituidas por conductos que transportan el agua desde la fuente hasta las unidades o subunidades, puede ser empleado PVC (policloruro de vinilo), asbesto cemento, polietileno, etc.

### **d) Tuberías Terciarias**

Dentro de la subunidad de riego, estas son las que llevan el agua a las tuberías laterales, se pueden utilizar materiales de cloruro de polivinilo PVC, o polietileno de alta densidad PEHD o media densidad, PE.

### **e) Laterales de Riego**

Estas son las tuberías donde van insertados los goteros, o también las tuberías perforadas o tuberías de exudación, se pueden emplear materiales como: polietileno de baja densidad y flexible en diámetros de 12, 16 ó 20 mm.

### **f) Emisores**

Son los elementos de la red que producen y controlan la salida de agua desde los laterales. Lo más usual es que los emisores se sitúen a cierta distancia los unos de los otros, por lo que la salida del agua se produce de manera discreta a lo largo del lateral de riego formando los bulbos húmedos, sin embargo, el agua también puede aplicarse de forma continua creándose una banda humedecida en el suelo.

### **g) Tipos de Emisores**

Liotta et al. (2015) manifiestan que los emisores se clasifican en:

- **Goteros:** Existen una gran variedad de goteros de diferente forma y configuración para disipar la presión. Los más usados operan con un caudal entre 1 y 4 l/h.
- **Cintas:** Estos poseen emisores, normalmente espaciados entre 0,20 a 0,60m. Su uso es más frecuente en cultivos de temporada (hortalizas) y trabajan con presiones inferiores a 10m. La pared de la cinta puede ser muy delgada (0,1-0,2 mm) es por esta razón que tienen bajo costo.



## Clasificación de los goteros y tuberías emisoras

Chamba (2020) menciona que existen varios tipos de goteros y tuberías emisoras, que pueden ser clasificados de acuerdo con sus numerosas particularidades, a continuación, se mencionan algunos de ellos considerados como principales:

- **Por el tipo de conexión de la tubería:** Goteros sobrelínea, goteros interlínea, goteros integrados.
- **Por sus características hidráulicas:** Goteros de largo conducto, microtubos, goteros helicoidales, goteros de laberinto, goteros de orificio, goteros tipo vórtice.
- **Por su tipo de regulación de presión:** Emisores o tuberías emisoras autocompensantes, emisores o tuberías emisoras ordinarias o no compensantes.
- **Por el tipo de funcionamiento de la presión:** Emisores ordinarios, emisores anti-drenantes.
- **Por el tipo de emisor de salida múltiple:** Emisor múltiple, emisor ordinario de múltiples salidas.
- **Tipos de tuberías o cintas de riego:** Tuberías de cámara única, tuberías de cámara doble, tuberías porosas.
- **Por reutilización de las tuberías emisoras:** Tuberías emisoras no-reutilizables, tuberías emisoras reutilizables.

### h) Tuberías de goteo

Estas tuberías son las que conducen y aplican el agua de forma simultánea a través de orificios. Normalmente son fabricados en polietileno (PE) y suelen utilizarse en cultivos de plantaciones muy estrechas que requieren gran densidad de emisores o en cultivos en línea con objeto de crear una banda continua de humedad (Fernández et al., 2010).

Los tipos de tuberías más utilizadas son:

**Tubería perforada:** Son tubos de polietileno (PE) en los que se practican orificios espaciados regularmente. Dependiendo de la presión de trabajo, el agua puede salir goteando o en forma de pequeño chorro.

**Tubería gateadora:** Constan de dos partes diferenciadas: el tubo que conduce el agua y un laberinto que disipa la presión y produce la salida del agua gota a gota. Su duración y coste son menores.

**Tubería porosa o exudante:** El agua sale de la tubería y se aplica al suelo a través del material poroso con que está fabricada. Este tipo de tuberías suministra caudales

menores que otros tipos de emisores de riego localizado, además exigen terrenos muy nivelados para su correcto funcionamiento.

#### **4.5.3. Evaluación de riego localizado**

Bohórquez (2014) define a la evaluación de una instalación de riego localizado como el procedimiento mediante el cual se puede comprobar su correcto funcionamiento de tal forma que se pueda cumplir el objetivo fundamental del riego que es satisfacer las necesidades de agua del cultivo.

Una evaluación de riego permitirá valorar si los materiales, características del diseño, mantenimiento y manejo son adecuados, así como también comprobar si todos los cultivos están recibiendo la misma cantidad de agua o en su caso determinar las diferencias.

La evaluación se concreta en los siguientes puntos:

- Comprobar el estado de los diferentes componentes de la instalación y si el manejo y mantenimiento es adecuado.
- Determinar la uniformidad en la distribución del agua de riego.
- Detectar los problemas de funcionamiento de la instalación y plantear soluciones sencillas y económicas para solucionarlos.
- Analizar los criterios seguidos por el usuario para decidir la lámina de agua a aplicar.

##### **4.5.3.1. Cuando realizar una Evaluación.**

Bohórquez (2014) considera que es necesario realizar una evaluación del sistema de riego para conocer el estado de las instalaciones:

- **Una vez finalizada la instalación del sistema.** Esto para garantizar al agricultor el funcionamiento correcto de la instalación, de acuerdo con lo proyectado.
- **Durante la campaña de riegos.** Se deberá realizar un control de la uniformidad del volumen de agua aplicada al principio y a mediados de la campaña de riegos.
- Cada vez que sospeche la existencia de algún problema en la instalación (obstrucciones, fugas, mal dimensionado, etc.) que cambie la uniformidad del riego.

##### **4.5.3.2. Uniformidad de riego.**

Según Pizarro (1996) la uniformidad de riego en los RLAF debe superar el 90 %, pero este resultado se ve alterado por procesos asociados a las variaciones en la fabricación de los emisores y en ocasiones a los diseños hidráulicos inadecuados de los

sistemas que proporcionan caudales distintos para presiones de trabajo similares (Arviza, 1989).

**Tabla 3.**

*Valores recomendados de CU en función de las características del emisor y la topografía del terreno*

<b>Tipo de emisores</b>	<b>Topografía del suelo</b>	<b>CU para zonas áridas</b>
Emisores espaciados más de 4 m en cultivos permanentes	Uniforme ( $\leq 2\%$ pendiente) En pendiente ( $>2\%$ ) u ondulado	90 a 95 85 a 90
Emisores espaciados menos de 4 m en cultivos semipermanentes	Uniforme En pendiente u ondulado	85 a 90 80 a 90
Tuberías emisoras en cultivos anuales hortícolas o de escarda	Uniforme En pendiente u ondulado	80 a 90 70 a 85

**Fuente:** Pizarro 1996.

En el estudio realizado por Merrian y Keller (1978) establece que los valores recomendados para caracterizar el CU son:

**Tabla 4.**

*Valores recomendados para el CU*

<b>Considerado</b>	<b>CU</b>
Excelente	90%-100%
Bueno	80%-90%
Aceptable	70%-80%
Inaceptable	< 70%

**Fuente:** Merrian y Keller 1978.

#### **4.5.3.3. Coeficiente de variación de fabricación.**

Aunque en el proceso de fabricación de los goteros se controlen de forma exhaustiva en todas las variables que intervienen, lo cierto es que siempre van a existir diferencias entre unos y otros, por pequeñas que sean. Surge por ello el concepto del coeficiente de variación de fabricación (CV), que va a depender del diseño del emisor,

de los materiales utilizados en su fabricación y del cuidado y tolerancia utilizados en el proceso (Chamba et al., 2019).

Rodrigo et al. (1997) menciona en su libro Riego Localizado la norma ASAE EP405.1 basada en la del US Soil Conservation Service donde clasifica los emisores de acuerdo con los valores de CV en Tuberías emisoras de goteo de la siguiente manera:

**Tabla 5.**

*Clasificación de los emisores de acuerdo a su valor de CV*

<b>Comprobación</b>	<b>Interpretación</b>
CV ≤ 0,10	Buena
0,10 < CV ≤ 0,20	Normales
0,20 < CV	Deficiente a inaceptable

**Fuente:** (Rodrigo et al., 1997).

#### **4.5.3.4. Curva de Caudal-Presión.**

Chamba et al. (2020) mencionan que la curva caudal presión tiene relación con el coeficiente de descarga de un gotero y la presión hidráulica existente en su entrada, por una expresión del tipo:

$$q = K_d h^x$$

Donde q es el caudal del goteo (l/h),  $K_d$  es el coeficiente de descarga característico del gotero, h es la presión hidráulica en la entrada del gotero (mca) y x es la exponente de descarga. Esta ecuación puede representarse gráficamente tomando en ordenadas los caudales y en abscisas las presiones. Si en la ecuación anterior se toma logaritmos, se obtiene una expresión del tipo:

$$\log q = \log K_d + x \log h$$

que, representada en papel doble logarítmico, supone una recta cuya pendiente es x y  $\log K_d$  la ordenada en el origen.

Los fabricantes deberían proporcionar la curva-presión, junto a la longitud máxima de ramal, así determinando las pérdidas de carga longitudinal, además deben indicar, para goteros no compensantes el intervalo de presiones o la presión nominal a la cual debe trabajar el emisor. En el caso de goteros autocompensantes deberá definirse el rango de presiones en el cual el gotero funcione uniformemente compensación (Chamba et al, 2020)

#### **4.5.4. Importancia de conocer la eficiencia de riego**

Esta permite:

- Saber cuánta agua de la que se obtiene, capta o recoge les llega a los usuarios y es bien utilizada.
- Saber cuantificar en dinero, lo que se está perdiendo con cada metro cúbico de agua que no se aprovecha bien.
- Saber en forma rápida y sencilla, qué cantidad de tierras se podría irrigar si el agua mal aprovechada estuviese disponible.
- Saber de qué magnitud será el costo de obras, para ir mejorando según la eficiencia hasta llegar a un nivel aceptable técnicamente (Nuñez, 2015, p. 6)

## 5. Metodología

### 5.1. Área de estudio

El área de estudio donde se llevó a cabo el presente trabajo se encuentra ubicada en el barrio Tuburo perteneciente a la parroquia San Antonio de las Aradas del cantón Quilanga (Figura 1).

#### Ubicación Política

La parroquia San Antonio de las Aradas, se encuentra al Sur oeste del Ecuador, al Sureste de la provincia de Loja y en la parte Sur del cantón Quilanga.

Los límites parroquiales son:

**Norte:** Parroquia rural de Fundochamba y urbana de Quilanga

**Sur:** Parroquia El Ingenio del Cantón Espíndola

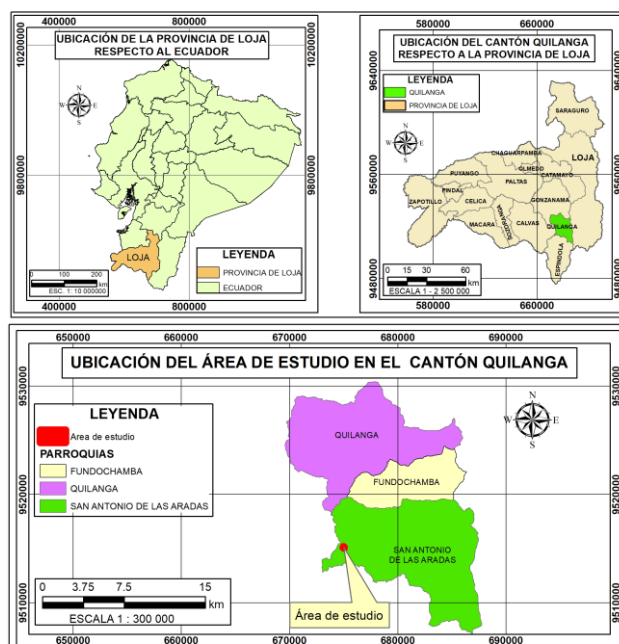
**Este:** Parroquias de Vilcabamba y El Ingenio del cantón Loja y Espíndola respectivamente

**Oeste:** Parroquia El Lucero, del cantón Calvas

#### Ubicación Geográfica

### Figura 1.

*Ubicación del área de estudio*



**Fuente:** CELIR, Comisión de Limites Internos (2023)  
**Elaboración:** El autor

**5.2. Metodología para el primer objetivo:** Caracterizar los métodos de riego aplicados en la parroquia San Antonio de las Aradas.

**5.2.1. Socio económico, aguas, cultivos**

La recopilación de la información socio económica, de aguas y cultivos se realizó de forma lógica y sistemática mediante encuestas (Anexo 1) considerando indicadores como: edades, nivel académico, tenencia de tierras, uso actual del predio, producción, destino de la producción, organización social, problemas y beneficios de la junta de regantes, infraestructura de riego y características del método de riego utilizado; las cuales fueron aplicadas de manera directa y seleccionando a los encuestados de forma aleatoria. El tamaño de la muestra fue calculado como recomiendan de la Cruz et al. (2015), considerando una precisión de  $\leq 0.05$  y una confiabilidad del 95%, como se describe a continuación:

$$n = \frac{NZ_{\alpha/2}^2 p_n q_n}{N d^2 + Z_{\alpha/2}^2 p_n q_n}$$

**Donde:**

n = Tamaño de muestra

N = Tamaño total de la población

$p_n$  = Proporción de la población con la característica de interés

$q_n$  = Proporción de la población sin la característica de interés

d = Precisión

$Z_{\alpha/2}^2$  = Confiabilidad

Luego de la tabulación de datos se realizaron análisis descriptivos y se elaboraron de gráficos en hojas de cálculo.

En lo referente a cultivos se calculó la Evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>), Coeficiente del cultivo (K<sub>c</sub>) y Evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>), de la siguiente manera:

- **Evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>)**

Para la determinación de la ET<sub>o</sub> se usó el método de Hargreaves descrito por Toro et al. (2015) para el cálculo de los requerimientos hídricos.

Se realizó la recopilación y consolidación de información meteorológica: temperatura media, máxima y mínima (°C), radiación solar extraterrestre (mm/día), para un periodo de 10 años de la estación meteorológica Amaluza por ser la más cercana a la zona de estudio (Tabla 6).

## Formula de Hargreaves

$$Eto = 0,0023 (t_{med} + 17,78)Ro * (t_{max} - t_{min})^2$$

**Donde:**

**ETo**= evapotranspiración potencial diaria, mm/día

**t<sub>med</sub>** = temperatura media diaria, °C

**R<sub>o</sub>** = Radiación solar extraterrestre, en mm/día (tabulada)

**t<sub>max</sub>** = temperatura diaria máxima

**t<sub>min</sub>** = temperatura diaria mínima

### Tabla 6.

*Estación meteorológica de Amaluza considerada para la ETo*

Estación	Tipo	Código	Coordenadas planas		Elevación	Periodo
			Este (m)	Norte (m)		
Amaluza	Climatológica ordinaria	M-150	674721.1	9493261	1760	1976-2013

**Fuente:** INAMHI, 2023.

- **Coefficiente del cultivo (Kc)**

El coeficiente del cultivo (Kc) para maracuyá a diferentes edades. Se consideran valores promedios de la etapa en la que se encuentra el cultivo (etapa de desarrollo) considerando los cambios en la vegetación y el grado de cobertura del suelo como lo describe la FAO (2006).

- **Evapotranspiración del cultivo (ETc)**

Una vez obtenido el valor del Kc del cultivo se procedió a determinar los valores de la ETC mediante la siguiente fórmula:

$$ETc = ETo * Kc$$

**Donde:**

**ETc:** Evapotranspiración del cultivo para un mes determinado; (mm/mes)



**ETo:** Evapotranspiración de referencia para un mes determinado; (mm/mes)

**Kc:** Coeficiente del cultivo

### 5.2.2. Características de los suelos y climas

Para determinar las características de los suelos y clima de la parroquia San Antonio de Aradas se elaboraron mapas utilizando el Software de Información Geográfica, en el caso de características de los suelos se elaboraron mapas de pendientes, uso, cobertura de suelos y de texturas.

Para los mapas de climas se incluyeron datos de temperatura, precipitación (isotermas e isoyetas), para ello, se tomaron datos de 4 estaciones cercanas (Tabla 7) que rodean el área de estudio, para de un periodo de 15 años (1999-2013).

La información utilizada para la elaboración de los mapas fue obtenida tanto del INAMHI como del CIT (Centro de Investigación Territorial).

**Tabla 7.**

*Estaciones utilizadas para la elaboración de los mapas de temperatura y precipitación*

Estación	Tipo	Código	Coordenadas planas		Elevación	Periodo
			Este (m)	Norte (m)		
Cariamanga	Climatológica ordinaria	M-146	659527.8	9521547	1960	1999-2013
Yangana	Climatológica ordinaria	M-147	702472.7	9517522	1860	1999-2013
Amaluza	Climatológica ordinaria	M-150	674721.1	9493261	1760	1999-2013
Quilanga	Climatológica ordinaria	M-241	677882.1	9525319	1940	1999-2013

**Fuente:** INAMHI, 2023.

**5.3. Metodología para el segundo objetivo:** Evaluar el método en una unidad de riego por goteo en el cultivo de maracuyá (*P. edulis L.*) en el barrio Tuburo perteneciente a San Antonio de las Aradas.

#### 5.3.1. Plano del levantamiento topográfico de diagnóstico del terreno

Primero se realizó el levantamiento topográfico de diagnóstico del terreno con la ayuda de la estación total, para ello se identificó una zona dentro del terreno donde sea

visible la mayor parte del terreno, esto con la finalidad de evitar movilizar demasiado los equipos topográficos, luego de realizado el levantamiento topográfico se elaboró el plano del terreno tomando en cuenta vías de acceso, fuentes de agua e infraestructura, este se realizó con ayuda de sistemas de información geográfica.

### **5.3.2. Calicata y toma de muestras**

En primera instancia se consideró el lugar donde se realizó el perfil, para lo cual se tomó en cuenta el sitio más representativo dentro del área de estudio donde se encuentra implantado el cultivo de maracuyá.

Seguido, se preparó una calicata de 1,25 m de profundidad, 1m de ancho y 1,50m de largo, en las cuales se describió el perfil del suelo, siguiendo las normas contenidas en la “Guía y Claves para la descripción de Suelos” de la FAO (1975).

En cada uno de los horizontes del suelo se identificó y realizó la toma de muestras con los cilindros Kopecky, seguido se procedió a envolver en papel periódico y se guardó en fundas plásticas, y se las transportó al laboratorio de suelos particular “Jaramillo”, para la determinación de textura, porosidad, densidad aparente, densidad real, permeabilidad, capacidad de campo, punto de marchites permanente, agua aprovechable, saturación de bases, pH.

Para la descripción de los perfiles se tomó una fotografía digital. La designación de los horizontes y capas se realizó siguiendo las normas contenidas en el USDA Soil Taxonomy (2014).

En cuanto a velocidad de infiltración del agua en el suelo se realizó en campo, el mismo que se describe a continuación el procedimiento:

- **Velocidad de infiltración del agua en el suelo:** La prueba de infiltración se realizó en tres bolillos, en forma triangular dentro de la unidad de riego por goteo separados 10 m cada una, con una duración de cuatro horas por prueba.

Para realizar esta prueba se utilizó el método de doble anillo, el mismo que consiste en la utilización de dos anillos estandarizados para riego (diámetro, altura y material) (Coello, 2005).

Se adecuó el lugar, para lo cual se procedió a realizar la limpieza de la maleza presente; seguido a esto se incrustaron los cilindros a una profundidad de 10 cm; y, procurando tener cuidado se procedió a colocar agua en el cilindro externo usando un balde se hizo que fluya cuidadosamente el agua por la pared del cilindro; la función que cumple este cilindro es la de amortiguar y precisar que el agua del cilindro interno fluya verticalmente, para el llenado del cilindro interior se colocó una funda plástica para amortiguar el golpe de agua. La carga de agua dentro del cilindro interior es de 20 cm; con la ayuda de una cinta métrica se procedió a medir la lámina infiltrada en función al tiempo; seguidamente se procedió a recargar el agua en el anillo cuando ésta ha

disminuido hasta 3 cm. Los datos se tomaron a intervalos de 1 minutos, 5 minutos 10 minutos, 15 minutos y finalmente cada 30 minutos, hasta que se establezca la infiltración, para el estudio dio un total de 2 horas y 42 min.

### **5.3.3. Toma de muestras de agua**

En un sistema de riego es importante considerar la calidad de agua, para ello, se procedió a tomar una muestra representativa para su respectivo análisis. El procedimiento para esto fue: primero se identificó el sitio de la toma de la muestra, la misma que fue tomada del canal de riego Chiriyacu-Lucero; como las muestras iban a ser transportadas, se dejó un espacio del 1% de la capacidad del envase para permitir la variación de volumen debida a diferencia térmica (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2011).

Para el análisis físico-químico se utilizó un envase de vidrio, con buen cierre y que se encuentre limpio; el envase se enjuaga tres veces con el agua a muestrear. La cantidad de muestra necesaria que se tomó fue de aproximadamente 1 000 ml (1 litro) como mínimo.

Para el transporte de la muestra de agua se la colocó en un recipiente con hielo para que llegue fresca hasta el laboratorio de la Universidad Nacional de Loja, la misma que fue etiquetada con: Identificación unívoca de la muestra (nombre, código, etc.), tipo de fuente y características de la misma (siendo el caso del estudio esta fue tomada del canal), destino (riego), condiciones de muestreo (fecha y hora), nombre de quien realizó el muestreo, tipo de análisis a efectuar (físico-químico y/o microbiológico) (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2011).

### **5.3.4. Evaluación del funcionamiento de los componentes del sistema de riego por goteo**

- **Determinación de la uniformidad de Riego**

La unidad de riego evaluada se encuentra constituida por un área de 0.47 ha.

Para la determinación de la uniformidad de riego se seguirá el método de evaluación propuesto por Merriam y Keller (1978) citado por Chamba (2020).

Se tomó cuatro ramales: el más cercano y el más alejado del punto de alimentación de la tubería terciaria, y los situados a 1/3 y 2/3 de la distancia entre aquellos. Dentro de cada ramal se seleccionó los goteros de la misma manera que se ha hecho con los ramales, esta vez con respecto a punto de alimentación del ramal.

De este modo, se colocaron 16 vasos plásticos y se midió en cada uno de ellos el volumen recogido durante un tiempo, con ayuda de un pluviómetro. El tiempo fue el necesario para recoger una cantidad de agua suficiente a 200 ml (lo que recomienda). El coeficiente de uniformidad (CU) se calculó mediante la fórmula:

$$CU = \frac{m_{1/4}}{m} \times 100$$

$m_{1/4}$ : promedio de la cuarta parte de valores más bajos obtenidos.

$m$ : promedio del conjunto total de valores.

- **Determinación del coeficiente de variación de fabricación**

Para obtener el Coeficiente de Variación de fabricación o manufactura (CV) se utilizó los mismos goteros que en la prueba anterior, los mismos caudales de la línea de goteros, con el fin de que las pérdidas de carga no den lugar a diferencias de presiones apreciables entre los emisores (Merriam y Keller, 1978).

Este coeficiente se obtiene mediante la fórmula:

$$CV = \frac{\sigma}{q_m}$$

Siendo  $\sigma$  la desviación típica y  $q_m$  la media del conjunto de valores que siguen para un número representativo de emisores, una función de distribución normal.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^n (q_i - q_m)^2}{n - 1}}$$

$$q_m = \sqrt{\frac{\sum_1^n q_i}{n}}$$

**Donde:**

$q_i$ = es el caudal del gotero genérico i

$n$ = es el número total de emisores ensayados.

- **Determinación de la curva caudal-presión**

Para obtener la curva Caudal-Presión, se utilizó los 16 goteros empleados para la determinación del Coeficiente de Variación.

Se despejó  $x$  para obtener el exponente de descarga, dado que ya conocemos el caudal del gotero, el coeficiente de descarga característico y la presión en la entrada del gotero, conocer el valor de  $x$  permitió determinar la curva caudal-presión.

Obteniendo una expresión del tipo:

$$\log q = \log K_d + x \log h$$

**Donde:**

$q$ : es el caudal del goteo (l/h),

$K_d$ : es el coeficiente de descarga característico del gotero

$h$ : es la presión hidráulica en la entrada del gotero (mca)

$x$ : es la exponente de descarga.

Esta ecuación se representa gráficamente tomando en ordenadas los caudales y en abscisas las presiones.

Supone una polinómica cuya pendiente es **x**.

#### **Cálculo del caudal en las tuberías del sistema de riego:**

- **Longitud del lateral**

Para la obtención de la longitud del lateral se empleó la siguiente fórmula:

$$L = ne * de$$

**Donde:**

**L=** Longitud del lateral (m)

**ne=** Número de emisores (u)

**de=** Distancia de los emisores (m)

- **Caudal de los laterales**

Para conocer el caudal de los laterales de riego del sistema que se encuentra instalado se empleó la fórmula:

$$Ql = Qa * Ngl$$

**Donde:**

**Ql=** Caudal del lateral (l/s)

**Qe=** Caudal del emisor (l/s)

**Ngl=** Número de goteros por lateral (u)

- **Caudal de los laterales del bloque de riego**

Para el cálculo de los laterales del bloque de riego evaluado se tomó en cuenta el caudal de un lateral multiplicado para el número de laterales del bloque de riego evaluado, obteniendo así la expresión:

$$Ql = Ql * Nl$$

**Ql=** Caudal de los laterales del bloque de riego (l/s)

**Ql=** Caudal del lateral (l/s)

**Nl=** Número de laterales de riego (u)

#### **5.3.5. Metodología para el tercer objetivo: Elaborar una propuesta para mejorar la infraestructura, operación y mantenimiento del riego por goteo.**

##### **5.3.5.1. Rediseño Agronómico.**

Para el rediseño agronómico se tomó en cuenta la metodología propuesta por Avidan (1994), recogida del libro de servicio de extensión Agrícola del departamento de riego y suelos:

##### **5.3.5.1.1. Datos requeridos para el diseño agronómico.**

#### **Clima**

- Temperaturas (máxima, mínima y media)
- Humedad relativa (máxima, mínima y media)
- Precipitación (lluvias): cantidades mensuales, y distribución anual.
- Evaporación diaria Directa (valores mensuales promedios del Tanque Evaporímetro de Clase "A") e indirecta utilizando las fórmulas empíricas.
- Viento: Velocidad
- Porcentaje de horas de Luz

### **Cultivos**

- Especie y variedad.
- Etapas y duración de cada fase de desarrollo del cultivo.
- Coeficiente del cultivo (Kc): en cada una de las fases de su desarrollo.
- Máximo aprovechamiento del agua permisible para el cultivo.
- Profundidad de la zona radicular efectiva del cultivo: Se consideran el perfil del cual el sistema radicular extrae del 85 al 90% del volumen total de agua consumido por el cultivo
- Espaciamiento y dirección de las líneas de siembra o de los árboles.

### **Suelos**

- Textura (tipo de suelo).
- HCc (%): Porcentaje de humedad a capacidad de campo, en base de peso seco (por capa o estrato).
- HPm (%): Porcentaje de humedad en el punto de marchitez permanente, en base de peso seco (por capa o estrato).
- Pea: Peso específico aparente o densidad aparente, en  $\text{g/cm}^3$ ,  $\text{t/m}^3$  (por capa o estrato).
- Ib (mm/hora): Infiltración básica (por capa o estrato)

Para la determinación del régimen de riego se consideran los valores de la capacidad de campo, del punto de marchitez y la densidad aparente (peso específico aparente) de las diferentes capas del suelo, y que estén dentro de los límites de la profundidad radicular efectiva del cultivo y se realizaron los cálculos del volumen de agua disponible por capa. Asimismo, el régimen de riego se basó en el valor de la infiltración básica Ib.

### **Parcela**

- Área de la parcela en hectáreas (ha)
- Dimensiones

- Topografía (Pendiente en %)
- Linderos y obstáculos del terreno.

### **Fuente de agua de riego**

- Canal.
- Volumen de agua a disposición del proyecto
- Localización de la fuente de agua respecto a la parcela por regar
- Descarga horaria (caudal)
- Presión en la fuente de agua
- Horas de disponibilidad de la fuente de agua
- Horas de bombeo
- Calidad física y química del agua
- Cota estática y dinámica del espejo de agua

### **Sistemas de riego**

- Método de riego.
- Características del emisor: modelo, diámetro de cobertura, descarga, presión, etc.
- Espaciamiento entre emisores y laterales.
- Eficiencia del riego.

#### **5.3.5.1.2. Metodología para determinar el régimen de riego de los cultivos.**

- **Agua disponible en el suelo**

Se calcula con las fórmulas que se presentan a continuación:

### **Lámina de agua disponible a la profundidad radicular efectiva del cultivo - LDzr**

La lámina de agua disponible en el perfil del suelo ocupado por las raíces del cultivo se calcula:

#### **Fórmula 1**

$$LDzr (mm/zr) = (HCc - HPm) \times \frac{Pea}{Pew} \times zr \times 10$$

#### **Donde:**

**LDzr** = lámina de agua disponible, en mm de agua, a la profundidad radicular efectiva, mm/zr

**HCc** = Contenido de humedad, a capacidad de campo a base del peso seco del suelo seco, %Ws

**HPm** = Contenido de humedad, en el punto de marchitez permanente, a base del peso seco del suelo seco, %Ws

**Pea (Da)** = Peso específico del suelo, g/cm<sup>3</sup>.

**Pew** = Peso específico del agua, g/cm<sup>3</sup>.

**Zr** = Profundidad radicular efectiva del cultivo, en m

El factor 10 convierte los datos a la profundidad radicular efectiva mm/zr.

