



Universidad  
Nacional  
de Loja

# Universidad Nacional de Loja

## Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

### Carrera de Ingeniería Agrícola

Diseño de un sistema de riego, para cultivo de maíz (*Zea mays*), en el sector  
Porotillo perteneciente a la parroquia Changaimina del cantón Gonzanamá

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

**AUTORA:**

María Margoth Estrada Jumbo

**DIRECTOR:**

Ing. Manuel Romel Ramón. Mg. Sc

Loja – Ecuador

2024

## **Certificación**

Loja, 31 de marzo de 2023

Ing. Manuel Romel Ramón. Mg. Sc

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado “Diseño de un sistema de riego, para cultivo de maíz (*Zea mays*), en el sector Porotillo perteneciente a la parroquia Changaimina del cantón Gonzanamá”, previo a la obtención del título de Ingeniera Agrícola, de autoría de la estudiante María Margoth Estrada Jumbo. Con cédula de identidad Nro. 1105248379, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Ing. Manuel Romel Ramón. Mg. Sc

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **Autoría**

Yo, **María Margoth Estrada Jumbo**, 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:** 1105248379

**Fecha:** Loja, 12 de marzo de 2014

**Correo electrónico:** maria.estrada@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0989316538

**Carta de autorización de tesis por parte del autor (a) para la consulta de producción parcial o total, y publicación electrónica de texto completo, del Trabajo de Titulación.**

Yo, **María Margoth Estrada Jumbo** declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: “**Diseño de un sistema de riego, para cultivo de maíz (*Zea mays*), en el sector Porotillo perteneciente a la parroquia Changaimina del cantón Gonzanamá**”, 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 doce días del mes de marzo de dos mil veinticuatro.

**Firma:**



**Autor:** María Margoth Estrada Jumbo

**Cédula:** 1105248379

**Dirección:** Changaimina, Loja Ecuador

**Correo electrónico:** [maria.estrada@unl.edu.ec](mailto:maria.estrada@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0989316538

**DATOS COPLEMENTARIOS**

**Director de Trabajo de Titulación:** Ing. Romel Ramón.Mg. Sc

## **Dedicatoria**

A Dios y a la Virgen Santísima por guiar mí camino, y por darme la suficiente sabiduría y fortaleza, para lograr alcanzar mis objetivos propuestos. A mi familia en general, a mis tíos Teresa, Víctor y en especial a la reina de mi corazón Lida Estrada mi madre, quienes con su amor y apoyo incondicional a lo largo del camino me inspiraron a cumplir este sueño.

*María Margoth Estrada Jumbo*

## **Agradecimiento**

Al finalizar esta importante etapa de mi vida, le agradezco infinitamente a Dios y a la Virgen Santísima, por ser mi guía de todos los días, por darme fortaleza y fuerza para seguir adelante. Mis más sinceros agradecimientos a todas y cada una de las personas que hicieron posible alcanzar este logro. Gracias a mis tíos, en especial Teresa y Víctor quienes con su esfuerzo y dedicación me impulsaron a conseguir este logro, a mi madre Lida Estrada por apoyarme en todo momento, brindándome su amor incondicional. Quiero aprovechar la oportunidad para agradecerle a mis compañeros y amigos con quienes compartimos momentos buenos y malos, sin su apoyo durante todos estos años no habría sido posible conseguir este sueño. A mi tutor de tesis el Ingeniero Romel Ramón quiero expresar un inmenso agradecimiento por ofrecerme sus conocimientos, confianza y apoyo durante el desarrollo y desenlace del presente proyecto. A los Ingenieros Alexander y Nathaly por su apoyo y ayuda en todo momento y en las situaciones buenas y malas de mi vida. De manera especial agradecer a la Universidad Nacional de Loja, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables y a todos los docentes de la Carrera de Ingeniería Agrícola por sus conocimientos y experiencias brindadas durante los años de formación universitaria.