**Observación:** La profundidad radicular efectiva **zr** empleada para el diseño agronómico, al correspondiente al periodo de máximo consumo de agua por el cultivo.

**Volumen de agua disponible a la profundidad radicular efectiva - VDzr**

**Fórmula 2**

$$VDzr \left( \frac{m^3}{ha} \right) = LDzr \left( \frac{mm}{zr} \right) \times 10$$

**Donde:**

**VDzr**= Volumen de agua disponible, a la profundidad radicular efectiva, en m<sup>3</sup>/ha/zr.

**LDzr** = Lámina de agua disponible, a la profundidad radicular efectiva, en mm/zr.

El factor 10 convierte mm/zr a m<sup>3</sup>/ha/zr.

- **Lámina de agua aprovechable a la profundidad radicular efectiva -LAzr**

El máximo porcentaje del agua disponible que el cultivo puede aprovechar sin que disminuya su rendimiento, se presenta en la Tabla 8.

**Tabla 8.**

*Máximos porcentajes de agua aprovechable sugeridos de acuerdo a ETo y al cultivo*

Tipo de cultivo	ETo	
	Baja de 2 a 5 (mm/día)	Media a Alta de 6 a 10 (mm/día)
Hortalizas	30 – 40	15 – 25
Frutales	40 – 50	20 – 35
Pastos	50 – 70	30 – 45
Cereales	60 – 70	40 - 55

**Fuente:** Avidan, 1994.

En base del porcentaje de agua aprovechable, Pa (%), se calcula la lámina de agua aprovechable



### Fórmula 3

$$LAzr\left(\frac{mm}{zr}\right) = \frac{LDzr\left(\frac{mm}{zr}\right) \times Pa(\%)}{100}$$

**Donde:**

**LAzr** = lámina de agua aprovechable en la zona radicular efectiva, en mm/zr

**LDzr** = lámina de agua disponible en la zona radicular efectiva, en mm/zr

**Pa** = Máximo porcentaje de agua aprovechable por el cultivo, en %

El factor 100 convierte el porcentaje a fracción decimal

- **Diámetro húmedo por gotero**

El espaciamiento entre los goteros se calcula por calculo con la Fórmula 4

### Fórmula 4

$$db = \left( \frac{qe\left(\frac{l}{h}\right)}{0.785 \times Ib\left(\frac{mm}{h}\right)} \right)^{1/2}$$

**Donde:**

**db** = Diámetro del bulbo humedecido (m<sup>2</sup>)

**qe** = Caudal del emisor (l/h)

**Ib** = Velocidad de infiltración (mm/h) (l/m/h)

**0.7785** =  $\frac{1}{4} \pi$

- **Porcentaje del área bajo riego Par**

El porcentaje del área bajo riego, **Par** (%), depende del emplazamiento del emisor y del diámetro de cobertura efectivo, **d** (m) de este.

### Fórmula 5

$$Par(\%) = \frac{100 \times 0.785 \times d^2(m^2)}{de(m) \times dl(m)} \times \frac{\alpha}{360^\circ}$$

**Donde:**

**Par** = Porcentaje del área bajo riego (%)

**d** = Diámetro de cobertura del emisor, (m)

**de** = Distancia entre emisores contiguos sobre el lateral, (m)

**dl** = Distancia entre laterales contiguos, (m)

**α** = Angulo cubierto por el emisor (°)

**α** = 360° para goteros y emisores comunes

**α** = <360° para emisores sectoriales

**Figura 2.**

*Porcentaje del área humedecido en el riego por goteo*

Espaciamiento entre laterales (m)	Descarga del gotero (l/h)														
	Menos de 1.5			2			4			8			Más de 10		
	Textura del suelo														
	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
	Espaciamiento de los goteros sobre el lateral de (m)														
0.2	0.5	0.9	0.3	0.7	1.0	0.6	1.0	1.3	1.0	1.3	1.7	1.3	1.6	2.0	
Porcentaje del área bajo riego (estimado) (%)															
0.8	38	88	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1	33	70	100	40	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100
1.2	25	58	92	33	67	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100
1.5	20	47	73	26	53	80	53	80	100	80	100	100	100	100	100
2	15	35	55	20	40	60	40	60	80	60	80	100	80	100	100
2.5	12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	100
3	10	23	37	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	80
3.5	9	20	31	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	68
4	8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	60
4.5	7	16	24	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	53
5	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	48
6	5	12	20	7	14	20	14	20	27	20	27	34	27	34	40

G= Textura gruesa, arenosa  
M= Textura mediana, franca  
F= Textura fina, arcillosa

Keller I & Karmeli D. 1975 - Trickle Irrigation Design  
Rain Bird Sprinkler Manufacturing Co., California, USA

**Fuente:** Keller & Karmeli. 1975.

**Verificación y ajuste del % del área bajo riego**

Sí el valor de Par (%), o el de Parp (%) anteriormente calculado es inferior al mínimo recomendado en la Tabla 9, o excede al máximo sugerido, será necesario retornar a la Tabla de datos (Anexo 14) para variar las condiciones de operación del emisor, o seleccionar un emisor diferente.

**Tabla 9.**

*Porcentaje del área bajo riego recomendado para los diferentes sistemas de riego*

SISTEMA DE RIEGO	PORCENTAJE DEL AREA BAJO RIEGO de - a
	Aspersión
Goteo	30 - 70
Microaspersión	50 - 75

**Fuente:** Avidan, 1994.

Se debe comparar el porcentaje calculado del área bajo riego, Par o Parp con el porcentaje recomendado del área bajo riego,

## Fórmula 6

$$\text{Par} (\%) \leq \text{MxAR}$$

$$\text{Par} (\%) \geq \text{MiAR}$$

**Donde:**

**Par** = Porcentaje calculado del área bajo riego, (%)

**MxAR** = Máximo porcentaje del área bajo riego, (%)

**MiAR** = Mínimo porcentaje del área bajo riego, (%)

- **Precipitación horaria del sistema de riego –Phr**

Esta se calcula en base del caudal del emisor, **qe** (l/h) y del área efectiva bajo riego

## Fórmula 7

$$Phr \left( \frac{mm}{h} \right) = \frac{qe \times \left( \frac{l}{h} \right) \times 100}{de(m) \times dl(m) \times Par(\%)}$$

**Donde:**

**Phr** = Precipitación horaria (mm/h) del sistema de riego

**qe**= Caudal del emisor, (l/h).

**de**= Distancia entre emisores contiguos sobre el lateral, (m).

**dl**= Distancia entre laterales contiguos, (m).

**Par**= Porcentaje del área bajo riego, (%).

El factor 100 convierte el porcentaje a fracción decimal

Es necesario comparar la precipitación horaria, Phr, con la velocidad de infiltración del suelo, **lb**.

## Fórmula 8

$$Phr (\text{mm/h}) \leq lb(\text{mm/h})$$

**Donde:**

**Phr** = Precipitación horaria efectiva, (mm/h)

**lb** = Velocidad de infiltración básica, (mm/h)

- **Intervalo de riego Ir**

El intervalo de riego, Ir (días), cuenta los días entre dos riegos sucesivos en la misma posición.

El intervalo de riego depende de la lámina de agua aprovechable LAzr (mm), del porcentaje del área bajo riego, Par, Fórmula 9 y del consumo diario del cultivo ETc (mm/día).

### Fórmula 9

$$Ir = \frac{LAzr(mm) \times Par(\%)}{Etc\left(\frac{mm}{día}\right) \times 100}$$

**Donde:**

**Ir o Fr**= Intervalo de riego o frecuencia de riego (días)

**LAzr**= Lámina de agua aprovechable en la zona radicular efectiva, (mm/zi)

**Par**= Porcentaje del área bajo riego, (%)

El factor 100 convierte el porcentaje a fracción a decimal

**Observación:** Para calcular la **fórmula 9** y fórmulas subsiguientes se emplean los datos correspondientes al período de máximo consumo de agua por el cultivo.

### Intervalo de riego ajustado **Ir(aj)**

Si el Intervalo de riego **Ir** (días) resulta en una fracción decimal, es necesario "ajustarlo para abajo", a fin de obtener el número integro de días: el intervalo de riego ajustado, **Ir(aj)** (días),

### Fórmula 10

$$Ir (aj) (días) = \text{INTEGRO} (Ir (días))$$

Donde:

**Ir (aj)** = Intervalo de riego ajustado, (días)

**Ir** = Intervalo de riego, (días)

El intervalo de riego ajustado es  $Ir(aj) \leq Ir$

- **Ciclo de riego – CR**

El ciclo de riego, **CR** (días), es el número integro de días durante el cual se riega una parcela determinada.

Se debe planificar el sistema con 1 a 2 días de paro, **dp** (días), durante cada intervalo de riego,

### Fórmula 11

$$CR (días) = Ir(aj)(días) - dp(días)$$

**Donde:**

**CR** = Ciclo de riego (días/ciclo)

**Ir (aj)**= intervalo de riego ajustado, (días)

**dp** = Días de paro, (días)

- **Lamina de riego ajustada – LR (aj)**

A base del intervalo de riego ajustado, **Ir(aj)** (días), de **ETc** (mm/día), y del porcentaje del área bajo riego, **Par**, se determina la Lámina de riego ajustada, **LR (aj)**,

## Fórmula 12

$$LR(aj) = \frac{Ir(aj)(días) \times ETc\left(\frac{mm}{día}\right) \times 100}{Par(\%)}$$

**Donde:**

**LR (aj)** = Lámina de riego ajustada, (mm)

**Ir(aj)** = Intervalo de riego ajustada, (días)

**ETc** = Evapotranspiración del cultivo, (mm/día)

**Par** = Porcentaje del área bajo riego, (%)

Es conveniente comparar LR (aj) con la máxima lámina de agua aprovechable, LAzr, la cual ha sido calculada anteriormente.

## Fórmula 13

$$LR(aj) (mm) \leq LAzr(mm)$$

**Donde:**

**LR (aj)**= Lámina de riego ajustada, (mm)

**LAzr**= Lámina de agua aprovechable en la zona radicular efectiva, (mm/zr)

- **Porcentaje de agua aprovechada, ajustada Pa (aj)**

Habiendo ajustado la lámina de riego, es conveniente calcular el porcentaje de agua aprovechada por el cultivo.

## Fórmula 14

$$Pa(aj)(\%) = \frac{LR(aj)(mm) \times 100}{LDzr\left(\frac{mm}{zr}\right)}$$

**Donde:**

**Pa(aj)** = Porcentaje de agua aprovechable, ajustada (%).

**LR (aj)**= Lámina de riego ajustada, (mm).

**LDzr**= Lámina de agua disponible en la zona radicular efectiva, (mm/zr).

El factor 100 convierte el porcentaje a fracción decimal

Se recomienda comparar el resultado con el dato de Pa (%) determinado inicialmente con la **fórmula 5**.

## Fórmula 15

$$Pa(aj) (\%) \leq Pa(\%)$$

- **Lamina bruta o total LB**

De acuerdo a la lámina de riego ajustada. **LBR (aj)** (mm), y a la eficiencia del sistema de riego *Ef* (%).

### Fórmula 16

$$LB(mm) = \frac{LR(aj)(mm) \times 100}{Ef(\%)}$$

**Donde:**

**LB=** Lámina bruta, mm.

**LR (aj)=** Lámina de riego ajustada, (mm).

**Ef=** Eficiencia del sistema de riego, (%).

El factor 100 convierte el porcentaje a fracción decimal

- **Dosis de riego bruta Db**

### Dosis de riego bruta por área

Es el volumen de agua de riego por aplicar por unidad de superficie bruta de la parcela, (ha).

La dosis total, DT (m<sup>3</sup>/ha), se calcula a base de la lámina bruta, LB (mm) y el porcentaje del área bajo riego, Par (%).

Tomando en cuenta que algunos sistemas de riego se humedece únicamente una fracción del área del cultivo se aplicará la dosis total sobre esta área humedecida. Por lo tanto, se multiplica la Lámina bruta por el Porcentaje del área humedecida, **Par**.

### Fórmula 17

$$Db\left(\frac{m^3}{ha}\right) = \frac{LB(mm) \times Par(\%)}{10}$$

**Donde:**

**DT=** Dosis total, (m<sup>3</sup>/ha)

**LB=** Lámina bruta (mm) (l/m<sup>2</sup>)

**Par=** Porcentaje del área bajo riego, (%)

- **Horas de riego por turno -Ht**

Es el tiempo requerido, en horas, para aplicar, por medio del emisor seleccionado, la lámina bruta, **LB**, (mm), y depende de la precipitación horaria, **Phr**, (mm/h).

### Fórmula 18

$$Ht\left(\frac{h}{turno}\right) = \frac{LB(mm)}{Phr\left(\frac{mm}{h}\right)}$$

**Donde:**

**Ht=** Horas de riego por turno, (h/turno)

**LB=** Lámina bruta (mm) (l/m<sup>2</sup>)

**Phr=** Precipitación horaria del sistema de riego, (mm/h)

- **Máximo número de horas de riego diarias - Hm**

Es el máximo número de horas durante las cuales es posible operar el sistema de riego diariamente, el cual depende de:

- ❖ Las horas de funcionamiento del equipo de bombeo.
- ❖ Las horas disponibles de la fuente de agua para el riego.
- ❖ Las condiciones de viento (que limita el riego por aspersión)
- ❖ La disponibilidad de mano de obra

- **Máximo número de turnos de riego diarios - Td**

Es el número íntegro de turnos de riego que es posible realizar durante un día. Se obtiene "redondeando para abajo" el cociente de las horas requeridas por turno de riego, **Ht**, y el máximo número durante las cuales es posible operar el sistema de riego, por día.

**Fórmula 19**

$$Td \left( \frac{\text{turnos}}{\text{día}} \right) = \text{INTEGRO} \left[ \frac{Hm(\text{h/día})}{Ht(\text{h/turno})} \right]$$

**Donde:**

**Ht**= Horas de riego por turno, (turnos/día)

**Hm**= Horas de riego, máximas diarias (h/día)

**Ht**= Horas de riego por turno, (h/turno)

Si el número de turnos de riego por día calculado con la **fórmula 19** fuese inferior a la unidad, es decir, a **un turno por día**, será necesario revisar los datos a base de los cuales se determina el régimen de riego de tal manera que se haga posible abastecer el volumen requerido de agua en el tiempo disponible.

- **Horas de riego por día Hd**

El total de horas de riego por día, **Hd**.

**Fórmula 20**

$$Hd(\text{h/día}) = Td(\text{turnos/día}) \times Ht(\text{h/turno})$$

**Donde:**

**Hd**= Horas de riego diarias, (h/día)

**Td**= Turnos por día, (turnos/día)

**Ht**= Horas de riego por turno, (h/turno)

- **Horas de riego por ciclo Hc**

Es el número de horas de operación del sistema de riego durante el ciclo de riego.

**Fórmula 21**

$$Hc(\text{h/ciclo}) = CR (\text{días/ciclo}) \times Hd(\text{h/día})$$

**Donde:**

**Hc**= Horas de riego por ciclo, (h/ciclo)

**CR**= Ciclo de riego, (días/ciclo)

**Hd**= Horas de riego diarias, (h/día)

- **Número de turnos por ciclo Tc**

Es el número de veces que es necesario poner en operación al sistema de riego para cubrir el área de riego.

**Fórmula 22**

$$Tc(\text{turnos/ciclo}) = CR (\text{días/ciclo}) \times Td(\text{h/día})$$

**Donde:**

**Tc**= Turnos de riego por ciclo, (turnos/ciclo)

**CR**= Ciclo de riego, (días/ciclo)

**Td**= Turnos por día, (h/día)

- **Superficie bajo riego por turno St**

Se obtiene dividiendo el **área neta bajo riego** en la parcela, **Sr**, entre el número de turnos, **Tc**.

**Fórmula 23**

$$St \left( \frac{ha}{turno} \right) = \frac{Sr \left( \frac{ha}{ciclo} \right)}{Tc \left( \frac{turnos}{ciclo} \right)}$$

**Donde:**

**St**= Superficie de riego por turno, (ha/turno)

**Sr**= Superficie total de riego por ciclo, (ha/ciclo)

**Tc**= Turnos de riego por ciclo, (turnos/ciclo)

- **Dosis de riego total por turno Dtt**

Es el volumen de agua de riego por aplicar en un turno.

**Fórmula 24**

$$DTt(\text{m}^3/\text{turno}) = St(\text{ha/turno}) \times DT (\text{m}^3/\text{ha})$$

**Donde:**

**DTt**= Dosis total por turno, (m<sup>3</sup>/turno)

**St**= Superficie por turno de riego, (ha/turno)

**DT**= dosis total, (m<sup>3</sup>/ha)

- **Caudal requerido - Qr**

**Qr** (m<sup>3</sup>/h) es el caudal requerido para el riego de la parcela.



### Fórmula 25

$$Q_r \left( \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) = \frac{DTt \left( \frac{\text{m}^3}{\text{turno}} \right)}{Ht \left( \frac{\text{h}}{\text{turno}} \right)}$$

**Donde:**

**Q<sub>r</sub>**= Caudal requerido, (m<sup>3</sup>/h)

**DTt**= Dosis total por turno, (m<sup>3</sup>/turno)

**Ht**= Horas de riego por turno, (h/turno)

- **Descarga disponible en el sistema de riego Q<sub>s</sub>**

Dado el caso de que se pretenda modificar un sistema de bombeo en pie, para adaptarlo al método de riego deseado, se hace necesario comparar **Q<sub>s</sub>** (m<sup>3</sup>/h), la descarga disponible en la bomba, con el caudal requerido para el riego de la parcela, **Q<sub>r</sub>**, (m<sup>3</sup>/h), por el nuevo método de riego.

### Fórmula 26

$$Q_r \text{ (m}^3/\text{h)} \leq Q_s \text{ (m}^3/\text{h)}$$

**Donde:**

**Q<sub>r</sub>**= Caudal requerido, (m<sup>3</sup>/h)

**Q<sub>s</sub>**= Caudal de descarga en el sistema de riego, (m<sup>3</sup>/h)

Sí el caudal requerido, **Q<sub>r</sub>** excede a la descarga disponible en el sistema de riego, será necesario corregir los datos a base de los cuales se determina el régimen de riego, de tal manera que se haga posible abastecer el volumen requerido de agua en el tiempo disponible

- **Numero de emisores por turno Emt**

El número de emisores por turno se calcula con la **fórmula 26** a base de la descarga del sistema de riego, **Q<sub>r</sub>** (m<sup>3</sup>/h) y de la descarga del emisor, **qe** (l/h). Este es un dato que se utiliza para el diseño hidráulico (laterales de riego).

### Fórmula 27

$$E_{mt} \left( \frac{e}{\text{turno}} \right) = \frac{Q_r \left( \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right)}{q_e \left( \frac{\text{l}}{\text{h}} \right)}$$

**Donde:**

**E<sub>mt</sub>**= número de emisores por turno, (emr/turno)

**Q<sub>r</sub>**= Caudal requerido, (m<sup>3</sup>/h)

**qe**= Caudal del emisor, (l/h)

- **Volumen total por ciclo de riego Vtc**

Es el volumen total de agua requerido para satisfacer las necesidades del cultivo durante la época de mayor demanda de agua por el cultivo y durante un ciclo de riego.

**Fórmula 28**

$$VTc \text{ (m}^3\text{/h)} = DTt \text{ (m}^3\text{/h)} \times Tc \text{ (turnos/ciclo)}$$

**Donde:**

**VTc=** Volumen total por ciclo, (m<sup>3</sup>/ciclo)

**DTt=** Dosis total por turno, (m<sup>3</sup>/planta)

**Tc=** Turnos de riego por ciclo, (turnos/ciclo)

- **Caudal específico Qe**

El caudal específico, **Qe** (m<sup>3</sup>/h/ha), se obtiene dividiendo el caudal requerido, **Qr** (m<sup>3</sup>/h) entre el área total, A (ha) de la parcela.

**Fórmula 29**

$$Qe \left( \frac{\text{m}^3}{\text{h}} / \text{ha} \right) = \frac{Qr(\text{m}^3/\text{h})}{A(\text{ha})}$$

**Donde:**

**Qe=** Caudal específico, (m<sup>3</sup>/h)

**Qr=** Caudal requerido, (m<sup>3</sup>/h)

**A=** Área total de la parcela, (ha)

Este dato no tiene aplicación directa en la determinación del régimen de riego, pero es un dato “promedio” utilizado por las instituciones y/o juntas de regantes responsables de la distribución del agua en los proyectos de riego, tiene su origen en un sistema de distribución de agua el cual obliga al agricultor a aprovechar el máximo caudal durante el corto tiempo de entrega del agua a su predio.

Por lo tanto, este dato siempre debe estar acompañado por el dato referente al número de horas requerido para regar la parcela, ya que los sistemas de riego a presión utilizan caudales específicos reducidos, durante periodos relativamente prolongados.

### **5.3.5.2. Rediseño Hidráulico.**

Para el rediseño hidráulico se tomó en cuenta la metodología propuesta por ( Fuentes, 2002):

Se estableció los componentes, dimensionando la red y su distribución, para poder satisfacer las necesidades de agua del cultivo de maracuyá en un tiempo determinado, para ellos, se utilizaron las siguientes formulas:

- **Número de emisores**

Para la longitud del lateral de riego se tomó en cuenta la nueva longitud obtenida en los cálculos del rediseño agronómico y la distancia de los emisores dada en el catálogo

del gotero Katif autocompensado color negro con un caudal nominal de 2.3 l/h y rango de presiones de 1 a 3 bar, diámetro externo 16 mm.

$$L = ne * de$$

$$ne = \frac{L}{de}$$

**Donde:**

**L=** Longitud del lateral (m)

**ne=** Número de emisores (u)

**de=** Distancia de los emisores (m)

- **Caudal de los laterales**

Se tomó en cuenta el caudal característico del gotero dado por el fabricante, se calculó para un lateral, luego para el primer tramo de riego y luego para el segundo tramo de riego y finalmente se calculó para todos los laterales del sistema de riego.

$$Ql = Qa * Ngl$$

**Donde:**

**Ql=** Caudal del lateral (l/s)

**Qe=** Caudal del emisor (l/s)

**Ngl=** Número de goteros por lateral (u)

- **Caudal de la secundaria**

Para el cálculo de la secundaria este se realizó en dos tramos dado que en el primer tramo se ubican 9 laterales de riego, y en el segundo tramo se ubican 18 laterales de riego por lo que vamos a obtener diferentes caudales.

$$Qs = Ql * Nl$$

**Donde:**

**Qs=** Caudal de la secundaria (l/s)

**Ql=** Caudal del lateral (l/s)

**Ne=** Número de laterales en la unidad de riego (u)

- **Caudal de la principal**

$$Qp = Qs_1 + Qs_2$$

**Donde:**

**Qp=** Caudal de la principal (l/s)

**Qs=** Caudal de la tubería secundaria (l/s)

La velocidad de agua en las tuberías, las pérdidas de carga, el gradiente hidráulico, perdidas de carga máxima admisible se calculó para las laterales, secundarias y principal.

- **Velocidad del agua en las tuberías**

Se tomó en cuenta las velocidades medias del flujo para cada tubería del agua, de acuerdo al siguiente rango:  $0,5 \text{ m/s} < V < 2,5 \text{ m/s}$ .

Se determinó a partir de la expresión:

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

**Donde:**

**V**= Velocidad media del agua en la tubería (m/s)

**Q**= Caudal ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

**A**= Área de la sección circular interna de la tubería ( $\text{m}^2$ )

- **Perdidas de carga por fricción longitudinal en las tuberías.**

Para determinar las pérdidas de carga por fricción en las tuberías se utilizó la fórmula de Hazen-Williams para tuberías de PVC y Polietileno:

$$hf = J * L$$

**Donde:**

**hf**= Pérdida de carga en la tubería para una longitud (m)

**J**= Gradiente hidráulico ( $\text{m m}^{-1}$ )

**L**= Longitud de la tubería (m)

- **Cálculo del gradiente hidráulico**

$$J = 1,2x10^{10} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} * (D)^{-4,87}$$

**Donde:**

**Q**= Caudal en (L h-1)

**C**= Coeficiente de fricción

**D**= Diámetro interno de la tubería (mm)

- **Perdida de carga máxima admisible**

$$h \text{ máx} = \frac{0.1 * p}{x}$$

**Donde:**

**h máx**= Pérdida de carga máxima admisible (mca).

**p**= Presión media de los goteros (mca).

**x**= Exponente de descarga de los goteros.

- **Cálculo de las pérdidas de carga en las laterales**

La pérdida de carga en una tubería de estas características, situada en terreno horizontal, viene dada por:

$$h = 1.2 * J * F * L$$

**Donde:**

**1.2**= constante

**h**= Pérdida de carga del lateral (mca).

**J**= Pérdida de carga unitaria (mca) por m de longitud de tubería.

**F**= Factor F, que depende del número de goteros y de la distancia del primer gotero al origen. Puede ocurrir que esa distancia sea igual ( $x=s$ ) o la mitad de ( $x=s/2$ ) que la separación entre goteros.

**L**= Longitud del lateral (m).

**Tabla 10.**

*Valores del Factor F*

NÚMERO DE SALIDAS	FACTOR	NÚMERO DE SALIDAS	FACTOR
1	1.0000	16	0.3770
2	0.6340	17	0.3750
3	0.5280	18	0.3730
4	0.4800	19	0.3720
5	0.4510	20	0.3700
6	0.4330	22	0.3658
7	0.4190	24	0.3660
8	0.4100	26	0.3640
9	0.4020	28	0.3630
10	0.3960	30	0.3620
11	0.3920	35	0.3590
12	0.3820	40	0.3570
13	0.3840	50	0.3550
14	0.3810	100	0.3500
15	0.3790	Más de 100	0.3450

**Fuente:** Soluciones Amanco Plastigama, Catálogo división Agrícola. V1, 2007.

Las pérdidas de carga por rozamiento en tubería de polietileno de baja densidad (en mca/100m) según la fórmula de Hazen -Williams se encuentran en la Tabla del Anexo 17.

#### **5.3.5.3. Plano constructivo.**

Para la elaboración del plano constructivo se realizó un esquema donde se ubicaron todos los materiales que se necesitan para el proyecto, luego se realizó el dibujo con la ayuda de un software de diseño tomando en cuenta los resultados del rediseño agronómico e hidráulico del sistema de riego.

#### **5.3.5.4. Lista de materiales y presupuesto estimado del proyecto.**

La lista de materiales se realizó en base al plano constructivo, en cuanto al presupuesto este se elaboró con la ayuda de proformas solicitadas a casas comerciales de la empresa de materiales para riego donde se construyó un presupuesto conforme y real de los precios para el proyecto.

#### **5.3.5.5. Manual de operación del sistema de riego.**

Como producto adicional al tema de estudio, se elaboró un manual de operación de la unidad de riego para el mantenimiento y operación. Este manual servirá de guía para cualquier usuario pueda operar el sistema adecuadamente durante el período de funcionamiento, y así, poder obtener mejores resultados y eficiencia en la producción.

## 6. Resultados

### 6.1. Resultados para el primer objetivo

- **Cálculo de la información socioeconómica, aguas y cultivo**

Tomando como dato: el tamaño total de la Población de la parroquia de 252 familias, la proporción de la población con la característica de interés que cuentan con riego son de 50 familias y la proporción de la población que cuenten con riego son de 202. Considerando una precisión de 0.05 y una confiabilidad del 95%, dando como resultado un tamaño de muestra de 49 encuestados, como se muestra en el Anexo 2.

#### 6.1.1. Socio económico

En la Tabla 11 se puede observar la información recolectada referente a los aspectos socioeconómicos relacionados a la parroquia San Antonio de las Aradas. Se puede visualizar que la mayoría de las familias se dedican a actividades de agricultura, en predios con tenencia de título de propiedad, siendo los padres quienes tienen una mayor actividad, cerca del 43%. La edad predominante de los productores está entre los 60 a 80 años, y que la mayor parte han cursado estudios primarios. Por lo que se necesitaría un cambio generacional para no abandonar las actividades agrícolas en la parroquia.

**Tabla 11.**

*Aspectos socioeconómicos de la Parroquia San Antonio de las Aradas*

Descripción	Resultados
Dedicados a la agricultura	
Papá	43%
Mamá	41%
Hijo	16%
Estado civil	Casado
Edad predominante	60 – 80 años
Instrucción	Primaria
Tenencia de tierras	Propia
Nº de parcelas	1
Concepto	Bajo el canal de riego

**Fuente:** Investigación directa

#### 6.1.2. Agua

Como se puede observar en la Tabla 12 en la Parroquia San Antonio de las Aradas el 90% de los agricultores que poseen un sistema de riego integran la junta de regantes

general de usuarios del Sistema de Riego Chiriyacu-Lucero, de los cuales el 80% participa activamente asistiendo a reuniones o mingas; el canal de riego con el que cuentan se encuentra en estado de deterioro, el mismo que el riego por aspersión se empeora su infraestructura en temporadas invernales; el principal método de riego que se aplica en la zona, es el riego por aspersión con una representación del 78%, mientras que el riego por goteo sólo representa el 4%. El costo anual que pagan los socios por el uso del canal de riego es de 20 a 40 \$/ha.

**Tabla 12.**

*Aspectos relacionados con el uso del agua en la Parroquia*

<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>
Participación en la Junta de Regantes	Si (90%)
Participación activa	Si (80%)
Función	Socio
Frecuencia con la que se reúnen	Trimestral
Problemas presentes en la Junta	Ninguno
Beneficios de la junta	Agua
Estado del canal	Malo
Costo anual del agua	20 – 40\$/ha
Forma de riego	
Aspersión	78%
Gravedad	18%
goteo	4%.
Diseño del sistema de riego	
Técnico	53%
Propio	47%
Conflictos en el manejo y distribución del agua (riego)	Ninguno
Materiales del sistema	Tuberías, emisores, manguera, cabezal, válvula, cinta de goteo.

**Fuente:** Investigación directa

En cuanto a lo correspondiente al riego por aspersión en la Tabla 13 se aprecia que estos sistemas son fijos con un número de aspersores < 20, de 20 – 50 colocados a una distancia < 5m, empleando una frecuencia de riego de 3 días en horario de la mañana con un número de horas de 10 – 20hr.



**Tabla 13.***Riego por aspersión*

<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>
Tipo de sistema	Fijo
Nº de aspersores	< 20, de 20 – 50
Distancia de los aspersores	< 5m
Frecuencia de riego	Cada 3 días
Horario de aplicación	Mañana
Nº de horas	10 – 20hr

**Fuente:** Investigación directa

En lo referente al método de riego por goteo, en la Tabla 14 se observa que de los agricultores encuestados, dos poseen riego por goteo, de los cuales uno es fijo con un número de goteros de 120 por línea de goteo, a una distancia de 50cm, empleado una frecuencia de riego de 5 días en horario de la mañana, con un total de 20 horas de aplicación y, el otro es móvil con un número de goteros de 180 por línea de goteo, a una distancia de 30 cm entre goteros, empleado una frecuencia de riego de 3 días en horario de la mañana, con un total de 16 horas de aplicación para una ha de terreno.

**Tabla 14.***Riego por goteo*

<b>Descripción</b>	<b>Sistema 1</b>	<b>Sistema 2</b>
Tipo de sistema	Fijo	Móvil
Nº de goteros por la línea de goteo	120	180
Distancia	50 cm	30cm
Frecuencia de riego	5 días	3 días
Horario de aplicación	Mañana	Mañana
Nº de horas	20	16

**Fuente:** Investigación directa

En la Tabla 15 se observa lo referente al riego por gravedad siendo la inundación o también conocido por los agricultores como agua perdida el tipo de sistema más empleado, con un número de surcos < 100 con una frecuencia de riego quincenal en un horario de aplicación de la mañana con un total de 24 horas de riego empleadas.

**Tabla 15.***Riego por gravedad*

<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>
Tipo de sistema	Inundación
Nº de surcos	< 100
Surcos regados al instante (día)	< 10
Surcos manejados por persona	< 2
Frecuencia de riego	Quincenal
Horario de aplicación	Mañana
Nº de horas	24hr

**Fuente:** Investigación directa**6.1.3. Cultivos**

De acuerdo con la Tabla 16, el uso agropecuario del suelo en la parroquia, los cultivos que se encuentran sembrados se tienen: perennes 20.95 ha, ciclo corto 32.75 ha y pastos 26.00 ha, siendo los cultivos de ciclo corto la más extensa que aporta a la economía y seguridad alimentaria de la parroquia. Como se observa en la Tabla 16, los cultivos con mayor extensión en la parroquia son los de ciclo corto que corresponde al 41%, pastos 32% y perennes 26%.

**Tabla 16.***Superficie con uso agropecuario*

<b>Tipo de cultivo</b>	<b>Ha</b>	<b>%</b>
Cultivos perennes (ha)	20.95	26
Ciclo corto (ha)	32.75	41
Pastos(ha)	26.00	32

**Fuente:** Investigación directa

Como se observa en la Tabla 17 los cultivos con mayor extensión en la parroquia son maíz que corresponde al 35%, pastos 32% y café 15%; dentro de los cultivos de café se consideró también cultivos de sombra como la naranja, limón, mango, guineo y plátano.

**Tabla 17.**

*Superficie de cultivos bajo riego en la parroquia*

<b>Cultivo</b>	<b>Ha</b>	<b>%</b>
Maíz	28	35
Pasto	26	32
Café	11.94	15
Maracuyá	4	5
Caña	2.91	3
Frejol	2.62	3
Yuca	2.10	2
Zarandaja	0.35	0.4
Maní	0.22	0.3
Camote	0.19	0.2
Tomate	0.87	1
Pimiento	0.50	0.6

**Fuente:** Investigación directa

Los agricultores de la parroquia siembran dos veces al año cultivos como son maíz, frejol, tomate, pimiento, maní, camote, zarandaja y así mismo siembran una vez al año son yuca, pasto, caña, guineo, naranja, limón, mandarina, aguacate, plátano y mango.

### **Producción**

La Tabla 18 muestra los rendimientos de los cultivos, donde se observa que el maíz tiene un rendimiento promedio de 120 qq por ha, estos rendimientos se dan con la utilización de paquetes tecnológicos, mientras que los productores que no utilizan paquetes tecnológicos se encuentran cosechando una menor cantidad, lo mismo ocurre con los demás cultivos que se encuentran dados las unidades en quintales, cientos y cajas

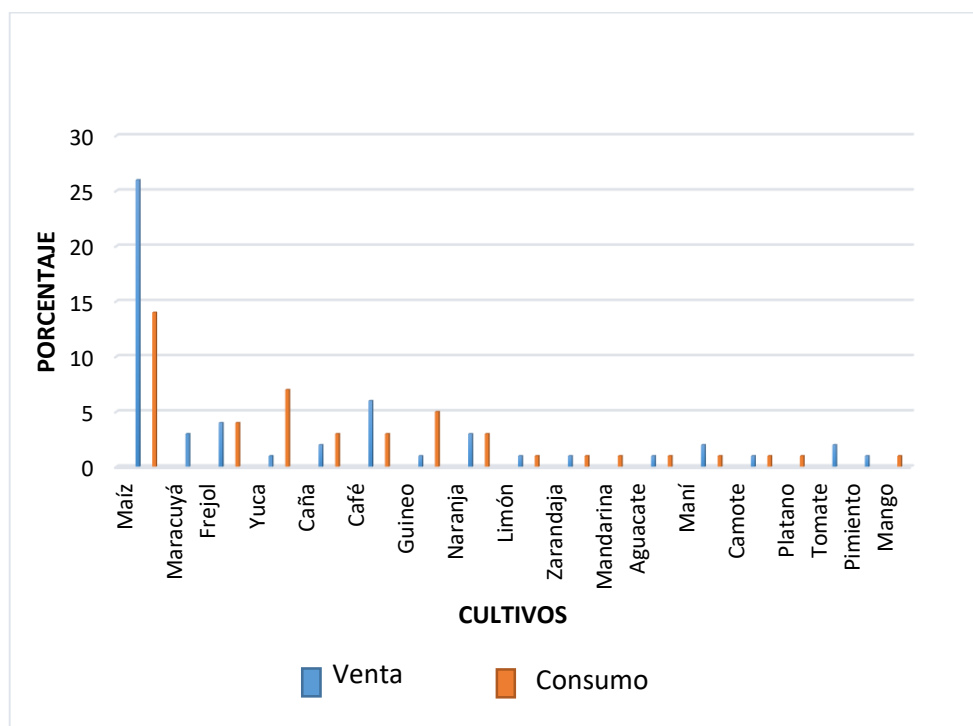
**Tabla 18.***Rendimientos de los cultivos por ha*

Producto	Rendimiento ha		
	qq	cientos	cajas
Maíz	120		
Maracuyá		35	
Fréjol	20		
Yuca	15		
Caña	5		
Café	10		
Guineo	15		
Naranja		20	
Limón		30	
Zarandaja	12		
Mandarina		20	
Aguacate		10	
Maní	30		
Camote	15		
Plátano	24		
Tomate			600
Pimiento			400
Mango		10	

**Fuente:** Investigación directa

**Figura 3.**

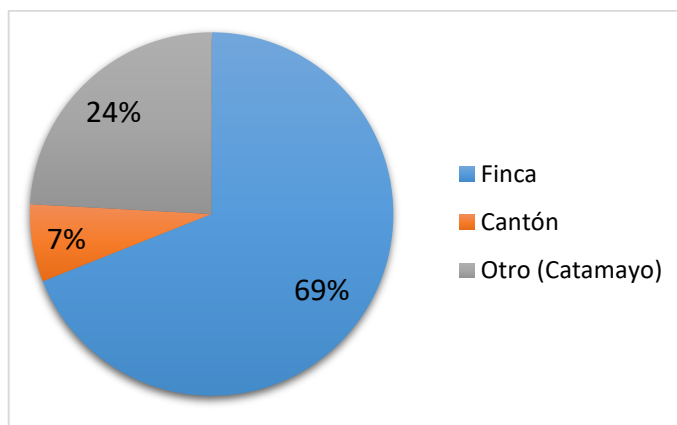
*Destino de la producción*



En la Figura 3 se observa que los productores de la Parroquia destinan su producción, tanto a la venta como para el autoconsumo, los mismos que permiten aportar a la economía del agricultor de la zona en un 70% a sus ingresos como a su seguridad alimentaria.

**Figura 4.**

*Lugar de venta*



En la Figura 4 se indica el lugar de venta de los productos por parte de los productores, el 69% lo vende en su finca, dado que los intermediarios aprovechan para pagar un precio menor por el producto y sacar mayores utilidades; un 24% de productores venden en el cantón Catamayo y el 7% en el cantón Quilanga.

### 6.1.3.1. Evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>).

La ET<sub>o</sub> se determinó por el método de Hargreaves, el mismo que es utilizado para el cálculo de los requerimientos hídricos de los cultivos. El valor de ET<sub>o</sub> en el mes de octubre alcanza un valor de 5.2 mm, lo que supondría que este mes es el de mayor consumo de agua para la planta.

**Tabla 19.**

*Resultados de la Eto para cada mes en mm/día y mm/mes*

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ET <sub>o</sub> (mm/día)	4.7	4.7	4.8	4.6	4.3	4.3	4.4	4.8	5.1	5.2	5.0	4.9
ET <sub>o</sub> (mm/mes)	146.8	130.5	149.9	137.4	134.8	129.1	135.3	147.5	153.6	160.0	150.9	151.6

**Elaborado:** El autor

### 6.1.3.2. Coeficiente del cultivo (K<sub>c</sub>).

El coeficiente del cultivo (K<sub>c</sub>) para maracuyá a diferentes etapas de desarrollo, se consideran valores promedios, para el estudio consideramos el K<sub>c</sub> de 0.75 en etapa de desarrollo.

**Tabla 20.**

*Valores del coeficiente del cultivo (K<sub>c</sub>) del maracuyá para las diferentes etapas*

Etapas	Duración	K <sub>c</sub>
Inicial	31	0.3
Media	122	0.5
Desarrollo	151	0.75
Final	61	0.5
<b>Total:</b>	<b>365</b>	

**Fuente:** Chacón, 2016

### 6.1.3.3. Evapotranspiración del cultivo (ETc).

Una vez obtenido el Kc del cultivo se procedió a determinar los valores de la ETc, dando como resultado que el mes de octubre es el de mayor ETc con un valor de 3.87 mm/día (Tabla 21).

**Tabla 21.**

*Resultados de la ETc para cada mes en mm/día y mm/mes*

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ETc (mm/día)	3.55	3.50	2.42	2.29	1.30	2.15	2.18	2.38	2.56	3.87	3.77	3.67
ETc (mm/mes)	110.0	97.8	74.9	68.7	40.4	64.5	67.6	73.7	79.3	120.0	113.2	113.6

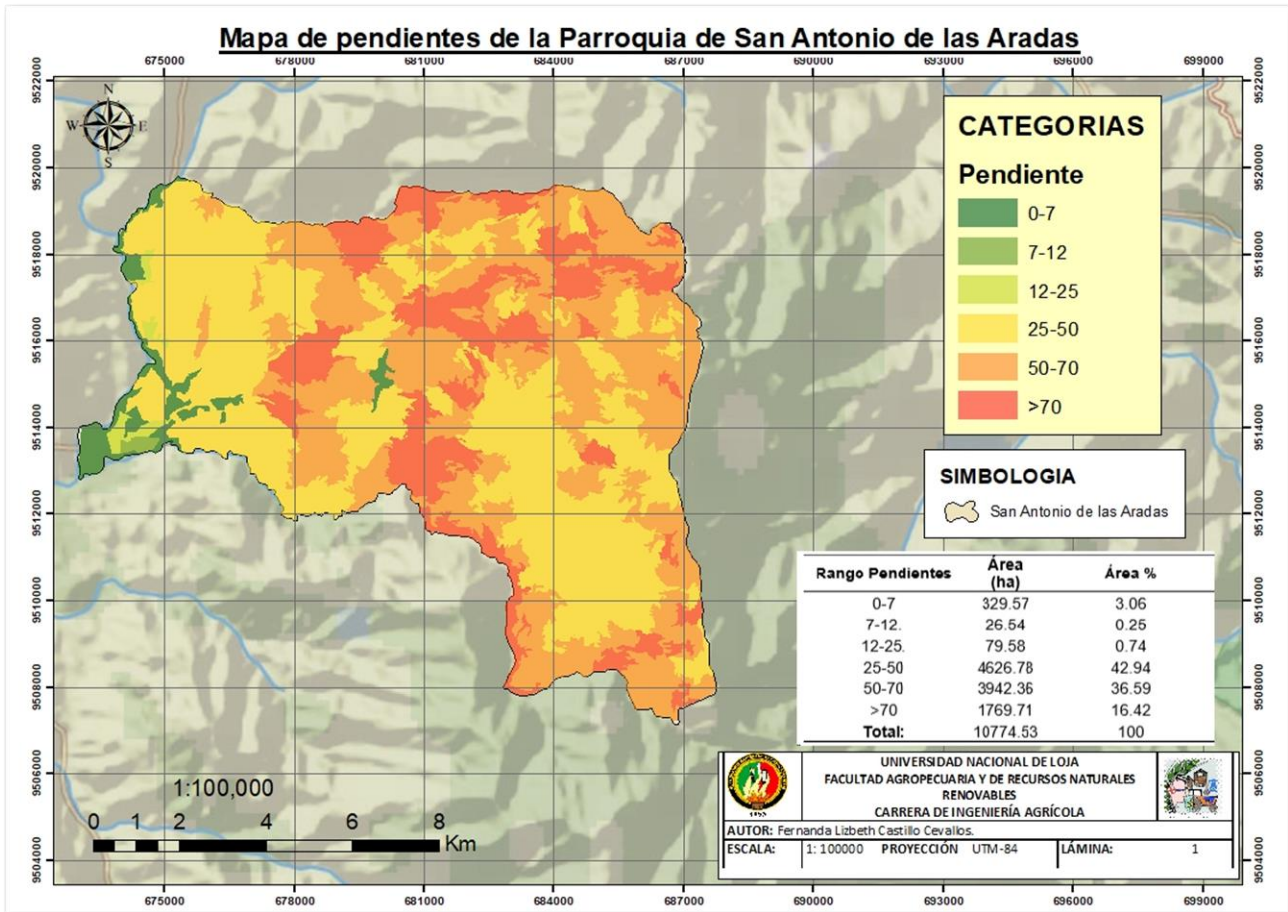
**Fuente:** Investigación directa

### 6.1.4. Estudio de características de suelo

**Pendiente de suelo en la parroquia:** Como se observa en la Figura 5 los suelos de la parroquia San Antonio de las Aradas, en su mayor parte posee pendientes que oscilan de 25 – 50%, correspondiente al 42.92% del área total de la parroquia, las mismas son consideradas como muy fuertes, seguido por las pendientes que oscilan de 50 – 70%, clasificadas acusadas y, mayores al 70% muy acusadas, pendientes de los 0 – 7% consideradas como suaves, las mismas corresponden solo el 3% de la superficie total; de 12 - 25% pendientes fuertes y de 7 – 12% son pendientes moderadas.

**Figura 5.**

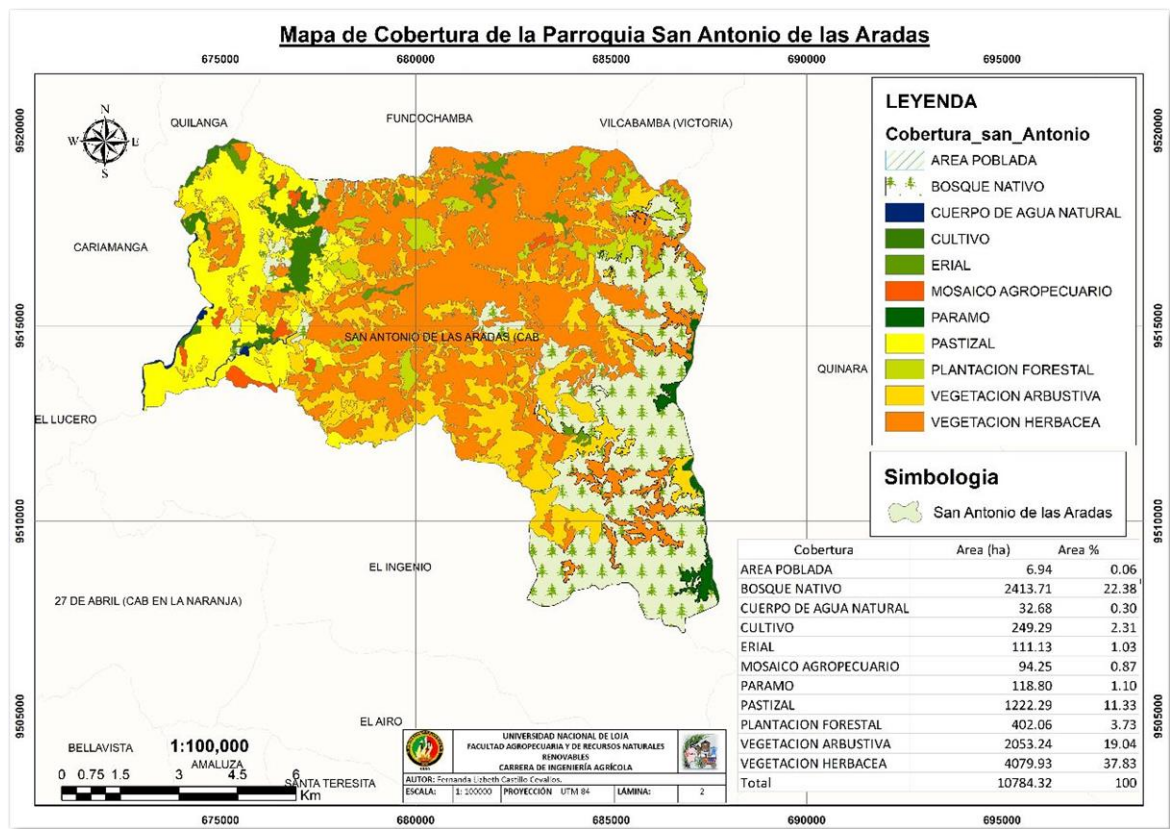
*Mapa de pendientes de la Parroquia San Antonio de las Aradas*





**Figura 6.**

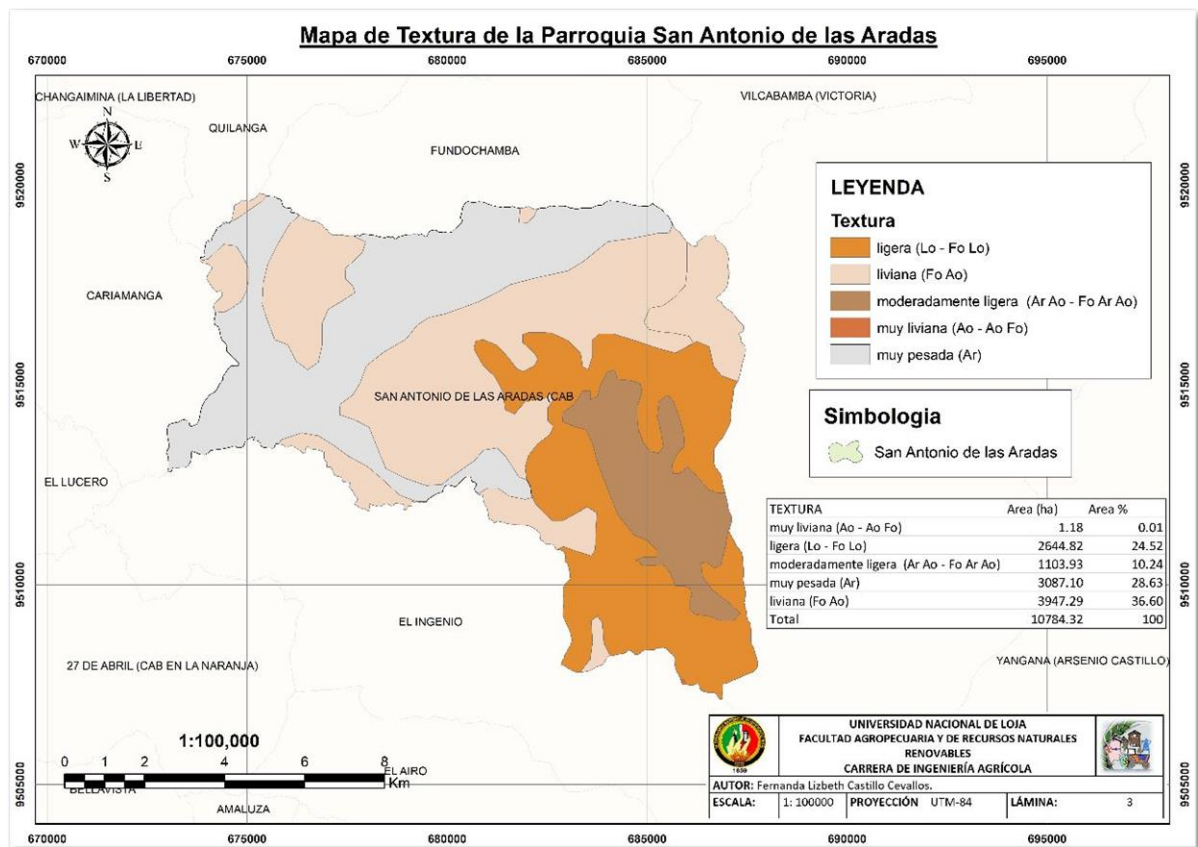
*Mapa de Cobertura de suelos de la Parroquia San Antonio de las Aradas*



**Cobertura y usos de suelos:** En la Figura 6 se observa el uso de cobertura de los suelos de la parroquia, con un total de 4 079.93 ha el 37.83% correspondiente a la vegetación herbácea dentro de la parroquia.

**Figura 7.**

*Mapa de Texturas de la Parroquia San Antonio de las Aradas*



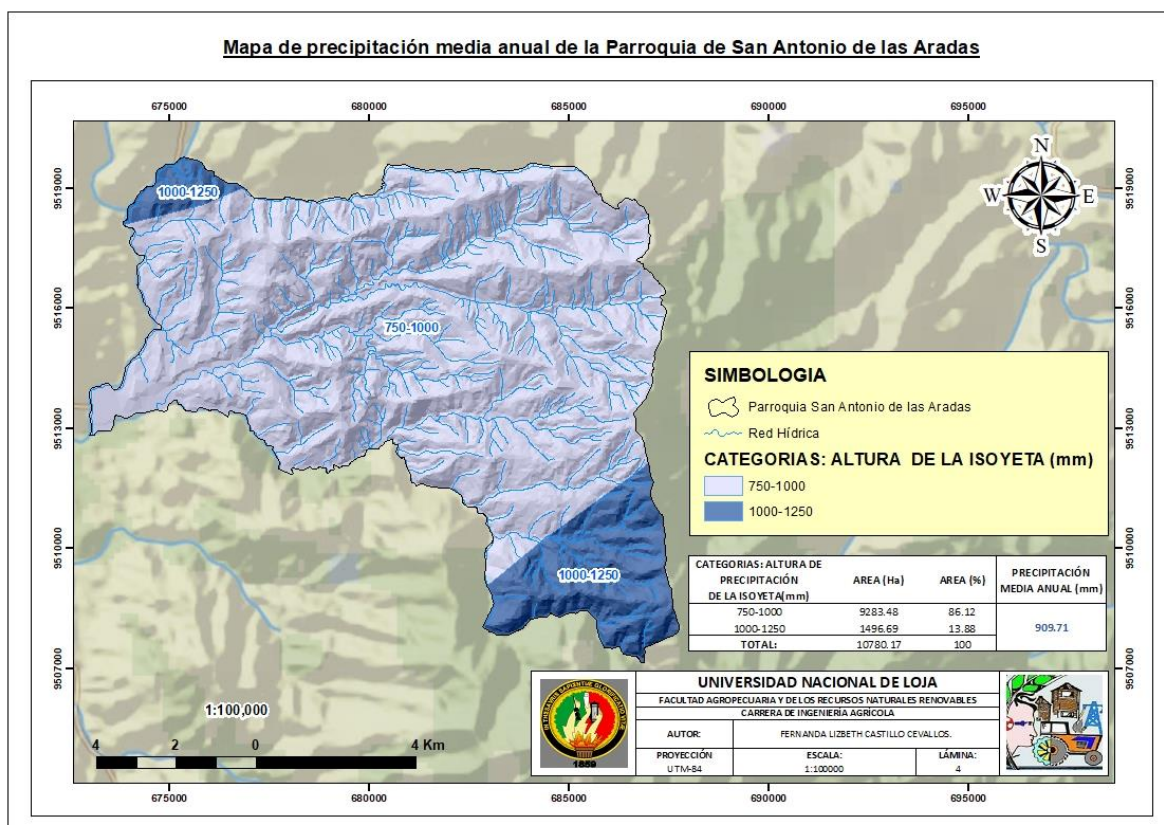
**Texturas de suelos en la parroquia:** Como se aprecia en la Figura 7 la parroquia San Antonio de las Aradas se encuentra conformada en su mayoría por suelos Livianos (Franco-Arenosos) con un área de 3 947.29 que representa el 36.60% del total del área de la parroquia.

### 6.1.5. Estudio de Climas en la parroquia

**Precipitación:** En la Figura 8 se observa que el 86.12% correspondiente a 9 283.48ha del territorio de la parroquia San Antonio de las Aradas tiene precipitaciones oscilan entre 750 – 1000 mm, siendo la precipitación media anual de 909.91 mm.

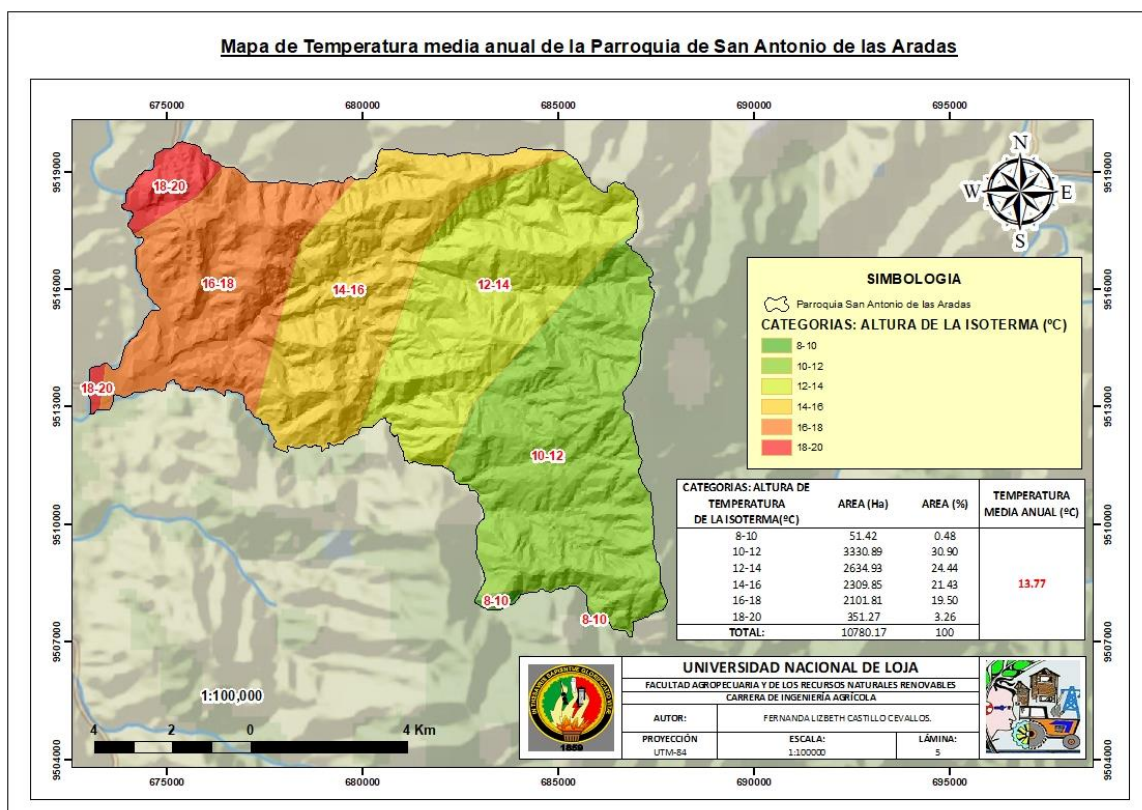
**Figura 8.**

*Mapa de precipitación media anual de la Parroquia San Antonio de las Aradas*



**Figura 9.**

*Mapa de temperatura media anual de la Parroquia San Antonio de las Aradas*



**Temperatura:** El 30.90 % del territorio de la Parroquia presenta temperaturas que oscilan en promedio al año entre los 10 -12 °C, en general la parroquia posee una temperatura media anual de 13.77 °C (Figura 9).

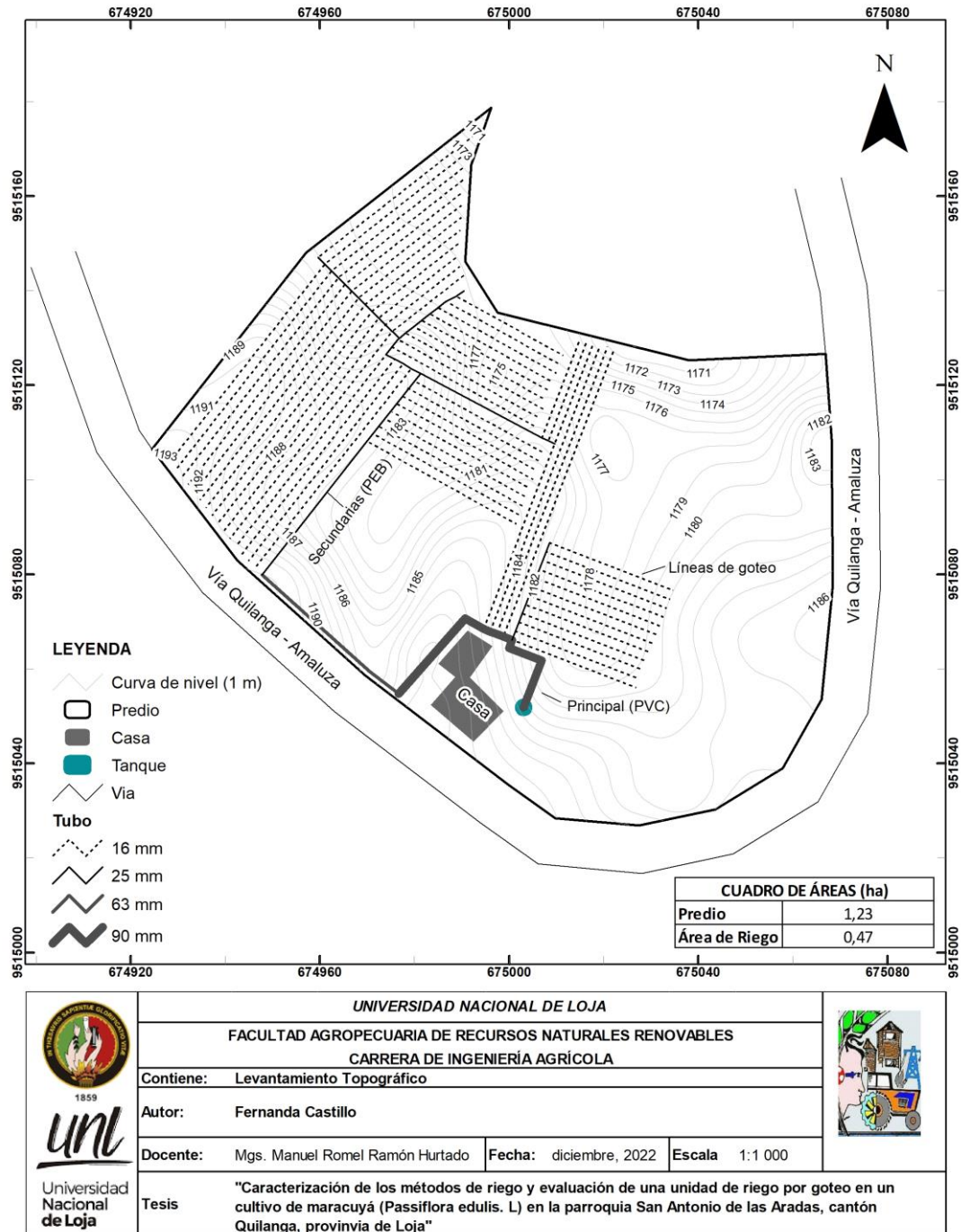
## 6.2. Resultados para el segundo objetivo

### 6.2.1. Plano del levantamiento topográfico del terreno

En la Figura 10 se observa el plano topográfico del terreno donde se encuentra la unidad de riego a evaluar, la misma que se encuentra conformada por un área de 1.23 ha de las cuales 0.47 ha se encuentran ocupadas por el área de riego, en este se idéntico la ubicación de las instalaciones de riego, así como sus diámetros de tuberías.

**Figura 10.**

*Plano del levantamiento topográfico del terreno*



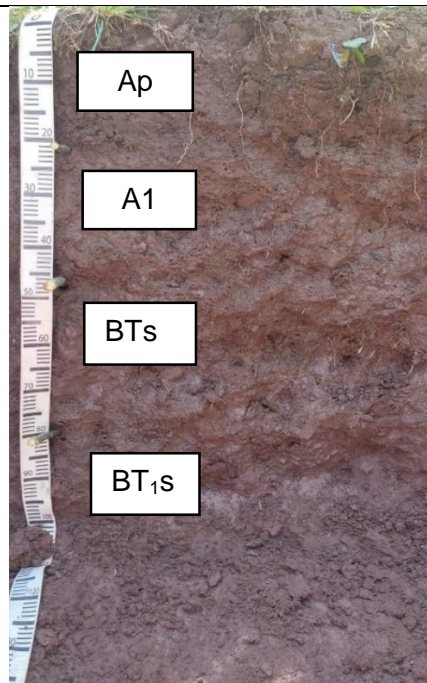
**6.2.2. Descripción del perfil del suelo**

En las tablas 22 y 23, se describe el perfil del suelo en horizontes y capas del área de estudio donde se encuentra implantado el cultivo de maracuyá.

**Tabla 22.**

*Descripción del perfil del suelo del área de estudio*

<b>DESCRIPCIÓN DEL PERFIL</b>	
<b>Altitud</b>	1194 msnm
<b>Coordenadas</b>	4.385557 E 79.4227907 N
<b>Pendiente</b>	18 %
<b>Paisaje</b>	Pie de monte
<b>Tipo de relieve</b>	Terraza
<b>Forma del terreno</b>	Pendiente baja
<b>Condiciones de humedad</b>	Húmedo
<b>Pedregosidad superficial</b>	0%
<b>Tamaño</b>	N/A
<b>Afloramientos rocosos</b>	No
<b>Tipo</b>	N/A
<b>Uso actual o cobertura vegetal</b>	Maracuyá 2 años
<b>Presencia de sales o álcalis:</b>	libre
<b>Clasificación taxonómica USDA, (214)</b>	Vertisol
	<b>Drenaje</b> Bueno



**Tabla 23.**

*Descripción de los horizontes y capas del suelo del área de estudio*

<b>Horizonte y espesor (cm)</b>	<b>Color</b>	<b>Textura</b>	<b>Estructura y consistencia</b>	<b>Poros</b>	<b>Raíces</b>	<b>Límite</b>
<b>Ap</b> 0 – 20	7.5 YR 3/3 Marrón oscuro	Arcilloso	Bloques desarrollados subangulares a angulares finos, medios a gruesos Muy adhesivo, muy plásticos, fiables	Finos pocos y gruesos comunes	Muy finas comunes y finas pocas	Neto y plano
<b>A1</b> 20 – 45	7.5 YR 3/3 Marrón oscuro	Arcillo limoso	Fuertemente desarrollado granular, medios Muy adherente, muy plástico, fiable	Comunes finos muchos	Muy finas pocas y finas pocas	Gradual plano
<b>BTs</b> 45 – 80	7.5 YR 3/3 Marrón oscuro	Arcilloso	Moderado angular, gruesos y finos Muy adherente, muy plástico, fiable	Pocos medios y muchos finos	Finas pocas y medias muy pocas	Gradual plano
<b>BT1s</b> 80 – 100	7.5 YR 3/2 Marrón oscuro	Arcilloso	Moderado angular a columnar Muy adherente, muy plástico, fiable	Pocos muchos y muchos finos	No hay presencia de raíces	No posee límite

**6.2.2.1. Descripción general del perfil del suelo.**

En el área de estudio el suelo tiene una pendiente de 18%, es muy profundo, constituido por cuatro horizontes: un horizonte **Ap** de 20 cm de espesor, color marrón oscuro (7.5 YR 3/3), de estructura de bloques desarrollados de tipo subangular a angular que va de finos, medios a gruesos, arcilloso al tacto; un horizonte **A<sub>1</sub>** de 25 cm de

espesor, color marrón oscuro (7.5 YR 3/3), arcillo limoso, de estructura de bloques fuertemente desarrollado de tipo granular de tamaño medio; un horizonte **BTs** de 35 cm de espesor, color marrón oscuro (7.5 YR 3/3), de estructura de bloques moderados de tipo angular que va de finos a gruesos, arcilloso al tacto; un horizonte **BT<sub>1s</sub>** de 25 cm de espesor, color marrón oscuro (7.5 YR 3/2), de estructura de bloques desarrollados de tipo angular a columnar que va de finos a gruesos, arcilloso, Sin presencia de manchas en todos los horizontes debido al buen drenaje del suelo. De consistencia muy adhesivo, muy plástico y de cohesión fiable en sus 4 horizontes. La presencia de raíces medianas, finas y muy finas en sus 3 primeros horizontes. No presenta rastros de actividad humana.

### 6.2.2.2. Características físicas e hidrofísicas del suelo.

Luego de realizados los análisis en laboratorio como se observa en la Tabla 24 se obtuvo una densidad aparente de 1,26 g/cm<sup>3</sup> considerada como ideal para el crecimiento de las raíces, una porosidad de 51.80 %, permeabilidad de 0.039 cm/h característicos de un suelo arcilloso, una capacidad de campo de 25.19 % descrita como media, grado de saturación de 83.05 considerada como suelo saturado, y una textura arcillosa.

**Tabla 24.**

*Resultados de los análisis de suelos*

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INTERPRETACIÓN	
<b>Da</b>	Densidad aparente	g/cm <sup>3</sup>	1.26	Ideal para el crecimiento de raíces
<b>P</b>	Porosidad	%	51.80	Arcillosa (51-55)
<b>K</b>	Permeabilidad	cm/h	0.039	Arcilla
<b>CC</b>	Capacidad de campo	%	25.19	Media
<b>PMP</b>	Punto de marchitez permanente	%	13.64	Franco arcilloso (13-20)
<b>AU</b>	Agua útil	mm	11.55	
<b>Gs</b>	Grado de saturación	%	83.05	Saturado
	Textura	%Arcilla=43 %Limo= 35 %Arena=22	Arcillosa	Arcillosa

#### 6.2.2.2.1. Pruebas de infiltración básica.

Los valores de infiltración básica con base en tres sitios realizados por el método del doble anillo oscilan entre 3.15 y 6.53 cm/h y con una infiltración promedio de 4.38 cm/h mismo que pertenece a la categoría de infiltración media (Tabla 2) característica de los suelos de textura arcillosa.



En los Anexos 6, 7 y 8 se presenta las curvas de infiltración acumulada de los tres sitios. Además, en los anexos 9, 10 y 11 se encuentran los resultados de campo procesados de los tres sitios.

**Tabla 25.**

*Resultados de infiltración básica del suelo*

<b>Uso del suelo</b>	<b>Sitio 1 cm/h</b>	<b>Sitio 2 cm/h</b>	<b>Sitio 3 cm/h</b>	<b>Promedio cm/h</b>	<b>Equivalencia</b>
Maracuyá	6.53	3.15	3.46	4.38	Media

### **6.2.2.3. Análisis de agua.**

De acuerdo a los límites máximos permisibles para agua de riego se estableció que el agua utilizada para irrigar la unidad de riego por goteo tiene un pH de 7.19 considerada con una restricción alta para el uso agrícola, la conductividad eléctrica no tienen ninguna restricción, en cuanto sustancias en suspensión con un valor de 689 tiene una ligera restricción, el calcio excede los valores normales al igual que el magnesio, boro y potasio, mientras que el boro se encuentra en los valores normales al igual que los sulfatos, nitratos, nitritos, carbonatos y fósforos. En cuanto al RAS este no tienen restricción alguna, mientras que los coliformes totales tienen un riesgo intermedio para la salud por lo que se debe tener cuidado.

**Tabla 26.***Resultado de análisis de agua de uso de riego*

<b>ANÁLISIS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>INTERPRETACIÓN (Grado de restricción en riego y valores normales)</b>
pH	-	7.19	Restricción alta
Conductividad eléctrica	ms	0.04	Ninguna restricción
Sustancias sólida en suspensión	mg/l	689	Restricción ligera
Calcio	mg/l	>160	Exede los valores normales
Magnesio	mg/l	11.3	Superior a los valores normales
Sodio	mg/l	11	Restricción alta
Boro	mg/l	0.1	Ninguna restricción
Potasio	mg/l	9	Mayor a los valores normales
Sulfatos	mg/l	<5	Normal
Nitratos	mg/l	1.5	Normal
Nitritos	mg/l	0.03	Normal
Carbonatos	mg/l	0	Normal
Fosfatos	mg/l	0,9	Normal
RAS	-	1.18	No tiene restricción
Coliformes totales	UFC	42	Riesgo intermedio para la salud

**6.2.3. Evaluación de los componentes del sistema****6.2.3.1. Determinación de la uniformidad de riego.**

Se midió los caudales que circulan en los goteros de los laterales del sistema de riego con ayuda de una probeta en un tiempo determinado de 2.15 minutos como se observa en la Tabla 27.

**Tabla 27.***Resultados de la medición de los volúmenes de los goteros del sistema*

	Pluviómetros	Volúmenes 1 (ml)	Volúmenes 2 (ml)	Volúmenes 3 (ml)	Volúmenes Promediados (ml)
<b>Ramal 1</b>	<b>1</b>	73	73	72	73
	<b>2</b>	91	91	90	91
	<b>3</b>	93	92	91	92
	<b>4</b>	92	99	91	94
<b>Ramal 1/3</b>	<b>5</b>	80	82	84	82
	<b>6</b>	94	96	100	97
	<b>7</b>	93	97	93	94
	<b>8</b>	96	98	96	97
<b>Ramal 2/3</b>	<b>9</b>	96	102	97	98
	<b>10</b>	92	91	90	91
	<b>11</b>	91	90	90	90
	<b>12</b>	92	92	90	91
<b>Ramal 4</b>	<b>13</b>	100	99	94	98
	<b>14</b>	89	93	90	91
	<b>15</b>	82	91	93	89
	<b>16</b>	90	92	90	91
	<b>Media (m)</b>	<b>90</b>	<b>92</b>	<b>90</b>	<b>91</b>

En la Tabla 28 se muestran los caudales promedio de cada lateral de riego, señalando los valores más bajos de cada lateral, mismos que fueron utilizados para el cálculo del cuartil menor.

**Tabla 28.**

*Valores ordenados de los volúmenes medidos de los goteros*

<b>Ramales</b>	<b>Volúmenes</b>
<b>Ramal 1</b>	<b>Volumen (ml)</b>
<b>A</b>	73
<b>B</b>	91
<b>C</b>	92
<b>D</b>	94
<b>E</b>	82
<b>F</b>	97
<b>G</b>	94
<b>H</b>	97
<b>I</b>	98
<b>J</b>	91
<b>K</b>	90
<b>L</b>	91
<b>M</b>	98
<b>N</b>	91
<b>O</b>	89
<b>P</b>	91

En cuanto al coeficiente de uniformidad luego de emplear la formula se obtuvo un valor de 92.74% (Anexo 13)

El caudal medio del gotero dio como resultado un valor de 2.5395 l/h como se observa en el Anexo 13.

#### **6.2.3.2. Determinación del coeficiente de variación de fabricación.**

Con los datos obtenidos se reemplazó en las fórmulas (Anexo 13) obteniendo como resultado un valor de desviación estándar de 0.0592 y un coeficiente de variación de fabricación de 2.33%.

#### **6.2.3.3. Determinación de la curva Caudal-Presión.**

Se determinó el valor de la curva Caudal-Presión reemplazando los valores en la fórmula establecida (Anexo 13) dando como resultado un valor de 0.0330 en el valor de **x**.

- **Caudal del gotero**

Se determinó el caudal del gotero con la formula descrita en el Anexo 13 dando un resultado de 0.000706 l/s.

**Cálculo del caudal en las tuberías del sistema de riego:**

**Tabla 29.**

*Resultados del cálculo del caudal en las tuberías*

<b>DATO</b>	<b>VALOR</b>
Longitud del lateral	60m
Caudal de los laterales	0.0846 l/s
Caudal de los laterales del bloque de riego	0.7614 l/s

**6.3. Resultados para el tercer objetivo**

**6.3.1. Rediseño agronómico e hidráulico en base a la evaluación obtenida de la unidad de riego**

**6.3.1.1. Rediseño Agronómico.**

**6.3.1.1.1. Resultados de los cálculos del rediseño agronómico.**

En la Tabla 30 se aprecia los resultados obtenidos en el cálculo del rediseño agronómico donde se consideró datos del cultivo, clima, datos de parcela, fuente de agua, sistema de riego (goteo), y datos de suelo, en el cual se determinó un volumen disponible de 1169 m<sup>3</sup>/ha/zr, un porcentaje de área bajo riego en relación al total de área del 52%, así también se determinó un intervalo de riego de 5 días dado que en los análisis de suelo realizado se obtuvo un suelo arcilloso (Tabla 24) mismo que posee una infiltración media (Tabla 25). Se obtuvo un total de 9 turnos por ciclo el mismo que permitió determinar el total de bloques de riego, necesitando un caudal requerido para el sistema de riego de 1.2018 m<sup>3</sup>/h.

**Tabla 30.***Resultados de los cálculos del rediseño agronómico*

<b>Maracuyá</b>		<b>Sistema: goteo</b>	
<b>DATOS</b>	<b>SÍMBOLO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDADES</b>
Lámina disponible	LDzr	116	mm/zr
Volumen disponible	VDzr	1160	m <sup>3</sup> /ha/zr
Lámina aprovechable	LAzr	40.36	mm/zr
% del área bajo riego	Par	52	%
% del área bajo riego/planta		52	%
Diámetro humedecido	D	0.82	m
Comparación $Par \leq MxAR$	$Par \leq MxAR$	ACEPTADO	
Comparación $Par \geq MiAR$	$Par \geq MiAR$	ACEPTADO	
Precipitación horaria	Phr	4.36	mm/h
Comparación Phr	$Phr \leq I$	ACEPTADO	
Evapotranspiración cultivo	Etc	3.9	mm/día
Intervalo de riego	Ir	5.46	días
Intervalo Ajustado	Ir(aj)	5	días
Ciclo de riego	CR	3	días/ciclo
Lámina riego ajustada	Lr(aj)	22.17	mm
Comparación Lr(aj)	$Lr(aj) \leq LAzr$	ACEPTADO	
% agua aprovechada ajustada	Pa(aj)	19.11	%
Comparación Pa(aj)	$Pa(aj) \leq Pa$	ACEPTADO	
Lámina bruta	LB	22.63	mm
Dosis bruta	DB	119.44	m <sup>3</sup> /ha
Horas de riego por turno	Ht	5.19	h/turno
Turnos por día	Td	3	turno/día
Horas de riego por día	Hd	15.57	h/día
Horas por ciclo	Hc	46.71	h/ciclo
Turnos por ciclo	Tc	9	turnos/ciclo
Superficie por turno	St	0.052	ha/turno
Dosis bruta por turno	DBt	6.237	m <sup>3</sup> /turno
Caudal requerido en el sistema de riego	Qr	1.2018	m <sup>3</sup> /h
Comparación $Qr \leq Qs$	Qr	ACEPTADO	
# emisores por turno	Emt	145.147	e/turno
Volumen bruto por ciclo	VBc	56.133	m <sup>3</sup> /ciclo
Caudal específico	Qe	0.271	m <sup>3</sup> /ha/h

**6.3.1.2. Rediseño hidráulico.****6.3.1.2.1. Resultados de los cálculos del rediseño hidráulico.**

Como se observa en la Tabla 31 en el rediseño hidráulico, en el nuevo diseño luego de aplicadas las fórmulas se obtuvo 140 emisores, requiriendo un caudal de 0.0894 l/s para el lateral, 0.2682 l/s para un ramal de los laterales, 0.08046 l/s para la primera sección de los laterales la cual se encuentra conformada por 9 laterales de riego y 1.6092 l/s para la segunda sección de los laterales conformada por 24 laterales,

requiriéndose un total de 2.4138 l/s para todos los laterales. Conocer las pérdidas de carga por fricción longitudinal en las tuberías y el gradiente hidráulico permite determinar los diámetros de las tuberías a utilizar el nuevo sistema.

**Tabla 31.**

*Resultados de los cálculos del rediseño hidráulico*

DATOS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
Número de emisores	ne	140	m
Caudal requerido para un lateral	Ql	0.0894	l/s
Caudal requerido para un ramal de los laterales	Ql	0.2682	l/s
Caudal requerido para la primera sección de los laterales	Qls <sub>1</sub>	0.8046	l/s
Caudal requerido para la segunda sección de los laterales	Qls <sub>2</sub>	1.6092	l/s
Caudal requerido para todos los laterales	Qlt	2.4138	l/s
Caudal de la secundaria sección 1	Qs <sub>1</sub>	2.4138	l/s
Caudal de la secundaria sección 2	Qs <sub>2</sub>	9.6552	l/s
Caudal de la principal	Qp	12.069	l/s
Velocidad del agua en las tuberías del lateral	V	0.111	m/s
Velocidad del agua en las tuberías sección 2 que es la más crítica	V	0.548	m/s
Velocidad del agua en las tuberías de la principal	V	0.475	m/s
Perdidas de carga por fricción longitudinal en las tuberías del lateral	hf	13.914	m
Gradiente hidráulico	J	0.198	
Perdidas de carga por fricción longitudinal en las tuberías del alimentador de los laterales	hf	3.846	m
Gradiente hidráulico	J	0.512	
Perdidas de carga por fricción longitudinal en las tuberías de la secundaria sección 1	hf	20.31	m
Gradiente hidráulico	J	0.903	
Perdidas de carga por fricción longitudinal en las tuberías de la secundaria sección 2	hf	12,397	m
Gradiente hidráulico	J	0.551	
Perdidas de carga por fricción longitudinal en las tuberías del alimentador de los laterales	hf	150.22	m
Gradiente hidráulico	J	1.015	
Pérdida de carga máxima admisible en la subunidad	hmáx	60.60	mca

Perdida de carga máxima admisible en la lateral de riego	Pcma	30.3	mca
Perdida de carga en el lateral de riego	h	7.766	m
Comparación $h \leq Pcma$		ACEPTADO	
Perdida de carga en el ramal del lateral de riego	h	0.275	m
Comparación $h \leq Pcma$		ACEPTADO	
Perdida de carga en la secundaria sección 1	h	1,868	m
Comparación $h \leq Pcma$		ACEPTADO	
Perdida de carga en la secundaria sección 2	h	0.669	m
Comparación $h \leq Pcma$		ACEPTADO	
Perdida de carga en la principal	h	4.079	m
Comparación $h \leq Pcma$		ACEPTADO	
Perdidas de carga totales del sistema	hT	14.67	m

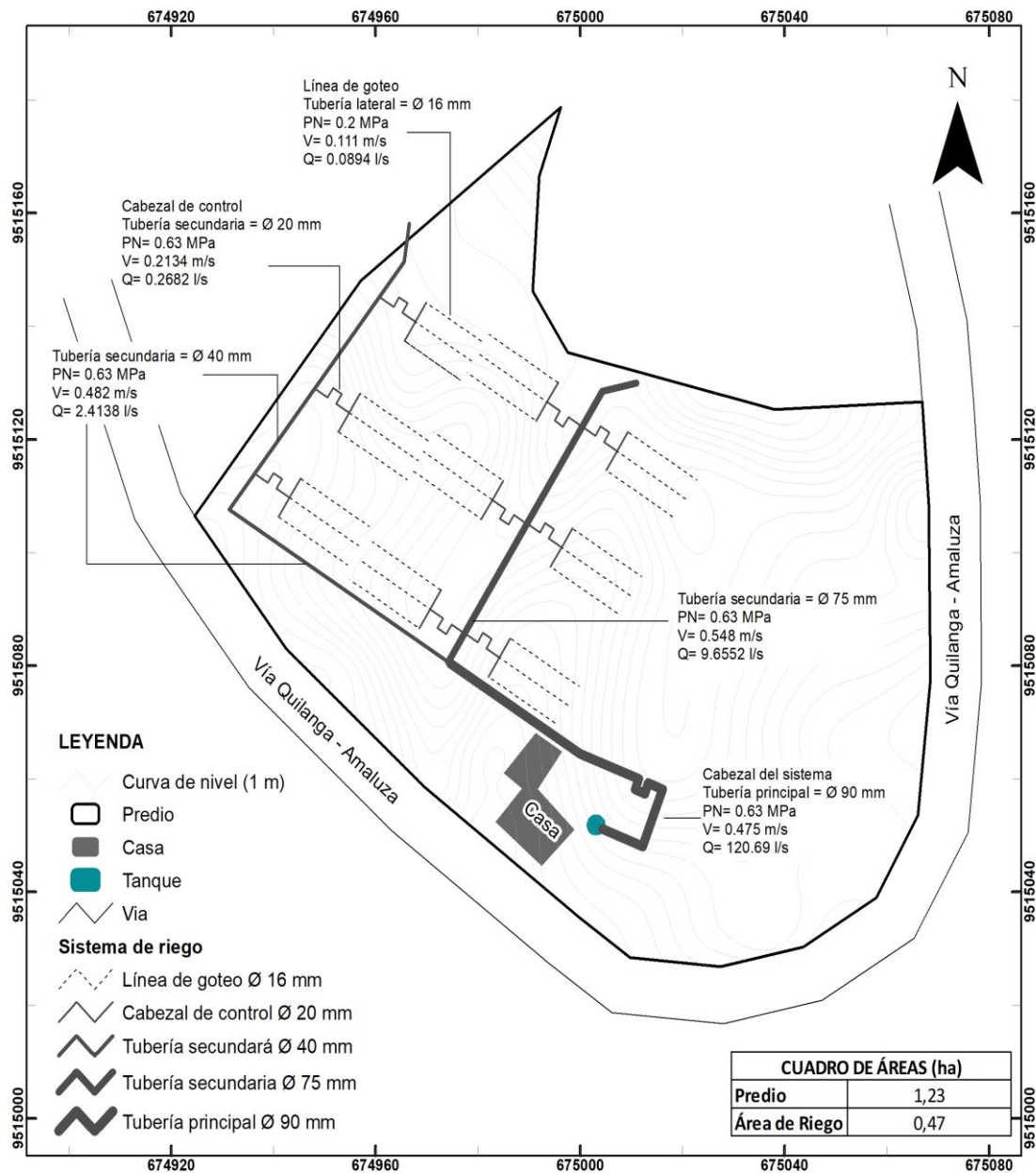
### **6.3.2. Plano de propuesta rediseño**



En el plano de propuesta del rediseño se observa la distribución de la infraestructura de riego en el predio con sus diámetros de tubería, presión nominal, caudal y velocidad en las tuberías.



**Figura 11.**

*Plano de propuesta rediseño*



 <p>UNL Universidad Nacional de Loja</p>	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b>			
	FACULTAD AGROPECUARIA DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES			
	CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA			
	Contiene: Propuesta rediseño			
	Autor: Fernanda Castillo			
Docente: Mgs. Manuel Romel Ramón Hurtado	Fecha: diciembre, 2022	Escala 1:1 000		
Tesis	"Caracterización de los métodos de riego y evaluación de una unidad de riego por goteo en un cultivo de maracuyá ( <i>Passiflora edulis</i> . L) en la parroquia San Antonio de las Aradas, cantón Quiilanga, provinvia de Loja"			

### **6.3.3. Plano constructivo de detalle**

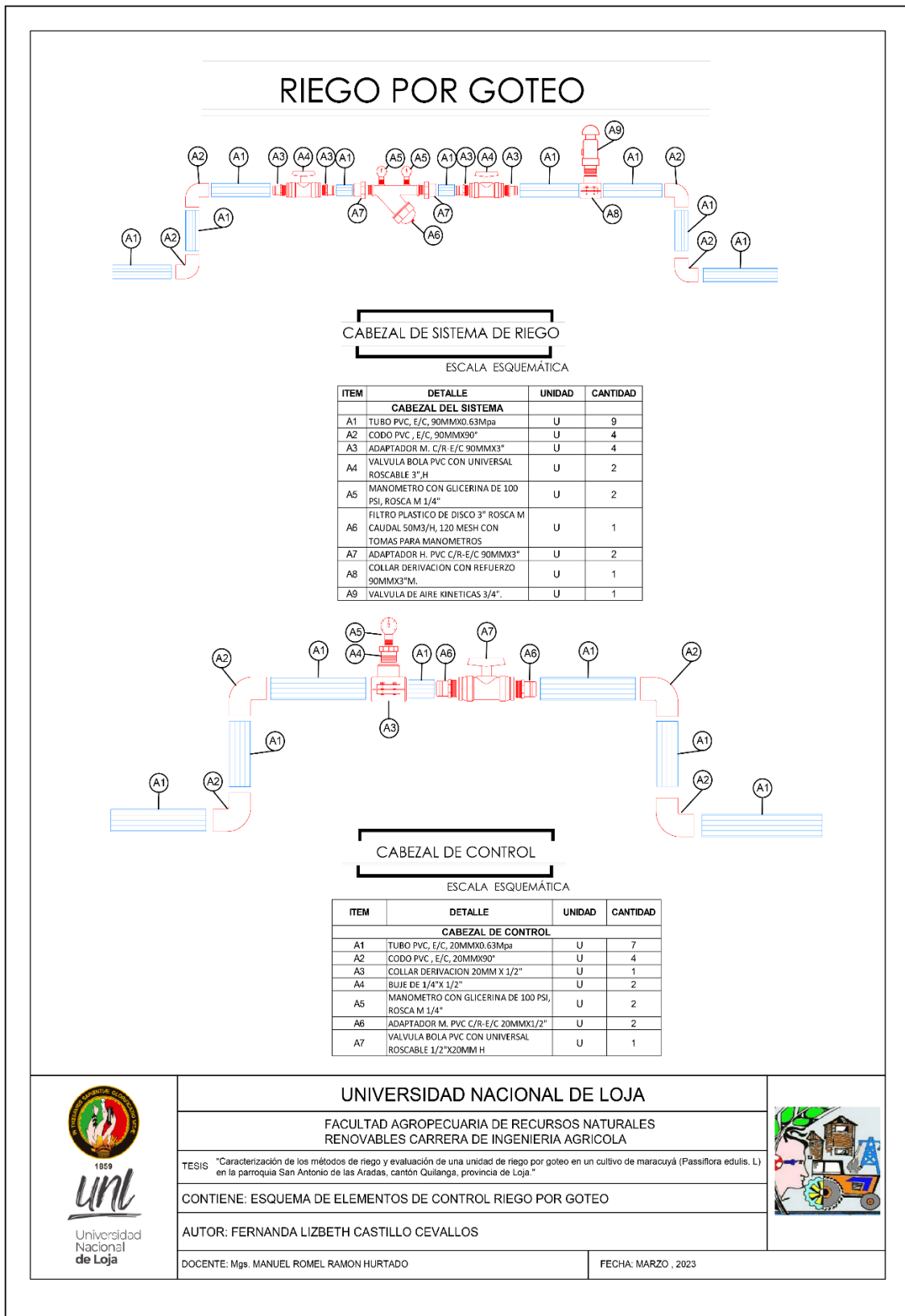
Para la elaboración de los planos se consideró principalmente la colocación de manómetros dado que esto permitirá medir las presiones y evitar un taponamiento en el sistema o que este trabaje a una presión mayor a la que se encuentra diseñado, estos se colocan tanto en el cabezal de la unidad de riego como en los bloques, los mismos que permiten tener un mayor control y en caso de presentarse taponamientos o algún inconveniente ser tratado a tiempo. De la misma forma se consideraron tuberías con diámetros que permitan manejar los caudales disponibles tanto en las conducciones principales como secundarias.

#### **6.3.3.1. Plano de los cabezales de riego por goteo.**

Como se observa en la figura 12 para los planos de los cabezales tanto en el cabezal del sistema de riego como los cabezales de control se consideró la colocación de manómetros que permitirá la medición de las presiones, los cuales serán de ayudando para la detección de daños que podrán ser controlados a tiempo.

**Figura 12.**

*Plano constructivo de cabezales del sistema de riego*

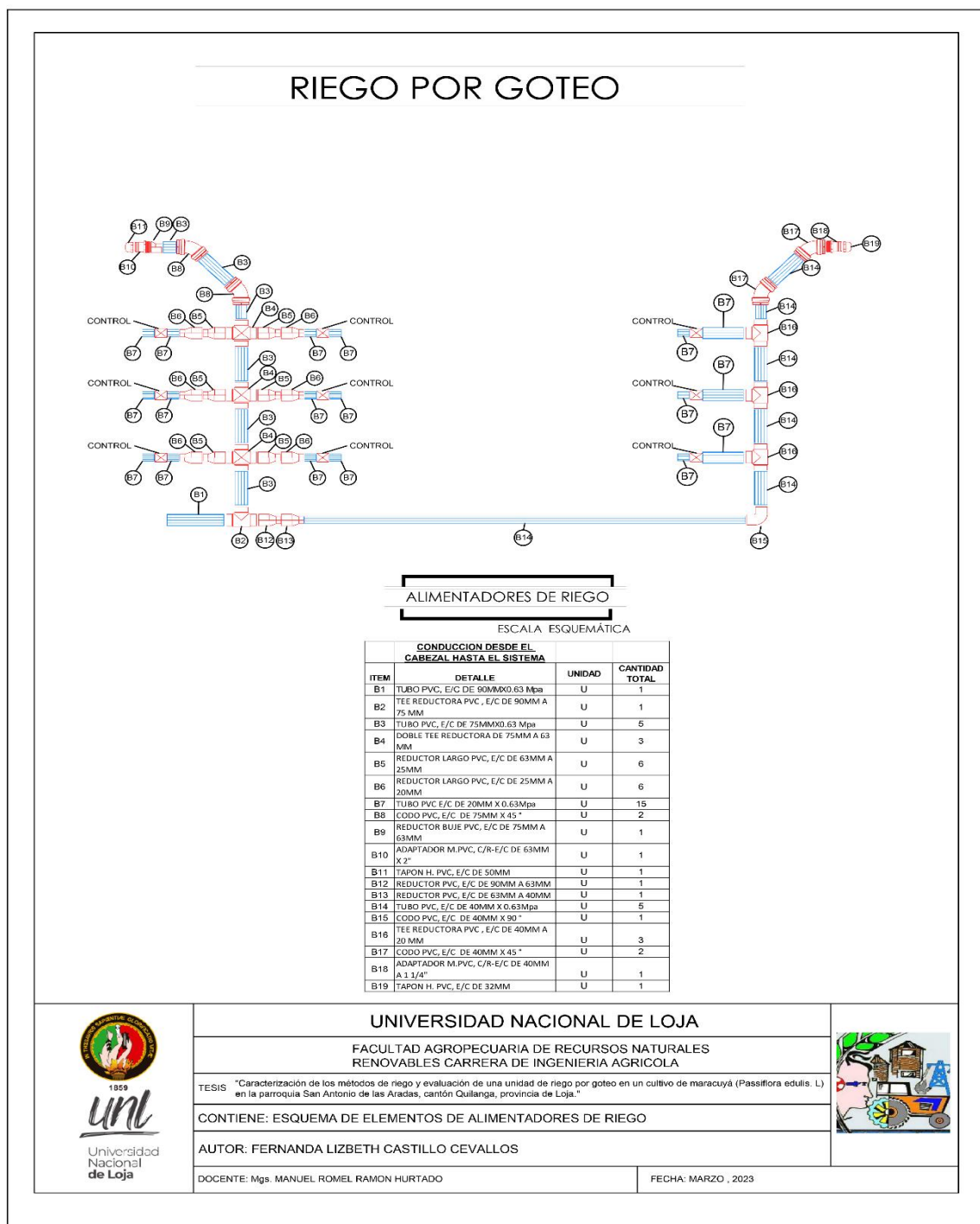


### 6.3.3.2. Plano de alimentadores de riego.

Se consideró dos secciones de riego las mismas que se encuentran conformadas la primera por 6 tramos de riego y la segunda por 3, para lo cual la primera sección cuenta con una tubería PVC de 75 mm y la segunda con una tubería PVC de 40 mm que permiten distribuir el agua a todos los ramales.

**Figura 13.**

*Plano constructivo de alimentadores de riego*

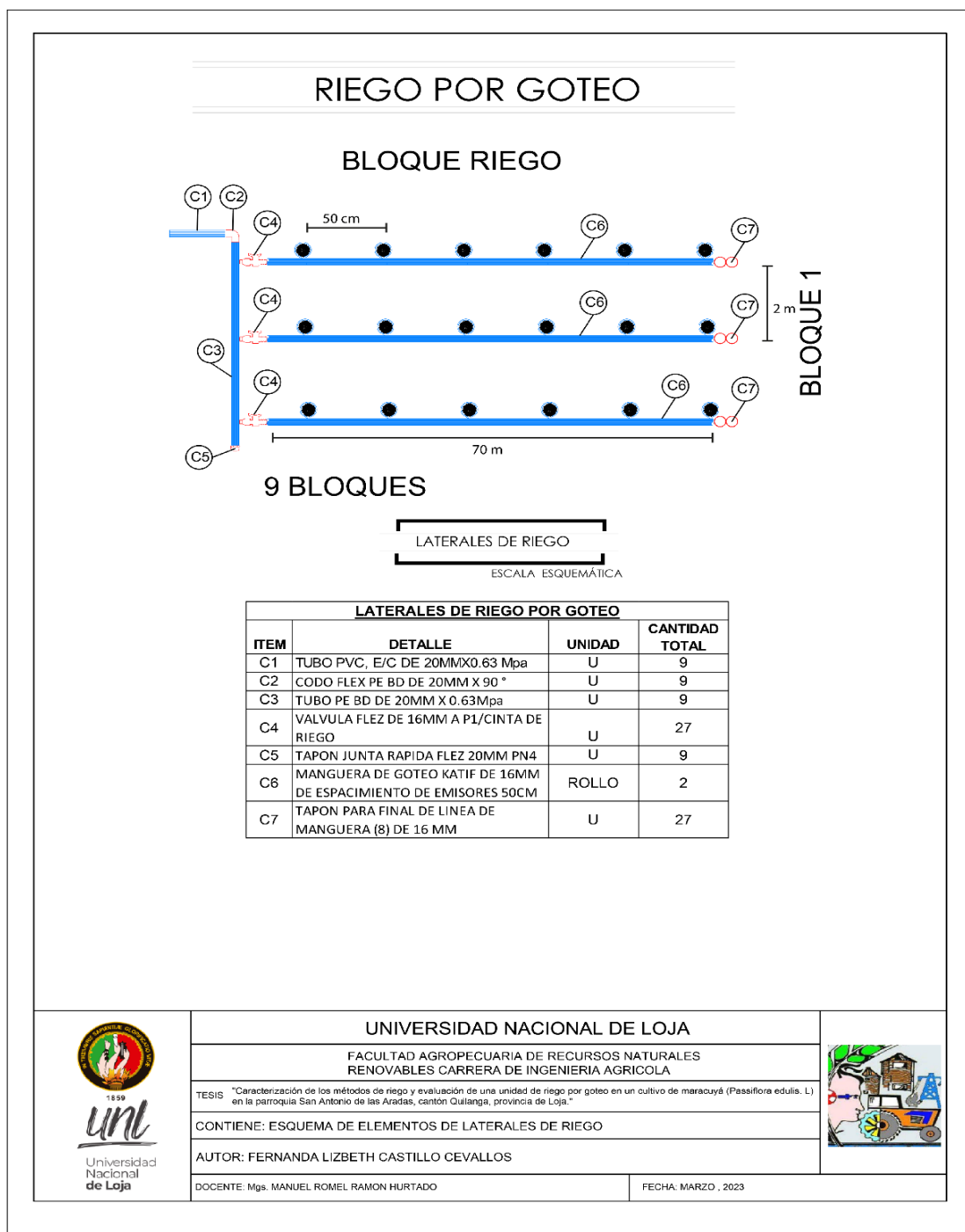


### 6.3.3.3. Plano laterales de riego.

Se consideró una distancia de 2 m entre laterales dado que el maracuyá requiere una distancia de separación de 2 m como mínimo para su óptimo desarrollo, de la misma manera se consideró un largo de 70 m de las mangueras las mismas que tienen una separación entre goteros de 50cm.

**Figura 14.**

*Plano constructivo laterales de riego*



### 6.3.4. Materiales y presupuesto

En la Tabla 32 se observa los diferentes rubros considerados para la realización de la lista de materiales y presupuestos acorde a los esquemas de los planos de rediseño, se consideraron dos tipos de cabezales, el primero que es el cabezal del sistema mismo que nos permite controlar toda la unidad de riego, y el segundo cabezal que serán colocados en cada bloque de riego para controlar de mejor manera estos, de la misma manera se consideró los alimentadores de riego o conocidas como tuberías secundarias, incluyendo en este rubro los materiales utilizados para los bloques de riego.

Para la obtención de precios se recorrieron diferentes casas comerciales de riego para obtener los mejores precios que se adapten al bolsillo del agricultor, así como también que sean de buena calidad.

**Tabla 32.**

*Materiales y presupuesto para la rehabilitación del sistema de riego por goteo*

<b>PRESUPUESTO</b>				
<b>CONCEPTO</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>PRECIO (\$)</b>	<b>TOTAL</b>
<b>CABEZAL DEL SISTEMA</b>				
Tubo PVC, E/C, 90mmx0.63Mpa	U	9	19.46	175.17
Codo PVC, E/C, 90mmX90°	U	4	6.90	27.60
Adaptador M. C/R-E/C 90mmx3"	U	4	4.17	16.71
Válvula bola PVC con universal roscable 3", H.	U	2	78.84	157.68
Manómetro glicerina de 100 PSI, rosca M ¼"	U	2	11.83	23.66
Filtro plástico de disco 3" rosca M. caudal 50m <sup>3</sup> /h, 120 Mesh con tomas para manómetros	U	1	245.52	245.52
Adaptador H. PVC C/R-E/C 90mmx3"	U	2	3.06	6.12
Collar derivación con refuerzo 90mmx3", M.	U	1	23.06	23.06
Válvula de aire Kinetica 1/3"	U	1	16.39	16.39
<b>Subtotal</b>				<b>691.91</b>
<b>CABEZALES DE CONTROL</b>				

Tubo PVC, E/C, 20mmx0.63Mpa	U	7	3.32	23.25
Codo PVC, E/C, 20mmx90°	U	36	0.15	5.40
Collar dedicación 20mmx½"	U	9	1.00	9.00
Buje de ¼"x½"	U	18	0.94	16.92
Manómetro con glicerina de 100 PSI, rosca M. ¼"	U	9	11.83	106.47
Adaptador M. PVC, C/R-E/C 20mmx½"	U	18	0.15	2.70
Válvula bola PVC con universal roscable 20mm x½" H.	U	9	2.36	21.24
<b>Subtotal</b>				<b>184.98</b>

#### ALIMENTADORES DE RIEGO

Tubo PVC, E/C de 90mmx0.63Mpa	U	1	19.46	19.46
Tee reductora PVC, E/C de 90 a 75mm	U	1	6.64	6.64
Tubo PVC, E/C de 75mmx0.67Mpa	U	5	16.22	81.10
Doble Tee reductora de 75 a 63mm	U	3	2.00	6.00
Reductor largo PVC, E/C de 63 a 25mm	U	6	1.04	6.26
Reductor largo PVC, E/C de 25 a 20mm	U	6	0.11	0.69
Codo PVC, E/C de 75mmx45°	U	2	3.06	6.12
Reductor Buje PVC, EC de 75 a 63mm	U	1	1.07	1.07
Adaptador M. PVC, C/R-E/C de 63mmx2"	U	1	1.39	1.39
Tapón H. PVC, E/C de 50 mm	U	1	0.65	0.65
Reductor PVC, E/C 90 a 63mm	U	1	2.96	2.96
Reductor largo PVC, E/C 63 a 40mm	U	1	1.12	1.12
Tubo de PVC, E/C de 40mmx0.63Mpa	U	5	6.58	32.94
Codo OVC, E/C de 40mmx90°	U	1	0.86	0.86
Tee reductora PVC, E/C de 40 a 20mm	U	3	0.83	2.50
Codo PVC, E/C de 40mmx45°	U	2	0.76	1.53

Adaptador M. PVC, C/R-E/C de 40mm a 1 ¼"	U	1	0.55	0.55
Tapón H. PVC, E/C de 32mm	U	1	0.19	0.19
<b>Subtotal</b>				<b>172.03</b>
<b>LATERALES DE RIEGO</b>				
Tubo PVC, E/C de 20mmx0.63 Mpa	U	9	3.32	29.89
Codo flex PE BD de 20mmx90°	U	9	0.90	8.10
Tubo PE BD de 20mmx0.63Mpax100mts	U	100	0.57	57.14
Válvula flex de 16mm A P1/Cinta de riego	U	27	1.23	33.21
Tapón junta rápida flex de 20mm PN4	U	9	0.58	5.22
Manguera de goteo Katif de 16mm de espaciamiento de emisores 50cm	Rollo	4	185	740
Tapón para final de línea de manguera (8) de 16mm	U	27	0.22	6.07
Unión flex de 16mm	U	3	0.21	0.64
<b>Subtotal</b>				<b>880.27</b>
<b>Subtotal</b>				<b>1 929.19</b>
<b>Tarifa 0%</b>				<b>243.03</b>
<b>IVA</b>				<b>122.98</b>
<b>TOTAL</b>				<b>2 052.17</b>



### 6.3.5. Manual de operación del sistema de riego



Primero: Antes de poner en funcionamiento el sistema, revisar que todos los elementos estén en posición adecuada, que el reservorio se encuentre lleno para cuidar la bomba.

Segundo: Encender y verificar la presión, la cavitación, la determinación del tiempo. Para proceder a encender se abre la válvula en tres cuartos, e ir aumentando de acuerdo a la presión indicada por el constructor.

- **Operación del sistema**

La operación del sistema de riego implica el manejo de los equipos, accesorios y componentes del sistema de riego para lograr el correcto funcionamiento con el fin de cubrir las necesidades de riego del cultivo en oportunidad y cantidad. Para lograrlo es necesario que el operador cumpla con los tiempos y frecuencia de riego especificados en cada una de las secciones de riego, apoyándose con la verificación de las presiones hidráulicas que se miden con ayuda de un manómetro.

- **Mantenimiento**

Para asegurar una mayor vida útil del sistema existen medidas de mantenimiento que se deben tomar en cuenta:

- a) Limpieza del sistema
- b) Limpieza del filtro
- c) Regulación y control de presiones en subunidades
- d) Limpieza de tuberías y laterales
- e) Control de las descargas de los goteros

#### **a) Limpieza del sistema de riego:**

Es necesario realizar una limpieza periódica (suele variar entre una a tres veces por temporada), tanto en la zona del cabezal como en las tuberías y laterales, esto dependerá de la calidad del agua e impurezas.

#### **b) Limpieza del Filtro:**

El sistema requiere de un especial cuidado en el filtrado del agua, dado que los emisores son sensibles a las obstrucciones, ya sea por materia orgánica, algas o sólidos en suspensión, esto es más exigente cuando el agua de riego posee una gran cantidad de sólidos en suspensión.

La limpieza para el tipo de filtro recomendado para nuestro sistema se deberá realizar de manera manual; los mismos que deberán ser lavados cada vez que la presión disminuya en el manómetro a la salida del filtro dado que una disminución en el mismo nos indica que los filtros requieren de un lavado, para lo cual se deberá abrir la válvula de la parte inferior del filtro, por donde saldrá el agua arrastrando las impurezas retenidas.

#### **c) Regulación y control de presiones en subunidades:**

Se debe realizar un control periódico de las presiones en las subunidades a fin de evitar que los goteros se destruyan, el manómetro de mano es la herramienta para controlar la uniformidad en la presión del sistema, siendo que para el caso que para nuestras subunidades estas trabajan a una presión máxima de 1atm.

#### **d) Limpieza de tuberías y laterales:**

La limpieza de las tuberías y laterales se realiza para evitar obstrucciones que ocasionen una disminución en la eficiencia del sistema de riego. Para la limpieza de estos se pueden emplear químicos como:

- **Ácido Nítrico:** este se debe inyectar 2 a 4 veces por temporada en dosis de 4l/ha
- **Ácido Fosfórico:** este se inyecta cada 14 días en dosis de 4 l/ha.
- **Cloro:** se debe inyectar cada 14 días a 2 l de hipoclorito de calcio al 65%/ha.

Se debe tener en cuenta que todas las inyecciones deben ser alternas (entre ácidos y cloro). El tiempo de inyección para estos productos es de 30 min. Para una hectárea con líneas descargando a un caudal máximo de 12 m<sup>3</sup>.

Estas dosis se deben emplear para mantenimiento, en caso de medidas correctivas estas dosis deben ser más altas.

#### **e) Control de las descargas de los goteros:**

Es prudente realizar una vez al mes un muestreo de la descarga de los goteros, para verificar si se está realizando bien las prácticas de mantenimiento.

En caso de que la descarga del gotero haya disminuido significa que está en un proceso de obstruirse y si no se toma medidas inmediatas para cambiar se obstruirán los goteros.

## 7. Discusión

Se realizó un análisis en relación a los objetivos planteados con los resultados obtenidos. De esta manera el **objetivo específico 1**: *Caracterizar los métodos de riego aplicados en la parroquia San Antonio de las Aradas.*

- **Aspectos socioeconómicos**

Según el censo realizado en el 2010 en la parroquia de San Antonio de las Aradas se registra una tasa de analfabetismo del 14,20% (14,71 hombres y 13,51 mujeres) (PDOT San Antonio de las Aradas, 2015). Mediante el estudio realizado se determinó que en la parroquia los agricultores en su mayoría alcanzan una instrucción primaria.

En la parroquia San Antonio de las Aradas el 53,5% está conformada por población joven (0-29 años), seguido de la población adulta (30-64 años) que constituye el 32,1%, y finalmente por adultos mayores (65 años y más) que representa el 14,3%. Esto permite analizar que la parroquia de San Antonio de las Aradas está conformada por una población joven (PDOT San Antonio de las Aradas, 2015). No obstante, según los resultados obtenidos se determinó que en la parroquia la población dedicada a la actividad agrícola se encuentra en edades que oscilan de los 60 a más.

De las 451 personas que conforman la PEA de la Parroquia, el 78,5% (354 personas) se dedican a actividades referentes a la agricultura, ganadería y silvicultura, siendo que 11 son mujeres que representa el 24,61% y 340 son hombres correspondiente al 75,39% (PDOT San Antonio de las Aradas, 2015). Pero en el presente estudio se determinó que en la parroquia, esta tendencia varía, siendo así que en un 43% el padre es el que se encuentra dedicado a la actividad agrícola, seguido del 41% que es la madre y el 16% a los hijos.

- **Agua**

Los sistemas de riego, canales y acequias existentes en la parroquia están sujetos a problemas comunes en su operación y mantenimiento, por la topografía irregular de sus áreas de influencia. Los caudales totales captados no son utilizados eficientemente al ser derivados en las redes de distribución por la falta de obras e implementos de regulación. Diferentes áreas de la parroquia de San Antonio de las Aradas han sido beneficiadas por el sistema de riego Chiriyacu-Lucero construido por el EX PREDESUR, el cual capta sus aguas en el río Chiriyacu (1253 m.s.n.m.), está proyectado para captar 2,0 m<sup>3</sup>/s y beneficiar a 409 familias, cubre un área regable de 1518 has de las parroquias San Antonio de las Aradas (Tuburo, Amanía, Santa Rosa, Valdivia) y la parroquia de El Lucero del cantón Calvas, existen además acequias que permiten realizar el riego a pequeña escala, que por lo general carecen de obras que garanticen su normal

funcionamiento (PDOT San Antonio de las Aradas, 2015). Estos datos tienen concordancia con la información levantada, para lo cual se determinó que en la Parroquia San Antonio de las Aradas el 90 % de las familias que poseen riego y pertenecen a la junta de regantes general de usuarios del Sistema de Riego Chiriyacu-Lucero, de los cuales el 80 % participa activamente, el 83 % de los socios asisten a las reuniones trimestralmente.

- **Cultivos**

Los resultados encontrados guardan correspondencia con aquellos reportados por PDOT San Antonio de las Aradas (2015), quienes mencionan que en la parroquia las zonas agrícolas están consideradas los cultivos anuales, ciclo corto y misceláneos indiferenciados, estos ocupan un área de aproximada de 1499,27 ha, que representa el 13,90 % del territorio, mientras los que son dedicados a la actividad pecuaria ocupan una extensión de 1121,47 ha que representa el 10,40 % de la superficie, se ha considerado dentro de este grupo como pastizales a los herbazal húmedo y seco. En total la superficie destinada a la actividad agrícola corresponde a 251,19 ha que representa el 2,33 % de la superficie total de la parroquia. El resto de uso están considerado las tierras improductivas, agua y antrópico que representa un área de 161,75 ha que representa el 0,32% de la superficie.

Esta información se asemeja a la encontrada en este estudio, que permitió determinar que en la Parroquia la mayor parte está destinada a cultivos de ciclo corto o herbáceos, mientras que el resto se destina a cultivos permanentes, como café, cítricos, etc., y finalmente a la actividad destinada a la parte pecuaria solo corresponde a 26 ha de pastos. Todos estos usos han sido considerados los que se encuentran bajo riego.

También se pudo encontrar que en la parroquia San Antonio de las Aradas los agricultores poseen cultivos de maíz, pastos, café, maracuyá, caña, frejol, yuca, zarandaja, maní, camote, pimiento, cítricos, lo que se constituyen en cultivos de alto valor por su importancia alimenticia y comercial; cultivos que son destinados en su mayoría a la venta siendo con así del lugar de venta es la finca del agricultor.

Debido a las características climáticas y físicas hacen que la parroquia de San Antonio de las Aradas se encuentre con diferentes tipos de uso del suelo que corresponde a vegetación natural en su mayor parte con 498,93 ha, que representa el 38,00 % de la parroquia. En menor proporción las actividades agrícolas están representadas por pastizales, sistemas agroforestales, cultivos de café y cultivos anuales (PDOT San Antonio de las Aradas, 2015).

Datos que aguardan una estrecha relación con los proporcionados por el PDOT parroquial, en el presente estudio se determinó que la parroquia cuenta con un área total de 10 784.32 ha de las cuales 6.94 ha son áreas pobladas, 2 413.71 ha bosques

nativos, 32.68ha cuerpo de agua natural, cultivo 249.29 ha, erial 111.13 ha, mosaico agropecuario 94.25 ha, paramo 118.80 ha, pastizal 1 222.29 ha, plantación foresta 402.06 ha, vegetación arbustiva 2 053.24 ha, vegetación herbácea 4 079.32 ha.

- **Clima**

Refiriendo estos valores con los obtenidos, en el estudio se determinó que las isoyetas varían de los 750 a los 1250mm, con un promedio de precipitación anual de 909.91mm valor que ha disminuido en comparación a datos proporcionados en el PDOT, que en años anteriores fueron de 900 mm hasta 1.100 mm con un promedio de precipitación anual de 1118,68 mm para la parroquia (PDOT San Antonio de las Aradas, 2015), dado que en los últimos años el clima en la parroquia y cantón ha cambiado de manera brusca.

El valor promedio de la temperatura determinado es de 13.77 °C, valor que difiere con el mencionado en el PDOT San Antonio de las Aradas (2015) que fue de 20.1 °C, esto se debe al cambio climático se presenta dentro de la parroquia y a nivel cantonal.

En cuanto al **objetivo específico 2**: *Evaluar el método en una unidad de riego por goteo en el cultivo de maracuyá (*P. edulis* L) en el barrio Tuburo perteneciente a San Antonio de las Aradas.*

Luego de haber evaluado el Coeficiente de Uniformidad (CU) del sistema de riego se determinó que el sistema posee un CU de 91.75%, este valor indica que el coeficiente de uniformidad es excelente. Estos resultados son similares a los obtenidos por Chamba (2020) en una evaluación de riego en unidades rectangulares para el cultivo de vid, el método utilizado difiere a este, ya que evalúan un mayor número de goteros en parcela, total 32. También concluyen que para estudios de campo se debe realizar de manera minuciosa, ya que todas las parcelas no cuentan con las condiciones para realizar una evaluación eficiente.

En cuanto al Coeficiente de variación (CV) es de 2,33 %, este valor indica que las tuberías emisoras de goteo son deficiente a inaceptable como lo indica Rodrigo et al., (1997) en su Tabla 5. A su vez, Chamba (2020), obtiene un CVm de 3,0%, declarando como buenos según la norma ISO 29041 para tuberías emisoras, pero a la vez declara que el método difiere de la forma como se realiza a nivel de laboratorio, y en campo demuestra mejor su comportamiento. A la vez, con el pasar del tiempo las tuberías suelen perder presiones y agua en las entradas y conexiones, o cuando hay rupturas, que no demuestran el correcto funcionamiento.

Chamba (2020) determinó en su estudio que cuanto menor sea el valor de x, la curva que resulta tenderá hacia la horizontal. Un emisor que tuviera una x=0, tendría

como curva una recta horizontal, paralela al eje de abscisas. Su caudal sería constante e independiente de la presión, estas son características comunes de los goteros autocompensantes. Por el contrario, un emisor con  $x=1$ , tendría como curva también una recta que pasaría por el origen y formaría un ángulo de  $45^\circ$  con los ejes cartesianos. Su caudal varía en la misma proporción que la presión, lo que se caracteriza a los goteros no compensante o laminares.

En el estudio se obtuvo un valor de  $x= 0.033$  el mismo que permite decir que, dado que nuestro gotero es de tipo auto compensado  $x$  deberá ser una recta horizontal, porque este trabaja a un caudal constante a lo largo de todo el lateral de riego, independiente de la presión. Sin embargo, Chamba (2020) menciona que los goteros autocompensantes, cuando funcionan por debajo del rango de compensación, trabajan como goteros laminares, es decir, mientras la presión está cerca de cero, desaguan menos caudal y mientras va subiendo la presión van aumentando de caudal, ya cuando llegan al rango de presión estos comienzan a desaguar según lo señalado por el fabricante.

En cuanto al **objetivo específico 3**: Elaborar una propuesta para mejorar la infraestructura, operación y mantenimiento del riego por goteo, luego de un análisis minucioso se determinó que:

Fernández et al. (2010) considera que el diseño agronómico es importante dado que permite determinar la cantidad de agua que requiere el cultivo en las épocas de máxima necesidad, el tiempo de riego entre otros. En el presente estudio se determinó que la lámina de agua aprovechable (LAA) de 40.36 mm valor que Legarda et al. (1999), expresa la lámina de agua que se encuentra dentro de los límites de CC y PMP, mientras que Ojeda et al. (2018), mencionan que no se debe permitir que la lámina de agua aprovechable llegue a PMP ya que esto trae consecuencias negativas para el cultivo en extracción del agua.

La lámina de agua disponible (LDzr) fue de 116 mm/zr, Cadena (2016) considera que el agua disponible o el agua útil para las plantas es el agua comprendida entre la capacidad de campo y el punto de marchitez, los dos situados a diferente profundidad del suelo regado, en consecuencia, nos interesa conocer la reserva de agua que contiene el suelo en la zona radicular del cultivo.

Según Cadena (2016) la planta durante todo el período vegetativo absorbe el agua disponible en el suelo. Cuando el agua está a nivel de la Capacidad de campo, la planta absorbe toda la que necesita con un mínimo esfuerzo y su rendimiento es el máximo, en el estudio realizado se determinó una Reserva de agua disponible de 135 mm.

La frecuencia de riego manejada para el maracuyá según Guerra et al. (2013), puede variar dependiendo del clima de la zona y la textura del suelo, se han manejado ciclos de riego cada 5-8 días, no es conveniente que la frecuencia de riego sea menor debido a que aumenta el riesgo de que el cultivo sufra déficit hídrico por lo tanto para un manejo práctico se ajustó la frecuencia de riego a 5 días. Sin embargo, la FAO (2006) menciona que el cultivo de maracuyá requiere como valores óptimos de 900 a 2000 mm anuales, tolerando valores mínimos de 600 y máximos de 2500 mm, mientras que García (2002) indica un requerimiento de una precipitación de 800-1750 mm al año y una mínima mensual de 80 mm.

El tiempo que debe funcionar el sistema de riego para aplicar las necesidades brutas de riego será de 15 horas, cubriendo de esta forma la demanda hídrica. Cadena (2016), en su estudio menciona que el tiempo de riego es el tiempo en que la lámina total de agua se filtra en el suelo .

Las pérdidas de carga permiten conocer la pérdida que soporta el sistema, en el estudio realizado se determinó que la pérdida de carga en el lateral de riego es de 7.766m valor que como indica Fuentes (2002) debe ser menor a la pérdida de carga máxima admisible en el lateral de riego que es de 30.3 mca, en el ramal del lateral de riego 0.275m valor que cumple con la condición, en la primera sección de la secundaria 1.868m, en la segunda sección de la secundaria 0.669m valores que se encuentran dentro del rango y en la principal  $4.079 \text{ m} \leq 30.3 \text{ m}$  a la pérdida máxima admisible en el lateral.



## 8. Conclusión

El presente estudio llega a las siguientes conclusiones:

- En la parroquia San Antonio de las Aradas, la edad predominante entre los agricultores es de 60 años a más, lo que supondría que hay una baja o cambio generacional del sector agrícola, dado que además los jóvenes del lugar han optado por emigrar a las ciudades.
- El principal uso de suelo lo dedican a la ganadería, seguido de los cultivos de maíz, pastos, café, maracuyá, caña, frejol, entre otros, los principales ingresos provienen de la venta de maíz, café, frejol, maracuyá siendo los más representativos, mismos que son comercializados en sus fincas y mercados locales del cantón.
- El método de riego por aspersión es predominante dentro de la parroquia San Antonio de las Aradas, los agricultores consideran este método como uno de los más sencillos para regar sus cultivos y alcanzar mayores áreas, pero tienen una baja eficiencia en la aplicación.
- El análisis de suelos permitió determinar que el área de estudio posee un suelo arcilloso, con una capacidad media de infiltración, libre de sales, siendo suelos muy profundos, ideales para el buen desarrollo del cultivo.
- El sistema de riego actualmente no cuenta con válvulas que permitan regular las presiones del sistema de riego, lo que ocasiona que los goteros auto compensados se revienten y no funcionen de manera adecuada, ya que superan el rango de presión de trabajo recomendado para su correcto desempeño.
- El diseño técnico y constructivo detallado con las especificaciones de los materiales a utilizar permite comprender el funcionamiento del sistema de riego y facilitar su mantenimiento disminuyendo los gastos en daños.
- Se realizó un rediseño al sistema actual de riego, con miras a mejoras y que se obtengan mejor eficiencia en la aplicación y por ende en rendimientos de los cultivos, encontrando que el costo total para aplicar las mejoras será de 2 052.17 \$USD.

## 9. Recomendaciones

Considerando la importancia que tiene esta investigación y en función de los resultados obtenidos se formularon algunas sugerencias:

- Se recomienda realizar campañas de manejo de riego a los agricultores de la zona, con el fin de efectuar un manejo eficiente de los diferentes métodos de riego utilizados, dado que en algunos se realiza una aplicación excesiva de agua a los cultivos.
- Realizar evaluaciones constantes luego de instalar un sistema de riego para asegurar y ver cómo van evolucionando todos los componentes a lo largo del tiempo.
- Probar diferentes métodos de evaluación del riego en campo, que se adecuen a la forma particular de producir en nuestro medio.
- De acuerdo a la evaluación del sistema de riego es recomendable que se lleve a cabo la propuesta del rediseño agronómico e hidráulico debido a que el sistema presenta varias falencias que ocasionan malestares al propietario.
- Se debe colocar en el sistema componentes de control que permitan medir las variaciones de presión evitando así a tiempo daños, los mismos que pueden derivarse en pérdidas económicas.

## 10. Bibliografía

- Amaya R., J.L. (2009). El cultivo del maracuyá *Passiflora edulis* F. Flavicarpa. Gerencia Agraria La Libertad. Trujillo, Perú. 30 p.
- Andrade, C. (2018). *Evaluación de diferentes tipos de riego en cultivos agrícolas*. [Universidad Laica «Eloy Alfaro» de Manabí]. <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/1019/1/ULEAM-AGRO-0029.pdf>
- Arviza, J. (1989). Evaluación de sistemas de riego localizado. I curso de riego localizado. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- Avidan, A. (1994). *Determinación del regimen de riego de los cultivos* (Vol. 1).
- Bohórquez, J. (2014). *Evaluaciones de Riego Localizado. Procedimiento y Formulario* [Plataforma de asesoramiento y transferencia del conocimiento agrario y pesquero en Andalucía]. SERVIFAPA. <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa/registro-servifapa/9e3f6cfd-009a-4d34-a617-ac23c42a24bb>
- Briceño, M., Álvarez, F., & Barahona, U. (2012). *Manual de riego y drenaje* (1.<sup>a</sup> ed.).
- Cadena, H. (2016). *Hablemos de riego* (2.<sup>a</sup> ed., Vol. 1). Cradores gráficos. [https://www.google.com/search?q=hablemos+de+riego+segunda+edicion&sxsrf=APq-WBu1IMaUvD6r1fjZYMJNFdXk2Vznxg%3A1648093809511&ei=ceo7Yr3IHoeFwbkPydmQuAQ&oq=Hablemos+de+riego+segunda+e&gs\\_lcp=Cgdnd3Mtd2I6EAEYADIFCCEQoAEyBQghEKABMgUIIRCgAToHCCMQsAMQJzoHCAAQRxCwAzoECCMQJzoFCAAQgAQ6CAghEBYQHRAeSgQIQRgASgQIRhgAUK0QWNAAtYL04aAFwAXgAgAHkAogBsCKSAQgwLjYuMTEuMpgBAKABAcgBCcABAQ&scient=gws-wiz](https://www.google.com/search?q=hablemos+de+riego+segunda+edicion&sxsrf=APq-WBu1IMaUvD6r1fjZYMJNFdXk2Vznxg%3A1648093809511&ei=ceo7Yr3IHoeFwbkPydmQuAQ&oq=Hablemos+de+riego+segunda+e&gs_lcp=Cgdnd3Mtd2I6EAEYADIFCCEQoAEyBQghEKABMgUIIRCgAToHCCMQsAMQJzoHCAAQRxCwAzoECCMQJzoFCAAQgAQ6CAghEBYQHRAeSgQIQRgASgQIRhgAUK0QWNAAtYL04aAFwAXgAgAHkAogBsCKSAQgwLjYuMTEuMpgBAKABAcgBCcABAQ&scient=gws-wiz)
- Chacón, D. (2016). *Manejo agronómico de *Passiflora edulis* Sims bajo riego por goteo*. Virú, La libertad.

- Chamba, D. (2020). "Caracterización hidráulica del riego por goteo a partir de ensayos en ramales y unidades para su proyecto y gestión económica". Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Chamba, D., Zubelzu, S., Juana, L. (2019). Determining hydraulic characteristics in laterals and drip irrigation systems. *Agricultural Water Management*. 226(2019), p. 105791. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105791>
- Chamba, D., Zubelzu, S., Juana, L. (2020). "Caracterización hidráulica del riego por goteo en campo". *Ingeniería del agua*, [Universitat Politècnica de València, Fundación para el Fomento de la Ingeniería del Agua e-ISSN: 1886-4996].
- Cisneros, R. (2003). *Apuntes de la materia de Riego y Drenaje*. Universidad autónoma de San Luis Potosí. <http://www.ingenieria.uaslp.mx/Documents/Apuntes/Riego%20y%20Drenaje.pdf>
- Coello, C. (2005) Análisis de métodos de estimación de la conductividad hidráulica saturada en suelos degradados. Tesis, Magister de Ciencias en Manejo y Conservación del Agua y del Suelo. Universidad de Cuenca.
- Cruz, E., Córdova, V., García, E., Bucio, A., & Jaramillo, J. (2015). *Manejo agronómico y caracterización socioeconómica del cacao en Comalcalco, Tabasco*. 17(1), 33-40.
- Durán, A. (2015). *Mejoramiento de la "red de distribución" del sistema de riego de la asociación de trabajadores agrícolas Larcachaca cantón Cayambe* [Trabajo de graduación, previo a la obtención del título de Ingeniera Civil, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/4432/1/T-UCE-0011-165.pdf>
- FAO. (1975). *The state of food and agriculture*. Roma, Italia. <https://www.fao.org/publications/card/es/c/4256aa38-654b-5d0a-8146-7375684a20ca/>
- FAO. (2000). ECOCROP. Version Online [www.ecocrop.fao.org](http://www.ecocrop.fao.org). FAO. Roma, Italia.

- FAO. (2006). *Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos* (1.<sup>a</sup> ed., Vol. 1). Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.  
<https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>
- Fernández, R., Yruela, M., Milla, M., García, J., Ávila, R., Gavilán, P., & Oyonarte, N. (2010). *Manual de riego para agricultores: Módulo 4. Riego localizado*. IRISGRÁFICO (Sevilla).  
[https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160941RIEGO\\_BAJA.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160941RIEGO_BAJA.pdf)
- Ferrero, A. (1991). Effect of compaction simulating cattle trampling on soil physical characteristics in woodland. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/016719879190099J>
- Fuentes, J. (2003). *Técnicas de riego* (4.<sup>a</sup> ed.). Mundi-Prensa Libros.
- Fuentes, L. (2002). *Curso de riego para regantes*. Mundi-Prensa.
- García, M. 2002. Cultivo de Maracuyá amarillo. CENTA Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. El Salvador.
- García, M., & Puppo, L. (2015). Determinación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>) para el diseño de equipos de riego en el Uruguay. *Agrociencia (Uruguay)*, 19(1), 122-130.
- Gómez, J., & Cadena, M. (2017). Validación de las fórmulas de evaporación de referencia (ET<sub>o</sub>) para Colombia. *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM*, 47.
- Guerra, D., Hermann, H., & Rojas, L. (2013). *Rendimiento y calidad de la fruta del maracuyá amarillo (passiflora edulis fo. Flavicarpa o. Deg.) En respuesta a la combinación del riego y la fertilización*.
- Gurovich, L. (1985). *Fundamentos y diseño de sistemas de riego* (2.<sup>a</sup> ed.). IICA.
- Hargreaves, G.H. & Merkle G.P. (2000). *Fundamentos del Riego*. Estados Unidos. Water Resources Publications.

- Haro, J., Fonseca, G., & Zamora, P. (2020). *Caracterización y Tipificación De La Cadena Agroproductiva Del Cultivo De Maracuyá (passiflora edulis L) Pedernales, Manabí, Ecuador. 2020*, 20. <https://doi.org/10.18502/keg.v5i2.6292>
- Jaramillo. D. (2002). Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias. Medellín. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70085/70060838.2002.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- INAMHI. (2023). Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Ecuador. <https://www.inamhi.gob.ec/>
- Jiménez, J. (2014). *Manual de gestión de riego* [Manual]. [https://issuu.com/albertchavez7/docs/manual\\_gestio\\_\\_n\\_de\\_riego\\_print1](https://issuu.com/albertchavez7/docs/manual_gestio__n_de_riego_print1)
- Keller, J. & Karmeli, D. (1974). Trickle Irrigation Design Parameters. Transactions of the ASAE, St. Joseph, 17(4), 678- 684.
- Legarda, L., Puentes, G., & Benavides, H. (1999). Importancia de los parámetros hidrofóbicos del suelo y requerimientos hídricos del cultivo en el diseño de un proyecto de riego. Revista de Ciencias Agrícolas, 16(1 y 2), 98-109.
- Liotta, M. A., Carrión, R. A., Ciancaglini, N., & Olguin Pringles, A. (2015). *Riego por goteo*. PROSAP; INTA.
- Losada, A. (2005). *El riego II. Fundamentos de su hidrología y de su práctica* (1.ª ed.). Ediciones Mundi-Prensa.
- Lozano, W. (2018). *Clima, hidrología y metereologá Para ciencias ambientales e ingeniería* (1.ª ed., Vol. 1). [https://books.google.com.ec/books?id=81B1DwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Meteorolog%C3%ADa+y+clima&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=81B1DwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Meteorolog%C3%ADa+y+clima&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- Maldonado, R. T. (2012). Texto Guía de Riego por Gravedad o Superficie. Loja: Primera Edición

- Martínez J. (2014). *Introducción al riego*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. España.
- Merrian, J.; J. Keller. (1978). *Farm irrigation system evaluation. A guide for management*, Dept. Agric. Irrig, Utah St. Univ. Logan, USA.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2011). *Protocolo de Muestreo, Transporte y Conservación de Muestras de Agua con Fines Múltiples (consumo humano, abrevado animal y riego)*. 1, 11.
- Naranjo, J. (2017). *Determinación del potencial eólico disponible en el sector de río blanco perteneciente al cantón Ambato provincia de Tungurahua* [Trabajo experimental previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, Universidad Técnica de Ambato].  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25554/1/Tesis%20I.%20M.%20378%20-%20Naranjo%20Toapanta%20Juan%20Jos%C3%A9.pdf>
- Noya, M., Mendoza, J. L., & Tapia, M. (2020). Eficiencia del agua en producción de remolacha bajo métodos de riego por capilaridad y goteo. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, 18(21), 65-101.
- Núñez, A. (2015). *Manual del cálculo de Eficiencia para Sistemas de Riego* (Vol. 21). Ministerio de Agricultura y Riego.
- Ojeda, A. Leod, C. Águila, K. Pino M. (2018). Bases para la determinación de las necesidades hídricas del cultivo del calafate in situ, para su adaptación al manejo agronómico. Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- PDOT San Antonio de las Aradas. (2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2015-2019* (p. 194). Gobierno autónomo descentralizado de la parroquia San Antonio de las Aradas.
- Pizarro F. (1996). *Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, microaspersor, exudación*. Bilbao, España. Ediciones Mundi- Pensa. 3ra edición.

- Pizarro R. Flores, V. Sangüesa, C. Martínez A. (2002). Curvas de infiltración. [http://eias.usalca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/manuales/c\\_modulo\\_curva\\_infiltracion.pdf](http://eias.usalca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/manuales/c_modulo_curva_infiltracion.pdf)
- Pizarro, R. Flores, V. Sangüesa, C. Martínez A. (2013). Curva de infiltración. Módulo 3. Sociedad Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos.
- Porta, J., Acevedo, M., & Poch, R. (2019). *Edafología: Uso y protección de suelos* (4.<sup>a</sup> ed.). Mundi-Prensa Libros.
- Rodrigo, J., Hernandez, J. M., Perez, A., & Gonzalez, J. F. (1997). *Riego Localizado* (2.<sup>a</sup> ed.). Mundi-Prensa.
- Salto D. (2011). El agua de riego y su incidencia en la producción agrícola de un terreno en la parroquia Santa Rosa de la ciudad de Ambato. (Tesis de pregrado Ingeniero Civil). Universidad Técnica de Ambato, Tungurahua. Ecuador.
- Samani, Z. 2000. Estimating solar radiation and evapotranspiration using minimum climatological data. *J. Irrig. Drain. Eng.* 126 (4): 265-267.
- Soil Taxonomy. (2014). Claves para la Taxonomía de Suelos. (12<sup>da</sup> ed.) Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-10/Spanish-Keys-to-Soil-Taxonomy.pdf>
- Soluciones Amanco Plastigama Catalogo división Agrícola. (2007). Tubosistemas de PVC y PEBD uso agrícola. Ecuador. Vol 1.
- Tarchitzky, J. (2002). El riego por goteo. Planificación de redes de riego a presión. 27 p.
- Tejeda, A. (2018). *La humedad en la atmósfera Bases físicas, instrumentos y aplicaciones*. (1.<sup>a</sup> ed., Vol. 1). [http://ww.ucol.mx/content/publicacionesenlinea/adjuntos/La-humedad-en-la-atmosfera\\_466.pdf](http://ww.ucol.mx/content/publicacionesenlinea/adjuntos/La-humedad-en-la-atmosfera_466.pdf)
- Toro, M., Arteaga, R., Vázquez, A., & Ibáñez, A. (2015). Modelos para estimar la evapotranspiración de referencia en la zona norte bananera del Urabá Antioqueño (Colombia). *Agrociencia*, 49(8), 821-836.



- Trezza, R. 2008. Estimación de la evapotranspiración de referencia a nivel mensual en Venezuela. *Bioagro*. 2:89-95.
- Valenzuela, T. (1975). *Principios Básicos Del Riego Por Goteo Y Experiencias de Su Aplicación en la República Mexicana*. Bib. Orton IICA / CATIE.
- Valverde, J. (2007). *Riego y Drenaje* (2.<sup>a</sup> ed.). EUNED (Editorial Universidad Estatal Adistancia).
- Vázquez, A., Vásquez, I., Vásquez, C., y Cañamero, M. (2017). *Fundamentos de la Ingeniería Agrícola*. Lima, Perú: Q&P Impresores S.R.L. Obtenido de <http://www.fondoeditorialunalm.com/wp-content/uploads/2020/09/ingenieria-de-riegos.pdf>
- Villafáfila, E., y Wyss, V. (2009). *Riego en Horticultura*. (A. E. -, Ed.) Recuperado el 2019.

## 11. Anexos

### Anexo 1.

Encuesta aplicada en el área de estudio

#### 1. COMPOSICIÓN FAMILIAR

Relación de parentesco	Edad	ESTADO CIVIL					INSTRUCCIÓN			
		Casado	Soltero	Viudo	Divorciado	Unión libre	Primaria	Secundaria	Superior	Posgrado

#### 2. ESTRUCTURA AGRARIA, TENENCIA DE LA TIERRA

Nº DE PARCELA	FORMA DE TENENCIA Y DE ACCESO					
	Propia	Arrendada	Comunitaria	Herencia	Posición	Otra

#### 2.1. USO ACTUAL DEL PREDIO

CONCEPTO	Nº DE PARCELA	Cultivos ciclo corto (ha)	Cultivos perennes (ha)	Pastos (ha)	Bosque (ha)	Descanso (ha)	No aptas	TOTAL
Bajo el Canal								
Fuera del Canal								
<b>TOTAL</b>								

#### 2.2. PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

CULTIVOS	UNIDAD	VALOR	NÚMERO (CICLOS/AÑO)	TOTAL, DE PRODUCCIÓN (qq, u)



#### 4.1. CARACTERISTICAS DEL METODO DE RIEGO UTILIZADO

EN CASO DE SER POR ASPERSIÓN						
Qué tipo de sistema tiene	Móvil		Fijo		Semifijo	
No. de aspersores y especificaciones						
Distancia de los aspersores						

EN CASO DE SER POR MICROASPERSIÓN						
Qué tipo de sistema tiene	Móvil		Fijo		Semifijo	
No. de aspersores y especificaciones						
Distancia de los aspersores						

EN CASO DE SER POR GOTEO						
Qué tipo de sistema tiene	Móvil		Fijo		Semifijo	
No. goteros por cintas de goteó						
Distancia entre goteros (emisores)						

EN CASO DE SER POR GRAVEDAD				
¿Qué forma de riego utiliza?	Surcos		Inundación	Otro
¿Cuántos surcos tiene?				
¿Cuántos surcos se riegan al instante (día)?				
¿Cuántos surcos maneja una persona?				

Método de Riego	FRECUENCIA DE RIEGO					HORARIO DE APLICACIÓN				N° HORAS
	Diario	Sem	Quincenal	Mens	Otro	Mañana	Tarde	Noche	Otro	
Aspersión										
Microaspersión										
Goteo										
Gravedad										

#### Anexo 2.

*Cálculo del número de encuestados N*

#### Datos

**N = 252**

**p<sub>n</sub>** = Proporción de la población con la característica de interés

50 familias que poseen riego

$50 \cdot 100 / 252 = 19.8412 / 100$

**p<sub>n</sub> = 0.1984**

$q_n$  = Proporción de la población sin la característica de interés

202 familias que no poseen riego

$$202 \cdot 100 / 252 = 80.1587 / 100$$

$$q_n = 0.8016$$

$$d = 0.05$$

$$Z_{\alpha/2} = 0.95$$

$$n = \frac{(252 * 0.95 * 0.1984 * 0.8016)}{(252 * 0.05^2) + (0.95 * 0.1984 * 0.8016)}$$

$$n = \frac{38.07356}{0.63 + 0.15108}$$

$$n = \frac{38.07356}{0.78108}$$

$$n = 48.7444 = 49$$

### Anexo 3.


Valores de radiación extraterrestre en mm/día

Tabla de Radiación solar extraterrestre en mm/día (Allen et al., 1998) (Original en MJ-m<sup>2</sup>-día<sup>-1</sup>; 1 mm/día = 2,45 MJ-m<sup>2</sup>-día<sup>-1</sup>)

Latitud	HEMISFERIO NORTE												HEMISFERIO SUR											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
70	0.0	1.1	4.2	9.4	14.4	17.3	16.1	11.4	6.1	2.0	0.0	0.0	16.9	11.7	6.4	2.0	0.1	0.0	0.0	0.9	4.4	9.6	15.2	18.5
68	0.0	1.5	4.8	9.8	14.4	17.1	15.9	11.7	6.6	2.4	0.3	0.0	16.7	12.0	6.9	2.4	0.3	0.0	0.0	1.3	4.9	10.0	15.3	18.2
66	0.2	2.0	5.3	10.1	14.5	16.9	15.8	12.0	7.1	2.9	0.6	0.0	16.7	12.2	7.4	2.9	0.6	0.0	0.2	1.7	5.3	10.4	15.3	18.0
64	0.6	2.4	5.8	10.5	14.7	16.8	15.8	12.2	7.5	3.5	1.0	0.2	16.7	12.6	7.9	3.4	1.0	0.2	0.5	2.2	5.9	10.7	15.5	17.9
62	0.9	2.9	6.3	10.9	14.8	16.8	15.9	12.5	8.0	4.0	1.4	0.5	16.8	12.9	8.3	3.9	1.4	0.5	0.8	2.6	6.3	11.1	15.6	17.9
60	1.3	3.4	6.8	11.2	14.9	16.8	16.0	12.8	8.4	4.4	1.8	0.9	16.9	13.2	8.8	4.4	1.8	0.8	1.2	3.1	6.8	11.5	15.8	17.9
58	1.8	3.9	7.2	11.6	15.1	16.9	16.1	13.1	8.9	4.9	2.2	1.3	17.0	13.5	9.2	4.9	2.2	1.2	1.6	3.6	7.3	11.8	16.0	18.0
56	2.2	4.4	7.7	11.9	15.3	16.9	16.2	13.3	9.3	5.4	2.7	1.7	17.1	13.8	9.6	5.4	2.7	1.6	2.0	4.0	7.8	12.2	16.1	18.0
54	2.7	4.9	8.2	12.2	15.4	16.9	16.2	13.6	9.7	5.9	3.2	2.1	17.2	14.0	10.0	5.9	3.1	2.0	2.4	4.5	8.2	12.5	16.3	18.1
52	3.1	5.4	8.6	12.6	15.6	17.0	16.4	13.8	10.1	6.4	3.7	2.6	17.3	14.3	10.4	6.4	3.6	2.4	2.9	5.0	8.7	12.8	16.4	18.1
50	3.6	5.9	9.1	12.9	15.7	17.0	16.4	14.0	10.5	6.9	4.2	3.1	17.4	14.5	10.9	6.8	4.1	2.9	3.3	5.5	9.1	13.1	16.6	18.2
48	4.1	6.4	9.5	13.1	15.8	17.1	16.5	14.2	10.9	7.4	4.7	3.6	17.5	14.8	11.2	7.3	4.5	3.3	3.8	6.0	9.5	13.4	16.7	18.2
46	4.6	6.9	9.9	13.4	16.0	17.1	16.6	14.4	11.2	7.8	5.1	4.0	17.6	15.0	11.6	7.8	5.0	3.8	4.2	6.4	9.9	13.7	16.8	18.2
44	5.1	7.3	10.3	13.7	16.0	17.1	16.6	14.7	11.6	8.3	5.7	4.5	17.6	15.2	12.0	8.2	5.5	4.3	4.7	6.9	10.3	13.9	16.9	18.2
42	5.6	7.8	10.7	13.9	16.1	17.1	16.7	14.8	11.9	8.7	6.2	5.1	17.7	15.4	12.3	8.7	6.0	4.7	5.2	7.3	10.7	14.2	17.0	18.2
40	6.1	8.3	11.1	14.2	16.2	17.1	16.7	15.0	12.2	9.2	6.7	5.6	17.7	15.6	12.6	9.1	6.4	5.2	5.7	7.8	11.1	14.4	17.1	18.2
38	6.6	8.8	11.5	14.4	16.3	17.1	16.7	15.1	12.5	9.6	7.1	6.0	17.7	15.7	12.9	9.5	6.9	5.7	6.2	8.2	11.4	14.6	17.1	18.2
36	7.1	9.2	11.8	14.6	16.3	17.0	16.7	15.3	12.9	10.0	7.6	6.6	17.7	15.9	13.2	9.9	7.4	6.2	6.6	8.7	11.8	14.8	17.1	18.1
34	7.6	9.7	12.2	14.7	16.3	17.0	16.7	15.3	13.1	10.4	8.1	7.1	17.7	16.0	13.5	10.3	7.8	6.6	7.1	9.1	12.1	15.0	17.1	18.1
32	8.1	10.1	12.5	14.5	16.3	16.9	16.6	15.5	13.4	10.9	8.6	7.6	17.7	16.1	13.8	10.7	8.3	7.1	7.6	9.5	12.4	15.1	17.1	18.0
30	8.6	10.5	12.8	15.0	16.3	16.8	16.6	15.5	13.6	11.3	9.1	8.1	17.6	16.2	14.0	11.1	8.7	7.6	8.0	9.9	12.7	15.3	17.1	17.9
28	9.1	10.9	13.1	15.1	16.3	16.7	16.5	15.6	13.8	11.6	9.5	8.6	17.6	16.2	14.2	11.5	9.2	8.0	8.4	10.3	13.0	15.4	17.1	17.8
26	9.6	11.3	13.4	15.3	16.3	16.6	16.4	15.6	14.1	12.0	10.0	9.1	17.5	16.3	14.4	11.8	9.6	8.5	8.9	10.7	13.3	15.5	17.1	17.7
24	10.0	11.8	13.7	15.3	16.2	16.4	16.3	15.6	14.2	12.3	10.4	9.5	17.3	16.3	14.6	12.2	10.0	8.9	9.3	11.1	13.5	15.6	17.0	17.6
22	10.5	12.1	13.9	15.4	16.1	16.3	16.2	15.7	14.4	12.7	10.9	10.0	17.2	16.4	14.8	12.5	10.4	9.4	9.8	11.5	13.8	15.7	16.9	17.4
20	10.9	12.5	14.2	15.5	16.0	16.1	16.0	15.6	14.6	13.0	11.3	10.4	17.1	16.3	14.9	12.8	10.9	9.8	10.2	11.8	14.0	15.8	16.8	17.2
18	11.4	12.9	14.4	15.5	15.9	16.0	15.9	15.6	14.7	13.3	11.7	10.9	16.9	16.3	15.1	13.1	11.2	10.2	10.6	12.2	14.2	15.8	16.7	17.0
16	11.8	13.2	14.6	15.6	15.8	15.8	15.7	15.6	14.9	13.6	12.1	11.4	16.8	16.3	15.2	13.4	11.6	10.7	11.0	12.5	14.4	15.8	16.6	16.8
14	12.2	13.5	14.7	15.6	15.7	15.6	15.6	15.5	15.0	13.8	12.5	11.8	16.6	16.2	15.3	13.6	12.0	11.1	11.4	12.8	14.5	15.8	16.4	16.6
12	12.6	13.8	14.9	15.5	15.5	15.3	15.3	15.4	15.1	14.1	12.9	12.2	16.4	16.2	15.4	13.9	12.3	11.5	11.8	13.1	14.7	15.8	16.2	16.3
10	13.0	14.1	15.1	15.5	15.3	15.1	15.1	15.3	15.1	14.3	13.2	12.7	16.1	16.0	15.4	14.1	12.7	11.9	12.2	13.4	14.8	15.7	16.0	16.1
8	13.4	14.4	15.2	15.4	15.1	14.8	14.9	15.2	15.2	14.5	13.6	13.1	15.9	15.9	15.5	14.3	13.0	12.2	12.5	13.6	14.9	15.7	15.8	15.8
6	13.8	14.6	15.3	15.3	14.9	14.6	14.7	15.1	15.2	14.7	13.9	13.4	15.6	15.8	15.5	14.5	13.3	12.6	12.9	13.9	15.0	15.6	15.6	15.5
4	14.1	14.9	15.3	15.3	14.7	14.3	14.4	14.9	15.2	14.9	14.2	13.8	15.3	15.6	15.5	14.7	13.6	13.0	13.2	14.1	15.1	15.5	15.3	15.2
2	14.4	15.1	15.4	15.1	14.4	14.0	14.1	14.7	15.2	15.1	14.5	14.2	15.1	15.5	15.5	14.9	13.9	13.3	13.5	14.4	15.1	15.4	15.1	14.9
0	14.8	15.3	15.5	15.0	14.2	13.6	13.8	14.6	15.2	15.3	14.8	14.5	14.8	15.3	15.5	15.0	14.2	13.6	13.8	14.6	15.2	15.3	14.8	14.5

Anexo 4.

Resultados de análisis de suelos



## Laboratorio de Suelos Jaramillo

*"Resultados confiables con soluciones inmediatas"*

**ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS, FOLIARES Y FERTILIZANTES ORGÁNICOS E INORGÁNICOS**

---

### ANÁLISIS FÍSICO DE SUELO AGRICOLA

#### INFORME DE RESULTADOS 02324

DATOS DEL CLIENTE			
Nombre:	Fernanda Lizbeth Castillo		
Dirección:	Daniel Álvarez		
C.I./RUC:	1106037771		
Telf:	0986670041		


  

NUMERO DE ANÁLISIS	002324		
DATOS DE LA MUESTRA			
Nº de Muestra	A1,B3,C2, FC.	Fecha del Muestreo	24/06/2022
Tipo de Cultivo	Maracuyá	Fecha de Ingreso:	25/06/2022
Encargado del Muestreo	Solicitante	Fecha del Análisis:	26/06/2022
Sector/Cantón/Provincia	Turubo/ Quilanga/ Loja	Fecha de entrega:	13/07/2022
Nombre de la Propiedad	Terreno de Cesar Cano	Factura N°:	001 – 001 – 608

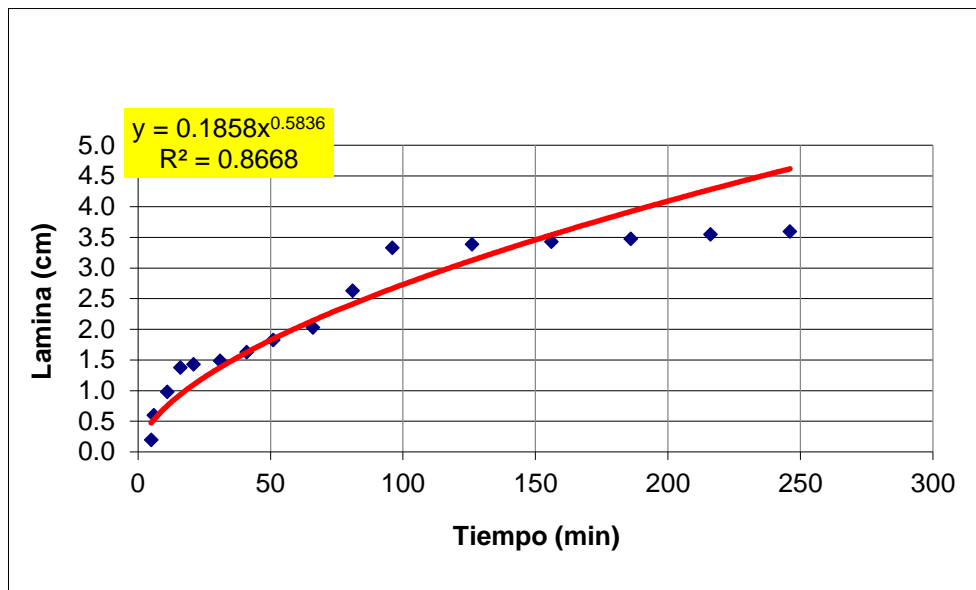
PARAMETROS FISICOS DEL SUELO				
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO	
<b>pH</b>	Potencial Hidrógeno	U. pH	4.8	Electrometría
<b>da</b>	Densidad Aparente	g/cm <sup>3</sup>	1.26	Cilindro de Kopecky
<b>P</b>	Porosidad	%	51.80	Cálculo
<b>K</b>	Permeabilidad	cm/h	0.039	Cabeza Variable
<b>CC</b>	Capacidad de Campo	%	25.19	Gravimétrico
<b>PMP</b>	Punto de Marchitez Permanente	%	13.64	Gravimétrico
<b>AU</b>	Agua Útil	mm	11.55	Gravimétrico
<b>Gs</b>	Grado de Saturación	%	83.05	Cálculo
<b>TEXTURA</b>		% Arcilla = 43 % Limo = 35 % Arena = 22	Arcillosa	Bouyocos

<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Los resultados de este informe, corresponden únicamente a las muestras sometidas al ensayo.</p> <p>El laboratorio no cuenta con acreditación del SAE.</p>	 <p><b>Laboratorio de Suelos Jaramillo</b>  <b>RUC. 1105327785001</b>                  Dir. 3 de Noviembre e Isidro Ayora                  Fecha <b>ENTREGADO 13 JUL 2022</b></p> <p><i>[Firma]</i>  <b>FIRMA RESPONSABLE</b>                  Catamayo - Loja</p>
--	---

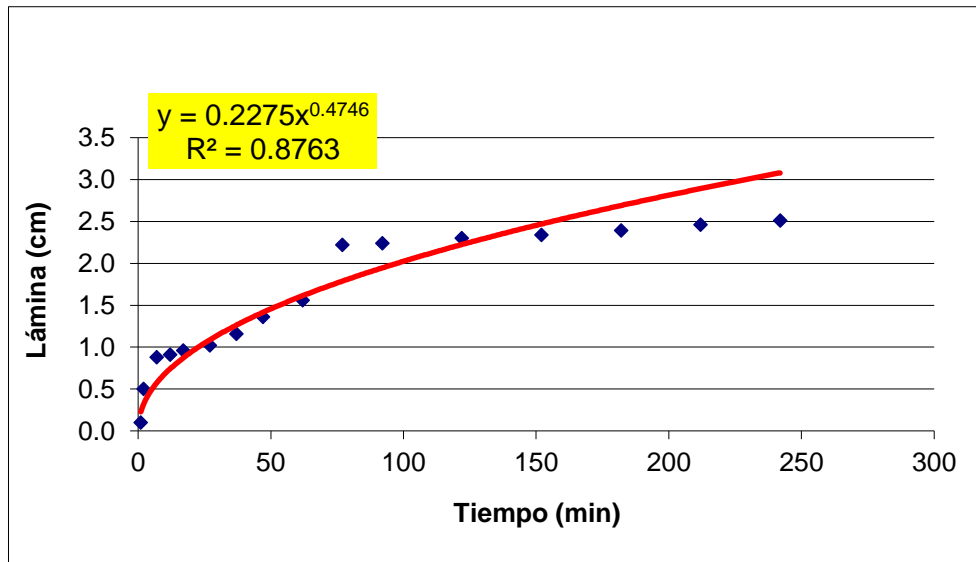
**Anexo 5.**

*Infiltración acumulada sitio 1*



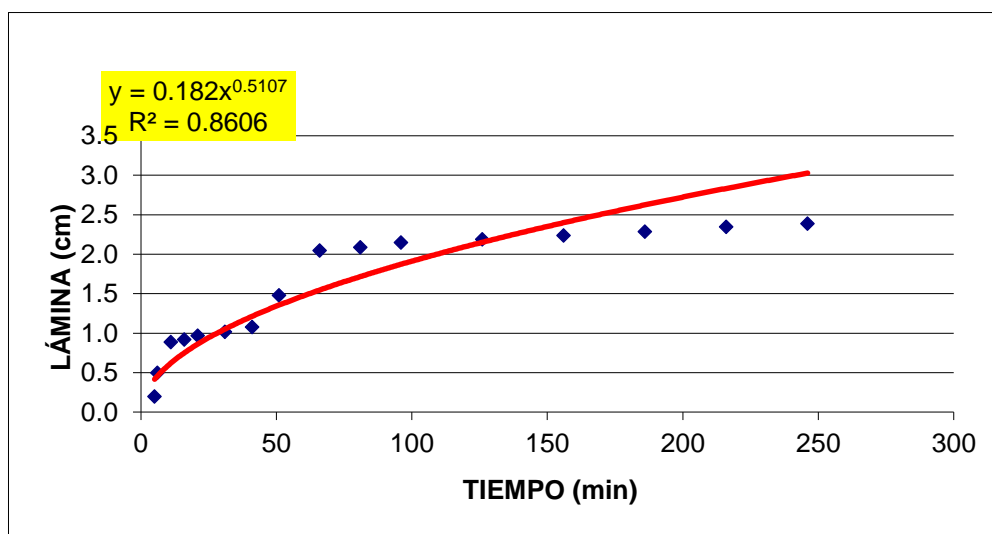
**Anexo 6.**

*Infiltración acumulada sitio 2*



## Anexo 7.

*Infiltración acumulada sitio 3*



## Anexo 8.

*Datos de la prueba de infiltración 1*

Ubicación: Tuburo			Observador: Fernanda Castillo		
Textura: Franco Arcilloso			No de prueba: 001		
Número	Tiempo (min)	T. Acum (min)	Lami. Infiltr (cm)	lami. Inf. Acum (cm)	V. Inf. Insta(cm/min)
1	1	1	0.2	0.2	0.06
2	1	2	0.4	0.6	0.05
3	5	7	0.38	1.0	0.04
4	5	12	0.4	1.4	0.03
5	5	17	0.05	1.4	0.03
6	10	27	0.06	1.5	0.03
7	10	37	0.14	1.6	0.02
8	10	47	0.2	1.8	0.02
9	15	62	0.2	2.0	0.02
10	15	77	0.6	2.6	0.02
11	15	92	0.7	3.3	0.02
12	30	122	0.06	3.4	0.01
13	30	152	0.04	3.4	0.01
14	30	182	0.05	3.5	0.01
15	30	212	0.07	3.6	0.01
16	30	242	0.05	3.6	0.01

## Anexo 9.

*Datos de la prueba de infiltración 2*

Ubicación: Tuburo	Observador: Fernanda Castillo
-------------------	-------------------------------



Textura: Franco Arcilloso

No de prueba: 002

Número	Tiempo (min)	T. Acum (min)	Lami. Infiltr (cm)	lami. Inf. Acum (cm)	V. Inf. Insta (cm/min)
1	1	1	0.1	0.1	0.11
2	1	2	0.4	0.5	0.08
3	5	7	0.38	0.9	0.04
4	5	12	0.03	0.9	0.03
5	5	17	0.05	1.0	0.02
6	10	27	0.06	1.0	0.02
7	10	37	0.14	1.2	0.02
8	10	47	0.2	1.4	0.01
9	15	62	0.2	1.6	0.01
10	15	77	0.66	2.2	0.01
11	15	92	0.02	2.2	0.01
12	30	122	0.06	2.3	0.01
13	30	152	0.04	2.3	0.01
14	30	182	0.05	2.4	0.01
15	30	212	0.07	2.5	0.01
16	30	242	0.05	2.5	0.01

### Anexo 10.

#### Datos de la prueba de infiltración 3

Ubicación: Tuburo

Observador: Fernanda Castillo



Textura: Franco Arcilloso

No de prueba: 002

Número	Tiempo (min)	T. Acum (min)	Lami. Infiltr (cm)	lami. Inf. Acum (cm)	V. Inf. Insta (cm/min)
1	1	1	0.2	0.2	0.04
2	1	2	0.3	0.5	0.04
3	5	7	0.39	0.9	0.03
4	5	12	0.03	0.9	0.02
5	5	17	0.05	1.0	0.02
6	10	27	0.05	1.0	0.02
7	10	37	0.06	1.1	0.02
8	10	47	0.4	1.5	0.01
9	15	62	0.57	2.1	0.01
10	15	77	0.04	2.1	0.01
11	15	92	0.06	2.2	0.01
12	30	122	0.04	2.2	0.01
13	30	152	0.05	2.2	0.01
14	30	182	0.05	2.3	0.01
15	30	212	0.06	2.4	0.01
16	30	242	0.04	2.4	0.01

## Anexo 11.

### Resultados de análisis de agua

		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO MATRIZ PARA ENTREGA DE RESULTADOS</b>						
<b>Código de ingreso</b>	LAQ – A0012	<b>Fecha de ingreso</b>	08.08.2022	<b>Tipo de muestra</b>	Agua	<b>Número Total de muestras</b>	1	
<b>Lugar de procedencia de la muestra</b>		San Antonio de las Aradas, cantón Quilanga			<b>Tipo de muestreo</b>	Se desconoce		
<b>Nombre del usuario</b>	Fernanda Lisbeth Castillo Cevallos				<b>CI</b>			
<b>Programa/proyecto</b>	Caracterización de los métodos de riego y evaluación de una unidad de riego por goteo en el cultivo de Maracuyá ( <i>Passiflora edulis</i> L.) en la parroquia San Antonio de las Aradas, cantón Quilanga, provincia de Loja							
<b>Técnico Responsable del Análisis</b>	Ing. Yajaira Gabriela Arévalo Capa Mg. Sc.				<b>Fecha de entrega</b>	11.08.2022		

Nro.	ANÁLISIS	UNIDAD	RESULTADO
1	pH	-	7,19
2	Conductividad eléctrica	ms	0,04
3	Sustancias sólidas en suspensión	mg/l	689
4	Calcio	mg/l	> 160
5	Magnesio	mg/l	11,3
6	Sodio	mg/l	11
7	Boro	mg/l	0,1
8	Potasio	mg/l	9
9	Sulfatos	mg/l	< 5
10	Nitratos	mg/l	1,5
11	Nitritos	mg/l	0,03
12	Carbonatos	mg/l	0
13	Fosfatos	mg/l	0,9
14	RAS	-	1,18
15	Coliformes totales	UFC	42



YAJAIRA  
GABRIELA  
ARÉVALO CAPA

Ing. Yajaira Gabriela Arévalo Capa Mg. Sc.  
Técnica de Laboratorio de Análisis Químico UNL



MARIA JOSE  
VALAREZO

Ing. María José Valarezo Ulloa, PhD  
Responsable Laboratorio de Análisis Químico UNL

## Anexo 12.

### Cálculos de la Evaluación de los componentes del sistema

#### Cálculos

### Cuartil menor

$$m_{\frac{1}{4}} = \frac{A + B + C + D}{4}$$
$$m_{\frac{1}{4}} = \frac{73 + 82 + 90 + 89}{4} = \frac{332}{4} = 83.5$$

### Coefficiente de uniformidad

$$CU = \frac{m_{\frac{1}{4}}}{m} = \frac{83.5}{91} * 100 = 91.75\%$$

$$\text{Caudal medido del gotero (l/h)} = \frac{m}{t} * 0,06 = \frac{91}{2,15} * 0,06 = 2.5395 \text{ l/h}$$

### Coefficiente de variación de fabricación

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^n (q_i - q_m)^2}{n - 1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^n (2.3 - 2.5395)^2}{16 - 1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{0.0573}{15}}$$

$$\sigma = 0.0592$$

$$CV = \frac{\sigma}{q_m}$$

$$CV = \frac{0.0592}{2.5395}$$

$$CV = 0.0233 * 100 = 2.33\%$$

### Curva Caudal-Presión

$$\log q = \log K_d + x \log h$$

$$\log K_d + x \log h = \log q$$

$$x \log h = \log q - \log K_d$$

$$x = \frac{\log 2.5395 - \log 2.3}{\log 20} = 0.0330$$

### Caudal del gotero

$$91ml = \frac{1l}{1000ml} = 0.091 l$$

$$2.15 \text{ min} = \frac{1h}{60 \text{ min}} = 0.0358 \text{ l/h}$$

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

$$Q = \frac{0.091l}{0.0358 h} = 2.54 \frac{l}{h} = 0.000706 \frac{l}{s}$$

### Caudales en las tuberías del sistema de riego:

- **Longitud del lateral**

$$L = ne * de$$

$$L = 120 * 0.50m = 60m$$

- **Caudal de los laterales**

$$Ql = Qa * Ngl$$

$$Ql = 2.54 \text{ l/h} * 120 = 304.8 \text{ l/h} = 0.0846 \text{ l/s}$$

- **Caudal de los laterales del bloque de riego**

$$Ql = Ql * Nl$$

$$Ql = 0.0846 \text{ l/s} * 9 = 0.7614 \text{ l/s}$$

### Anexo 13.

Cálculos del rediseño Agronómico

#### Cultivo: Maracuyá

DATOS DEL CLIMA		DATOS DE LA PARCELA	
Eto (mm/día):	5.2	Área bruta <b>A</b> (ha):	1.23
n/N		Área neta bajo riego <b>Sr (ha)</b>	0.47
Humedad Relativa mínima	78	Espaciamiento entre plantas <b>dp</b> (m)	0,50
HR media (%):		Espaciamiento entre hileras <b>dh</b> (m)	2,0
Precipitación efectiva (mm)	0.0	Pendiente (%):	18
Velocidad del viento m/s	1.6		

<b>DATOS DEL CULTIVO</b>	
Nombre:	Maracuyá
Fase:	Desarrollo
Kc	0.75
% área bajo riego Par de:	30
a:	70
Profundidad radicular efectiva <b>Zr</b> (m)	0,80
Máximo % de agua aprovechable <b>Pa</b>	0,35

<b>DATOS DE LA FUENTE DE AGUA</b>	
Caudal (m <sup>3</sup> /h) <b>Qs</b>	162m <sup>3</sup> /h
Disponibilidad:	s/limitación

**Sistema: Goteo**

<b>SISTEMA DE RIEGO</b>	
Método	Goteo
Eficiencia (%) <b>Ef</b>	90
Modelo del emisor:	Katif negro gotero autocompensable
Presión de operación (atm):	2
Caudal del emisor <b>q</b> (l/h)	2,3
Angulo de cobertura $\alpha$ (°):	360
Espaciamiento entre emisores <b>de</b> (m):	0,50
Espaciamiento entre laterales <b>dl</b> (m):	2,0
Número de emisores por planta <b>Nep</b> :	1
Máximas horas de operación-por día <b>Hm</b> (h)	20
Días de paro/ciclo	2

<b>DATOS DEL SUELO</b>	
Textura:	Ac
HCC (%w):	25.19
HPm (%w):	13.64
Densidad o Peso específico aparente (gr/cm <sup>3</sup> )	1.26
Velocidad de infiltración básica <b>Ib</b> (mm/h)	4.38
Profundidad efectiva (m)	1

- **Necesidades de agua de los cultivos NAC**

**Evapotranspiración Etc mm/día**

Fórmula 1.1.

$$ETc = ET_0 * Kc$$

$$ETc = \left(5.2 \frac{mm}{día}\right) * 0.75 = 3.9 mm/día$$

- **Necesidades netas de riego**

Fórmula 1.2.

$$N_n = Etc = 3.9 \text{ mm/día}$$

- **Necesidades totales, mm/día**

Fórmula 1.3.

$$N_t = \frac{N_n}{Ea}$$

$$N_t = \frac{3.9 \text{ mm/día}}{0.90} = 4.33 \text{ mm/día}$$

- **Agua disponible en el suelo**

**Lámina de agua disponible a la profundidad radicular efectiva del cultivo - LDzr (Reserva de agua disponible RAD)**

Fórmula 1

$$LDZR = (CC - PMP) * Da * \text{Profundidad de las raíces} * 10$$

$$LDzr = (25,19 - 13,64) * 1,26 * 0,80 * 10 = 116 \text{ mm}$$

**Volumen de agua disponible a la profundidad radicular efectiva - VDzr**

Fórmula 2

$$VDzr \left( \frac{m^3}{ha} \right) = LDzr * 10$$

$$VDzr = 116 \text{ mm} * 10 = 1160 \text{ m}^3/ha/zr$$

- **Lámina de agua aprovechable a la profundidad radicular efectiva - LAzr**

Fórmula 3

$$LAzr \left( \frac{mm}{zr} \right) = \frac{LDzr \left( \frac{mm}{zr} \right) * Pa(\%)}{100}$$

$$LAzr \left( \frac{mm}{zr} \right) = \frac{116 \text{ mm} * 35\%}{100} = 40.36 \text{ mm}$$

- **Diámetro humedecido por gotero – d**

Fórmula 4

$$dh = \left( \frac{qe\left(\frac{l}{h}\right)}{0.785 * Ib\left(\frac{mm}{h}\right)} \right)^{1/2} \quad dh = \left( \frac{2,3\left(\frac{l}{h}\right)}{0.785 * 4,38\left(\frac{mm}{h}\right)} \right)^{1/2} = 0,8178 \text{ m} = 0,82 \text{ m}$$

- **Porcentaje del área bajo riego – Par**

Fórmula 5

$$Par(\%) = \frac{100 * 0.785 * d^2(m^2)}{de(m) * dl(m)} * \frac{\alpha}{360^\circ}$$

$$Par(\%) = \frac{100 * 0.785 * (0.82m)^2}{0,50m * 2 \text{ m}} * \frac{360^\circ}{360^\circ} = 52.78\%$$

- **Comparación entre el porcentaje calculado del área bajo riego, Par, con los porcentajes del área de máximo y mínimo – MxAR, MiAR**

Fórmula 6

$$Par (\%) \leq MxAR$$

$$52.78\% \leq 70 \% \quad \rightarrow \quad \text{ACEPTADO}$$

$$Par (\%) \geq MiAR$$

$$52.78\% \geq 30\% \quad \rightarrow \quad \text{ACEPTADO}$$

- **Precipitación horaria del sistema de riego Phr**

Fórmula 7

$$Phr\left(\frac{mm}{h}\right) = \frac{qe\left(\frac{l}{h}\right) * 100}{de(m) * dl(m) * Par(\%)}$$

$$Phr \left( \frac{mm}{h} \right) = \frac{2,3 \frac{l}{h} * 100}{0,50m * 2m * 52.78\%} = 4.36mm/h$$

- **Comparación de la precipitación del sistema de riego con la velocidad de infiltración del suelo**

Fórmula 8

$$Phr (mm/h) \leq Ib(mm/h)$$

$$4.36mm/h \leq 4,38mm/h \quad \rightarrow \quad \text{ACEPTADO}$$

- **Intervalo de riego Ir**

Fórmula 9

$$Ir = \frac{LAzr(mm) * Par(\%)}{Etc \left( \frac{mm}{día} \right) * 100}$$

$$Ir = \frac{40.36mm * 52.78\%}{3.9 \left( \frac{mm}{día} \right) * 100} = 5.46días$$

- **Intervalo de riego ajustado Ir(aj)**

Fórmula 10

$$Ir (aj) (días) = INTEGRO (Ir (días))$$

$$Ir (aj) = 5 días$$

- **Ciclo de riego CR, días**

Fórmula 11

$$FCR (días) = Ir(aj)(días) - dp(días)$$

$$CR (días) = 5 días - 2 días = 3 días$$

- **Lamina de riego ajustada LR (aj)**

Fórmula 12

$$LR(aj) = \frac{Ir(aj)(días) * Etc \left( \frac{mm}{día} \right) * 100}{Par(\%)}$$

$$LR(aj) = \frac{3 días * 3.9 \frac{mm}{día} * 100}{52.78\%} = 22.17mm$$



- **Comparación de la lámina ajustada con la lámina disponible**

Fórmula 13

$$LR (aj) (mm) \leq LAzr(mm)$$

$$22.17 \text{ mm} \leq 40.36 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \text{ACEPTADO}$$

- **Porcentaje de agua aprovechada, ajustada Pa (aj)**

Fórmula 14

$$Pa(aj)(\%) = \frac{LR(aj)(mm) * 100}{LDzr\left(\frac{mm}{zr}\right)}$$

$$Pa(aj)(\%) = \frac{22.17 \text{ mm} * 100}{116mm} = 19.11\%$$

- **Comparación del porcentaje de agua aprovechado con el máximo porcentaje de agua aprovechable**

Fórmula 15

$$Pa(aj) (\%) \leq Pa(\%)$$

$$19.11 \% \leq 35 \% \quad \rightarrow \quad \text{ACEPTADO}$$

- **Lamina bruta LB**

Fórmula 16

$$LB(mm) = \frac{LR(aj)(mm) * 100}{Ef(\%)}$$

$$LB(mm) = \frac{22.17mm*100}{90\%} = 22.63mm$$

- **Dosis de riego total Dt- Dosis de riego bruta Db**

Fórmula 17

$$DT\left(\frac{m^3}{ha}\right) = \frac{LB(mm) * Par(\%)}{10}$$

$$DT\left(\frac{m^3}{ha}\right) = \frac{22.63 \text{ mm} * 52.78\%}{10} = 119.44 \text{ m}^3/ha$$

- **Horas de riego por turno Ht**

Fórmula 18

$$Ht \left( \frac{h}{turno} \right) = \frac{LB(mm)}{Phr \left( \frac{mm}{h} \right)}$$

$$Ht \left( \frac{h}{turno} \right) = \frac{22.63 \text{ mm}}{4.36 \frac{mm}{h}} = 5.19 \text{ h/turno}$$

- **Máximo número de turnos de riego diarios Td**

Fórmula 19

$$Td \left( \frac{turnos}{día} \right) = INTEGRO \left[ \frac{Hm(h/día)}{Ht(h/turno)} \right]$$

$$Td \left( \frac{turnos}{día} \right) = INTEGRO \left[ \frac{20h/día}{5.19h/turno} \right] = 3.85 = 3 \text{ turno/día}$$

- **Horas de riego por día Hd**

Fórmula 20

$$Hd(h/día) = Td(turnos/día) \times Ht(h/turno)$$

$$Hd(h/día) = 3 \text{ turnos/día} \times 5.19 \text{ h/turno} = 15.57 \text{ h/turno}$$

- **Horas de riego por ciclo Hc**

Fórmula 21

$$Hc(h/ciclo) = CR \text{ (días/ciclo)} \times Hd(h/día)$$

$$Hc(h/ciclo) = 3 \text{ días/ciclo} \times 15.57 \text{ h/día}$$

$$Hc(h/ciclo) = 46.71 \text{ h/ciclo}$$

- **Numero de turnos por ciclo Tc**

Fórmula 12

$$Tc(turnos/ciclo) = CR \text{ (días/ciclo)} \times Td(turno/día)$$

$$Tc(turnos/ciclo) = 3 \text{ días/ciclo} \times 3 \text{ turno/día}$$

$$Tc(turnos/ciclo) = 9 \text{ turnos/ciclo}$$

- **Superficie bajo riego por turno St**

Fórmula 23

$$St \left( \frac{ha}{turno} \right) = \frac{Sr \left( \frac{ha}{ciclo} \right)}{Tc \left( \frac{turnos}{ciclo} \right)}$$

$$St \left( \frac{ha}{turno} \right) = \frac{0.47 \frac{ha}{ciclo}}{9 \frac{turnos}{ciclo}} = 0.052 ha/turno$$

- **Dosis de riego total por turno Dtt**

Fórmula 24

$$DTt(m^3/turno) = St(ha/turno) \times DT (m^3/ha)$$

$$DTt(m^3/turno) = 0.047 ha/turno * 119.44 m^3/ha$$

$$DTt(m^3/turno) = 5.61368 = 5.614 m^3/turno$$

- **Caudal requerido**

Fórmula 25

$$Qr \left( \frac{m^3}{h} \right) = \frac{DTt \left( \frac{m^3}{turno} \right)}{Ht \left( \frac{h}{turno} \right)}$$

$$Qr \left( \frac{m^3}{h} \right) = \frac{5.614 \frac{m^3}{turno}}{5.19 \frac{h}{turno}} = 1.0816 \frac{m^3}{h} = 0.3005 l/s$$

- **Comparación con la descarga disponible en el sistema de riego Qs**

Fórmula 26

$$Qr (m^3/h) \leq Qs (m^3/h)$$

$$0.3005 m^3/h \leq 162 m^3/h \quad \rightarrow \quad \text{ACEPTADO}$$

- **Numero de emisores por turno Emt**

Fórmula 27

$$Emt \left( \frac{e}{turno} \right) = \frac{Qr \left( \frac{m^3}{h} \right) \times 1000}{qe \left( \frac{l}{h} \right)}$$

$$Emt \left( \frac{e}{turno} \right) = \frac{1.0816 \frac{m^3}{h} \times 1000}{2.3 \frac{l}{h}} = 470.26 e/turno$$

- **Volumen total por ciclo de riego Vtc**

Fórmula 28

$$VTc (m^3/h) = DTt (m^3/h) \times Tc (turnos/ciclo)$$

$$VTc (m^3/h) = 5.614 m^3/h * 9 turnos/ciclo$$

$$VTc \text{ (m}^3\text{/h)} = 50.526 \text{ m}^3\text{/ciclo}$$

- **Caudal específico Qe**

Fórmula 29

$$Q_e \left( \frac{\text{m}^3}{\text{ha}} / \text{h} \right) = \frac{Q_r(\text{m}^3/\text{h})}{A(\text{ha})}$$

$$Q_e \left( \frac{\text{m}^3}{\text{ha}} / \text{h} \right) = \frac{0.3005 \text{ m}^3/\text{h}}{1.23 \text{ ha}} = 0.244 \text{ m}^3/\text{ha} / \text{h} = 1/\text{s}/\text{ha}$$

**Anexo 14.**

*Cálculos del rediseño hidráulico*

<b>Datos del sistema de riego</b>	
Numero de goteros	120
Caudal del gotero (fabricante)	2.3 l/h
Longitud del lateral	70 m
Número de bloques	9
Presión media de los goteros	20mca
Separación de los goteros	0.50
Distancia del primer gotero al origen	0.50
Exponente de descarga del gotero	0.1386

**Cálculo del caudal en las tuberías del sistema de riego:**

- **Número de emisores**

$$L = ne * de$$

$$ne = \frac{L}{de} = \frac{70\text{m}}{0.50\text{m}} = 140$$

- **Caudal requerido para un lateral**

$$Ql = Qa * Ngl$$

$$Ql = 2.3 \text{ l/h} * 140 = 322 \text{ l/h} = 0.0894 \text{ l/s}$$

- **Caudal requerido para la primera sección de los laterales**

$$Ql = Qa * Nl$$

$$Qls_1 = 0.0894 \text{ l/s} * 9 = 0.8046 \text{ l/s}$$

- **Caudal requerido para la segunda sección de los laterales**

$$Ql = Qa * Nl$$

$$Ql_{s_2} = 0.0894 \text{ l/s} * 18 = 1.6092 \text{ l/s}$$

- **Caudal requerido para todos los laterales**

$$Ql = Ql * Nl$$

$$Ql = 0.0894 \text{ l/s} * 27 = 2.4138 \text{ l/s}$$

- **Caudal requerido para un ramal de los laterales**

$$Ql = Qa * Nr$$

$$Ql = 0.0894 \text{ l/s} * 3 = 0.2682 \text{ l/s}$$

- **Caudal de la secundaria**

#### Sección 1

$$Q_{s_1} = Ql * Ne$$

$$Q_{s_1} = 0.8046 \text{ l/s} * 3 = 2.4138 \text{ l/s}$$

#### Sección 2

$$Q_{s_2} = Qe * Ne$$

$$Q_{s_2} = 1.6092 \text{ l/s} * 6 = 9.6552 \text{ l/s}$$

- **Caudal de la principal**

$$Qp = Q_{s_1} + Q_{s_2}$$

$$Qp = 2.4138 \text{ l/s} + 9.6552 \text{ l/s} = 12.069 \text{ l/s}$$

- **Velocidad del agua en las tuberías**

#### Lateral

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

$$0.0894 \frac{\text{l}}{\text{s}} * \frac{0.001 \text{ m}^3}{1 \text{ l}} = 0.0000894 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = \pi * D^2$$

$$D = 16 \text{ mm} * \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} = 0.016 \text{ m}$$

$$A = \pi * 0.016^2 = 0.0008042 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{0.0000894 \text{ m}^3/\text{s}}{0.0008042 \text{ m}^2} = 0.111 \text{ m/s}$$

## Secundaria

### Sección 2 que es el más crítico

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

$$9.6552 \frac{l}{s} * \frac{0.001m^3}{1l} = 0.0096552m^3/s$$

$$A = \pi * D^2$$

$$D = 75mm * \frac{1m}{1000mm} = 0.075m$$

$$A = \pi * 0.075^2 = 0.0176m^2$$

$$V = \frac{0.0096552m^3/s}{0.0176m^2} = 0.548 m/s$$

## Principal

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

$$12.069 \frac{l}{s} * \frac{0.001m^3}{1l} = 0.012069m^3/s$$

$$A = \pi * D^2$$

$$D = 90mm * \frac{1m}{1000mm} = 0.090m$$

$$A = \pi * 0.090^2 = 0.0254m^2$$

$$V = \frac{0.012069m^3/s}{0.0254m^2} = 0.475 m/s$$

### Comprobación:

$$0,5 m/s < V < 2,5 m/s.$$

### Lateral

- **Perdidas de carga por fricción longitudinal en las tuberías.**

$$hf = J * L$$

$$hf = 0.198 * 70m = 13,914m$$

- **Cálculo del gradiente hidráulico**

$$J = 1,2x10^{10} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} * (D)^{-4,87}$$

$$J = 1,2x10^{10} * \left(\frac{0.0894l}{\frac{s}{140}}\right)^{1,852} * (16)^{-4,87} = 0.198$$

#### Alimentador de un tramo de los laterales

- **Perdidas de carga por fricción longitudinal en las tuberías.**

$$hf = J * L$$

$$hf = 0.512 * 7,5m = 3.846m$$

- **Cálculo del gradiente hidráulico**

$$J = 1,2x10^{10} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} * (D)^{-4,87}$$

$$J = 1,2x10^{10} * \left(\frac{0.2682l/s}{140}\right)^{1,852} * (20)^{-4,87} = 0.512$$

#### Secundaria

##### Sección 1

- **Perdidas de carga por fricción longitudinal en las tuberías.**

$$hf = J * L$$

$$hf = 0.903 * 22.5m = 20.31m$$

- **Cálculo del gradiente hidráulico**

$$J = 1,2x10^{10} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} * (D)^{-4,87}$$

$$J = 1,2x10^{10} * \left(\frac{2.4138l/s}{150}\right)^{1,852} * (40)^{-4,87} = 0.903$$

## Sección 2

- **Perdidas de carga por fricción longitudinal en las tuberías.**

$$hf = J * L$$

$$hf = 0.551 * 22.5m = 12.397m$$

- **Cálculo del gradiente hidráulico**

$$J = 1,2x10^{10} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} * (D)^{-4,87}$$

$$J = 1,2x10^{10} * \left(\frac{9.6552l/s}{150}\right)^{1,852} * (75)^{-4,87} = 0.551$$

## Principal

- **Perdidas de carga por fricción longitudinal en las tuberías.**

$$hf = J * L$$

$$hf = 1.015 * 148m = 150.22m$$

- **Cálculo del gradiente hidráulico**

$$J = 1,2x10^{10} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} * (D)^{-4,87}$$

$$J = 1,2x10^{10} * \left(\frac{12.069l/s}{150}\right)^{1,852} * (90)^{-4,87} = 1.015$$

- **Perdida de carga máxima admisible en la subunidad (hmáx)**

$$hmáx = \frac{0.1 * pm}{x} =$$



$$h_{\text{máx}} = \frac{0.1 * 20}{0.0330} = 60.60 \text{ mca}$$

Esta pérdida de carga se reparte por igual entre el lateral y el ramal de alimentación.

- **Perdida de carga máxima admisible en el lateral de riego**

$$P_{\text{cma}} = 1/2 h_{\text{máx}}$$

$$P_{\text{cma}} = 1/2 * 60.60 = 30.3 \text{ mca}$$

#### **Perdida de carga en el lateral de riego**

$$h = 1.2 * J * F * L$$

$$h = 1.2 * 0.268 * 0.3450 * 70 = 7.766 \text{ m}$$

- **Comparación con la pérdida máxima admisible en el lateral**

$$h(\text{mca}) \leq P_{\text{cma}} (\text{m})$$

$$7.766 \text{ m} \leq 30.3 \text{ m} \quad \rightarrow \quad \text{ACEPTADO}$$

#### **Perdida de carga en el ramal del lateral de riego**

$$h = 1.2 * J * F * L$$

$$h = 1.2 * 0.058 * 0.5280 * 7,5 = 0.275 \text{ m}$$

- **Comparación con la pérdida máxima admisible en el lateral**

$$h(\text{mca}) \leq P_{\text{cma}} (\text{m})$$

$$0.275 \text{ m} \leq 30.3 \text{ m} \quad \rightarrow \quad \text{ACEPTADO}$$

#### **Perdida de carga en la secundaria primera sección de riego**

$$h = 1.2 * J * F * L$$

$$h = 1.2 * 0.1311 * 0.5280 * 22.5 = 1.868 \text{ m}$$

- **Comparación con la pérdida máxima admisible en el lateral**

$$h(\text{mca}) \leq P_{\text{cma}} (\text{m})$$

$$1.868 \text{ m} \leq 30.3 \text{ m} \quad \rightarrow \quad \text{ACEPTADO}$$

#### **Perdida de carga en la secundaria segunda sección de riego**

$$h = 1.2 * J * F * L$$

$$h = 1.2 * 0.0617 * 0.4020 * 22.5 = 0.669 \text{ m}$$

- **Comparación con la pérdida máxima admisible en el lateral**

$$h(\text{mca}) \leq P_{\text{cma}} (\text{m})$$

$$0.669 \text{ m} \leq 30.3 \text{ m} \quad \rightarrow \quad \text{ACEPTADO}$$

#### **Perdida de carga en la principal**

$$h = 1.2 * J * F * L$$

$$h = 1.2 * 0.0435 * 0.5280 * 148 = 4.079 \text{ m}$$

- **Comparación con la pérdida máxima admisible en el lateral**

$$h(mca) \leq P_{cma} (m)$$

$$7.079 \text{ m} \leq 30.3 \text{ m} \quad \rightarrow \quad \text{ACEPTADO}$$

**Perdidas de carga total del sistema**

$$hT = 7.766m + 0.275m + 1.868m + 0.669m + 4.079m$$

$$hT = 14.67$$

**Anexo 15.**

*Caudal del característico de Katif Gotero en línea autocompensante*

Color y l/h de la boquilla	Espaciamiento entre emisores (cm)	Diámetro del tubo (mm)											
		D. E. 12 /D. I. 9,8			D. E. 16 /D. I. 13,6			D. E. 17,8 /D. I. 15,2			D. E. 20 /D. I. 17,4		
		Presión de entrada (bar)											
		1,0	2,0	3,0	1,0	2,0	3,0	1,0	2,0	3,0	1,0	2,0	3,0
Negro 2,3	33	23	42	52	49	91	110	62	115	138	86	162	197
	50	34	63	76	70	129	156	86	162	196	117	223	271
	75	47	89	108	95	178	216	117	222	270	158	299	365
	100	61	113	137	117	222	270	145	275	336	193	366	448
Rojo 3,75	125	72	135	165	138	263	320	172	324	395	225	428	523
	50	25	45	53	50	93	111	63	117	139	86	162	193
	75	34	64	76	69	129	154	85	160	192	114	218	260
	100	44	82	97	86	161	192	106	200	239	140	268	320
Verde 8,4	125	52	98	117	102	191	228	125	236	281	163	312	374
	50	15	27	33	30	57	70	38	72	89	51	95	118
	75	20	38	47	41	78	97	52	98	122	68	128	159
	100	26	48	59	51	97	120	64	121	150	83	157	195
	125	31	58	71	60	114	141	75	143	176	96	184	229
	150	36	68	83	69	131	162	86	162	201	110	209	260

**Anexo 16.**

*Perdidas de carga tubería PE B y PVC (Catalogo plastigama)*

D. Nominal (mm)		16 mm (Diam. Externo)		16 mm (Diam. Interno)		20 mm (Diam. Externo)		25 mm (Diam. Externo)	
Caudal		Pc	V	Pc	V	Pc	V	Pc	V
lps	gpm								
0.075	1.19	3.18	0.52						
0.088	1.39	4.23	0.60						
0.100	1.59	5.42	0.69						
0.113	1.78	6.74	0.77	3.05	0.56				
0.126	1.99	8.25	0.86	3.74	0.62				
0.139	2.20	9.90	0.95	4.49	0.69	2.98	0.58		
0.152	2.40	11.69	1.04	5.30	0.75	3.52	0.64		
0.166	2.62	13.77	1.14	6.24	0.82	4.15	0.70		
0.180	2.85	16.00	1.24	7.25	0.89	4.82	0.75		
0.194	3.07	18.39	1.33	8.33	0.96	5.54	0.81		
0.208	3.29	20.93	1.43	9.49	1.03	6.30	0.87	2.01	0.55
0.223	3.53	23.82	1.53	10.79	1.11	7.17	0.94	2.29	0.59
0.238	3.76	26.88	1.63	12.18	1.18	8.10	1.00	2.58	0.62
0.253	4.00	30.11	1.74	13.64	1.26	9.07	1.06	2.89	0.66
0.268	4.24	33.50	1.84	15.18	1.33	10.09	1.12	3.22	0.70
0.286	4.53	37.80	1.97	17.13	1.42	11.39	1.20	3.63	0.75
0.304	4.81	42.33	2.09	19.18	1.51	12.75	1.28	4.07	0.80
0.322	5.10	47.10	2.21	21.34	1.60	14.19	1.35	4.53	0.85
0.344	5.44	53.24	2.36	24.13	1.71	16.04	1.44	5.12	0.90
0.366	5.79	59.73	2.52	27.07	1.82	17.99	1.54	5.74	0.96
0.388	6.14	66.55	2.67	30.16	1.93	20.05	1.63	6.40	1.02
0.410	6.49			33.41	2.04	22.20	1.72	7.08	1.08
0.435	6.89			37.28	2.16	24.78	1.83	7.91	1.14
0.460	7.28			41.35	2.29	27.49	1.93	8.77	1.21
0.485	7.68			45.62	2.41	30.32	2.04	9.67	1.27
0.510	8.08			50.07	2.53	33.28	2.14	10.62	1.34
0.535	8.47			54.72	2.66	36.37	2.25	11.60	1.41
0.565	8.95					40.24	2.37	12.84	1.49
0.595	9.42					44.29	2.50	14.13	1.56
0.625	9.90					48.52	2.63	15.48	1.64
0.655	10.37					52.92	2.75	16.88	1.72
0.685	10.85							18.35	1.80
0.720	11.40							20.12	1.89
0.755	11.96							21.97	1.98
0.790	12.51							23.90	2.08
0.825	13.07							25.89	2.17
0.860	13.62							27.97	2.26
0.900	14.26							30.43	2.37
0.940	14.89							32.98	2.47
0.980	15.53							35.63	2.58
1.020	16.16							38.37	2.68
1.060	16.79							41.20	2.79

Pc = Pérdida de carga en m de columna de agua por cada 100 m de tubería  
V = Velocidad en metros por segundo (m/s)  
C = 140  
CALCULO EN BASE A DIAMETROS INTERNOS DE TUBERIA P.E. BAJA PRESION

D. Nominal (mm)		20		25		32		40		50		63	
Caudal		Pc	V	Pc	V	Pc	V	Pc	V	Pc	V	Pc	V
lps	gpm												
0.01	0.16	0.02	0.04										
0.02	0.32	0.08	0.09	0.02	0.05								
0.04	0.63	0.29	0.18	0.08	0.11								
0.06	0.95	0.62	0.26	0.18	0.16								
0.08	1.27	1.06	0.35	0.30	0.21								
0.10	1.59	1.61	0.44	0.46	0.26								
0.20	3.17	5.80	0.88	1.65	0.53	0.43	0.30						
0.30	4.76	12.30	1.32	3.50	0.79	0.91	0.45						
0.40	6.34	20.95	1.76	5.97	1.05	1.55	0.61						
0.50	7.93	31.68	2.20	9.02	1.32	2.35	0.76	0.72	0.47				
0.60	9.51	44.40	2.64	12.65	1.58	3.29	0.91	1.01	0.56				
0.70	11.10			16.83	1.84	4.38	1.06	1.34	0.65				
0.80	12.68			21.55	2.10	5.61	1.21	1.71	0.74				
0.90	14.27			26.80	2.37	6.98	1.36	2.13	0.84	0.66	0.52		
1.00	15.85			32.58	2.63	8.49	1.51	2.59	0.93	0.81	0.58		
1.20	19.02					11.89	1.82	3.63	1.12	1.13	0.69		
1.40	22.19					15.82	2.12	4.83	1.30	1.51	0.81	0.46	0.50
1.60	25.36					20.26	2.42	6.19	1.49	1.93	0.92	0.59	0.57
1.80	28.53					25.20	2.73	7.69	1.67	2.40	1.04	0.73	0.64
2.00	31.70							9.35	1.86	2.92	1.15	0.89	0.71
2.20	34.87							11.16	2.05	3.48	1.27	1.06	0.78
2.40	38.04							13.11	2.23	4.09	1.38	1.24	0.85
2.60	41.21							15.20	2.42	4.74	1.50	1.44	0.92
2.80	44.38							17.44	2.60	5.44	1.61	1.66	0.99
3.00	47.55									6.18	1.73	1.88	1.06
3.25	51.51									7.17	1.87	2.18	1.15
3.50	55.48									8.22	2.02	2.50	1.24
3.75	59.44									9.34	2.16	2.84	1.33
4.00	63.40									10.53	2.31	3.21	1.41
4.25	67.36									11.78	2.45	3.59	1.50
4.50	71.33									13.10	2.59	3.99	1.59
4.75	75.29											4.41	1.68
5.00	79.25											4.85	1.77
5.25	83.21											5.30	1.86
5.50	87.18											5.78	1.95
5.75	91.14											6.28	2.03
6.00	95.10											6.79	2.12
6.25	99.06											7.33	2.21
6.50	103.03											7.88	2.30
6.75	106.99											8.45	2.39
7.00	110.95											9.04	2.48
7.25	114.91											9.64	2.56

Pc = Pérdida de carga en m de columna de agua por cada 100 m de tubería  
 V = Velocidad en metros por segundo (m/s)  
 C = 150  
 CALCULO EN BASE A DIAMETROS INTERNOS DE TUBERIA BAJA PRESION

D Nominal (mm)		75		90		110		125		140		160	
Caudal		Pc	V	Pc	V	Pc	V	Pc	V	Pc	V	Pc	V
lps	gpm												
3.0	48	0.81	0.75	0.33	0.52								
3.5	55	1.07	0.87	0.44	0.61								
4.0	63	1.37	1.00	0.57	0.70								
4.5	71	1.71	1.12	0.71	0.78								
5.0	79	2.08	1.25	0.86	0.87								
5.5	87	2.48	1.37	1.02	0.96	0.37	0.63						
6.0	95	2.91	1.50	1.20	1.04	0.43	0.69						
6.5	103	3.38	1.62	1.40	1.13	0.50	0.74						
7.0	111	3.87	1.75	1.60	1.22	0.58	0.80	0.31	0.62				
7.5	119	4.40	1.87	1.82	1.30	0.65	0.86	0.35	0.66				
8.0	127	4.96	2.00	2.05	1.39	0.74	0.91	0.40	0.71				
8.5	135	5.55	2.12	2.29	1.48	0.83	0.97	0.44	0.75				
8.6	136	5.67	2.15	2.34	1.49	0.84	0.98	0.45	0.76	0.26	0.60		
8.7	138	5.79	2.17	2.40	1.51	0.86	0.99	0.46	0.77	0.26	0.61		
8.8	139	5.92	2.20	2.45	1.53	0.88	1.00	0.47	0.78	0.27	0.62		
9.0	143	6.17	2.25	2.55	1.56	0.92	1.03	0.49	0.80	0.28	0.63		
10.0	159			3.10	1.74	1.12	1.14	0.60	0.88	0.34	0.70		
11.0	174			3.70	1.91	1.33	1.26	0.71	0.97	0.41	0.77	0.21	0.59
12.0	190			4.35	2.09	1.56	1.37	0.84	1.06	0.48	0.84	0.25	0.65
13.0	206			5.04	2.26	1.81	1.48	0.97	1.15	0.56	0.91	0.29	0.70
14.0	222			5.78	2.43	2.08	1.60	1.12	1.24	0.64	0.98	0.34	0.76
15.0	238			6.57	2.61	2.36	1.71	1.27	1.33	0.72	1.05	0.38	0.81
16.0	254					2.66	1.83	1.43	1.41	0.82	1.12	0.43	0.86
18.0	285					3.31	2.06	1.78	1.59	1.02	1.27	0.53	0.97
20.0	317					4.03	2.28	2.16	1.77	1.23	1.41	0.65	1.08
22.0	349					4.80	2.51	2.58	1.95	1.47	1.55	0.77	1.19
24.0	380					5.64	2.74	3.03	2.12	1.73	1.69	0.91	1.30
26.0	412							3.51	2.30	2.01	1.83	1.06	1.40
28.0	444							4.03	2.48	2.30	1.97	1.21	1.51
30.0	476							4.58	2.65	2.62	2.11	1.38	1.62
32.0	507									2.95	2.25	1.55	1.73
34.0	539									3.30	2.39	1.73	1.83
36.0	571									3.67	2.53	1.93	1.94
38.0	602									4.05	2.67	2.13	2.05
40.0	634											2.34	2.16
42.0	666											2.56	2.27
44.0	697											2.80	2.37
46.0	729											3.04	2.48
48.0	761											3.28	2.59
50.0	793											3.54	2.70
52.0	824											3.81	2.81
54.0	856											4.09	2.91

Pc = Pérdida de carga en m de columna de agua por cada 100 m de tubería  
 V = Velocidad en metros por segundo (m/s)  
 C = 150  
 CALCULO EN BASE A DIAMETROS INTERNOS DE TUBERIA BAJA PRESION

D Nominal (mm)		200		225		250		315		355		400	
Caudal		Pc	V	Pc	V	Pc	V	Pc	V	Pc	V	Pc	V
lps	gpm												
22	349	0.26	0.76										
24	380	0.31	0.83										
26	412	0.35	0.90										
28	444	0.41	0.97	0.23	0.76								
30	476	0.46	1.03	0.26	0.82								
32	507	0.52	1.10	0.29	0.87								
34	539	0.58	1.17	0.33	0.93	0.20	0.75						
38	602	0.72	1.31	0.40	1.04	0.24	0.84						
42	666	0.86	1.45	0.49	1.14	0.29	0.93						
46	729	1.02	1.59	0.57	1.25	0.35	1.02						
50	793	1.19	1.72	0.67	1.36	0.40	1.11	0.13	0.70				
54	856	1.37	1.86	0.77	1.47	0.46	1.19	0.15	0.75				
58	919	1.57	2.00	0.88	1.58	0.53	1.28	0.17	0.81				
62	983	1.77	2.14	1.00	1.69	0.60	1.37	0.19	0.86				
68	1,078	2.10	2.34	1.18	1.85	0.71	1.50	0.23	0.95	0.13	0.74		
74	1,173	2.46	2.55	1.39	2.02	0.83	1.64	0.27	1.03	0.15	0.81		
80	1,268	2.84	2.76	1.60	2.18	0.96	1.77	0.31	1.11	0.17	0.88		
86	1,363			1.83	2.34	1.10	1.90	0.36	1.20	0.20	0.94		
92	1,458			2.07	2.51	1.25	2.03	0.40	1.28	0.23	1.01	0.13	0.79
98	1,553			2.33	2.67	1.40	2.17	0.45	1.36	0.25	1.07	0.14	0.85
104	1,648			2.60	2.83	1.56	2.30	0.51	1.45	0.28	1.14	0.16	0.90
110	1,744					1.74	2.43	0.56	1.53	0.31	1.20	0.18	0.95
118	1,870					1.98	2.61	0.64	1.64	0.36	1.29	0.20	1.02
126	1,997					2.23	2.79	0.72	1.75	0.40	1.38	0.23	1.09
134	2,124							0.81	1.86	0.45	1.47	0.25	1.16
142	2,251							0.90	1.97	0.50	1.55	0.28	1.22
150	2,378							1.00	2.09	0.56	1.64	0.31	1.29
160	2,536							1.12	2.22	0.63	1.75	0.35	1.38
170	2,695							1.26	2.36	0.70	1.86	0.39	1.47
180	2,853							1.40	2.50	0.78	1.97	0.44	1.55
190	3,012							1.55	2.64	0.86	2.08	0.48	1.64
202	3,202							1.73	2.81	0.97	2.21	0.54	1.74
214	3,392									1.08	2.34	0.60	1.85
226	3,582									1.19	2.47	0.67	1.95
238	3,772									1.31	2.61	0.73	2.05
250	3,963									1.44	2.74	0.80	2.16
262	4,153									1.57	2.87	0.88	2.26
276	4,375											0.96	2.38
290	4,597											1.06	2.50
304	4,818											1.15	2.62
318	5,040											1.25	2.74
332	5,262											1.36	2.86

Pc = Pérdida de carga en m de columna de agua por cada 100 m de tubería  
V = Velocidad en metros por segundo (m/s)  
C = 150  
CALCULO EN BASE A DIAMETROS INTERNOS DE TUBERIA BAJA PRESION

D Nominal (mm)		500		630	
Caudal		Pc	V	Pc	V
lps	gpm				
158	2,504	0.12	0.87		
172	2,726	0.14	0.95		
186	2,948	0.16	1.03		
200	3,170	0.18	1.11	0.06	0.70
214	3,392	0.20	1.18	0.07	0.75
228	3,614	0.23	1.26	0.07	0.79
242	3,836	0.26	1.34	0.08	0.84
256	4,058	0.28	1.42	0.09	0.89
270	4,280	0.31	1.49	0.10	0.94
284	4,501	0.34	1.57	0.11	0.99
298	4,723	0.38	1.65	0.12	1.04
312	4,945	0.41	1.72	0.13	1.09
326	5,167	0.44	1.80	0.14	1.13
340	5,389	0.48	1.88	0.16	1.18
354	5,611	0.52	1.96	0.17	1.23
368	5,833	0.56	2.03	0.18	1.28
382	6,055	0.60	2.11	0.19	1.33
396	6,277	0.64	2.19	0.21	1.38
410	6,499	0.68	2.27	0.22	1.43
424	6,720	0.72	2.34	0.23	1.48
438	6,942	0.77	2.42	0.25	1.52
452	7,164	0.81	2.50	0.26	1.57
466	7,386	0.86	2.58	0.28	1.62
480	7,608	0.91	2.65	0.30	1.67
494	7,830	0.96	2.73	0.31	1.72
508	8,052	1.01	2.81	0.33	1.77
522	8,274			0.34	1.82
536	8,496			0.36	1.87
550	8,718			0.38	1.91
564	8,939			0.40	1.96
578	9,161			0.42	2.01
592	9,383			0.44	2.06
606	9,605			0.45	2.11
620	9,827			0.47	2.16
634	10,049			0.49	2.21
648	10,271			0.51	2.26
662	10,493			0.54	2.30
676	10,715			0.56	2.35
690	10,937			0.58	2.40
708	11,222			0.61	2.46
726	11,507			0.63	2.53
746	11,824			0.67	2.60

Pc = Pérdida de carga en m de columna de agua por cada 100 m de tubería  
V = Velocidad en metros por segundo (m/s)  
C = 130  
CALCULO EN BASE A DIAMETROS INTERNOS DE TUBERIA BAJA PRESION

Tabla para el calculo del factor de salidas multiples	
Número de salidas	Factor
1	1.0000
2	0.6340
3	0.5280
4	0.4800
5	0.4510
6	0.4330
7	0.4190
8	0.4100
9	0.4020
10	0.3960
11	0.3920
12	0.3820
13	0.3840
14	0.3810
15	0.3790
16	0.3770
17	0.3750
18	0.3730
19	0.3720
20	0.3700
22	0.3658
24	0.3660
26	0.3640
28	0.3630
30	0.3620
35	0.3590
40	0.3570
50	0.3550
100	0.3500
más de 100	0.3450

Al Multiplicar la pérdida de carga nominal por el factor de salidas múltiples (según el número de salidas), se obtiene la pérdida de carga para laterales con salidas de distancias constantes.

**Anexo 17.**

*Reconocimiento del área donde se encuentra instalado el sistema de riego por goteo*



**Anexo 18.**

*Levantamiento topográfico y toma de muestras de suelo*





**Anexo 19.**

*Ensayos de infiltración del suelo*



**Anexo 20.**

*Elaboración y descripción de calicata*



**Anexo 21.**

*Evaluación del sistema de riego por goteo*



**Anexo 22.**

*Certificado del Abstract*

Lic. Ela Stefanía García Salas

0986964140

[stefygar486@hotmail.ec](mailto:stefygar486@hotmail.ec)

Loja-Ecuador

Loja, 20 de marzo del 2023

La suscrita, Lic. Ela Stefanía García Salas, **DOCENTE EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN MENCIÓN IDIOMA-INGLÉS**, a petición de la parte interesada y en forma legal.

## CERTIFICA:

Que la traducción del resumen del documento adjunto solicitado por la señorita: **Fernanda Lizbeth Castillo Cevallos** con cédula de ciudadanía No. **1106037771**, cuyo tema de investigación se titula: **Caracterización de los métodos de riego y evaluación de una unidad de riego por goteo en el cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis. L*) en la parroquia San Antonio de las Aradas, cantón Quilanga, provincia de Loja.**

Ha sido realizado y aprobado por mi persona, Lic. Ela Stefanía García Salas, Docente de Educación en Ciencias de la Educación en la enseñanza del idioma inglés como lengua extranjera.

El apartado del Abstract es una traducción textual del Resumen aprobado en español.

Particular que comunico en honor a la verdad para los fines académicos pertinentes, facultando al portador del presente documento, hacer el uso legal pertinente.

Lic. Ela Stefanía García Salas.  
English Teacher