***María Margoth Estrada Jumbo***

## Índice de contenidos

<b>Portada.....</b>	<b>I</b>
<b>Certificación.....</b>	<b>II</b>
<b>Autoría.....</b>	<b>III</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>V</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>VI</b>
<b>Índice de contenidos.....</b>	<b>VII</b>
Índice de tablas.....	XI
Índice de figuras.....	XII
Índice de anexos.....	XIII
<b>1.    Título.....</b>	<b>1</b>
<b>2.    Resumen.....</b>	<b>2</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>3</b>
<b>3.    Introducción.....</b>	<b>4</b>
<b>4.    Marco teórico.....</b>	<b>6</b>
4.1.    Hidrología.....	6
4.2.    Ciclo hidrológico.....	6
4.3.    Cuencas.....	6
4.3.1.    La cuenca hidrográfica.....	7
4.4.    Parámetros morfométricos.....	7
4.4.1.    Área de la cuenca.....	7
4.4.2.    Perímetro.....	7
4.5.    Parámetros de forma.....	8
4.5.1.    Factor de forma.....	8
4.5.2.    Curva Hipsométrica.....	8
4.6.    Parámetros de red hídrica.....	8
4.6.1.    Densidad de drenaje.....	8
4.6.2.    Caudal.....	9
4.6.2.1.    Caudal básico.....	9
4.6.2.2.    Caudal máximo.....	9
4.7.    Precipitación.....	9
4.7.1.    Precipitación media.....	9
4.8.    Temperatura.....	9

4.9.	Humedad Relativa.....	10
4.10.	Velocidad del viento.....	10
4.10.1.	Transpiración.....	10
4.10.2.	Evapotranspiración.....	11
4.10.3.	Evapotranspiración de referencia .....	11
4.11.	Características físicas e hidrofísicas del suelo .....	11
4.11.1.	Textura .....	12
4.11.2.	Estructura .....	12
4.11.3.	Densidad y profundidad .....	12
4.11.4.	Infiltración.....	13
4.11.5.	Capacidad de campo.....	13
4.11.6.	Punto de marchitez permanente. ....	13
4.11.7.	Densidad Aparente. ....	13
4.11.8.	Agua aprovechable.....	13
4.11.9.	Contenido de humedad.....	14
4.12.	Características del cultivo de maíz.....	14
4.12.1.	Maíz Almendral.....	14
4.12.2.	Coeficiente de cultivo (Kc) .....	15
4.13.	Riego .....	16
4.13.1.	Fuente de captación de agua.....	16
4.13.1.1.	Riego por superficie .....	17
4.13.1.2.	Riego presurizado.....	17
4.13.2.	Eficiencia.....	18
4.13.3.	Riego por aspersión.....	18
4.13.4.	Diseño Agronómico. ....	19
4.13.5.	Marco de riego .....	19
4.13.6.	Características de los aspersores .....	19
4.13.7.	Presión.....	20
4.13.8.	Red de distribución.....	20
4.13.9.	Materiales de riego .....	20
4.13.10.	Diseño Hidráulico .....	21
4.13.11.	Pérdidas de carga.....	21
4.13.12.	Presión de salida.....	21
4.13.13.	Presión de carga .....	22



5.	Metodología .....	23
5.1.	Ubicación del área de estudio. ....	23
5.2.	Descripción de la zona de estudio .....	23
5.3.	Materiales y equipos .....	23
5.4.	Metodología. ....	24
5.5.	Metodología para primer objetivo.....	24
5.5.1.	Delimitación de la cuenca. ....	24
5.5.2.	Determinación de los parámetros morfométricos. ....	24
5.5.3.	Estimación de la precipitación media.....	30
5.5.4.	Estimación de caudales medios .....	32
5.5.4.1.	Método Racional .....	32
5.5.4.2.	Método de coeficiente de Escorrentía .....	32
5.5.1.	Curva de duración general.....	33
5.5.1.1.	Caudal de la unidad Porotillo (método volumétrico) .....	34
5.6.	Metodología para el segundo objetivo. ....	34
5.6.1.	Superficie por regar .....	34
5.6.2.	Fuente de abastecimiento .....	34
5.6.3.	Perfil del suelo.....	34
5.6.4.	Parámetros hidrofísicas y físicos del suelo del área de estudio.....	34
5.6.5.	Velocidad de infiltración del suelo.....	35
5.6.6.	Infiltración acumulada.....	35
5.6.7.	Infiltración instantánea.....	35
5.6.8.	Velocidad de infiltración básica.....	36
5.6.9.	Diseño Agronómico .....	36
5.6.9.1.	Necesidades de riego para el cultivo. ....	36
5.6.9.2.	Reserva de agua disponible .....	37
5.6.9.3.	Tiempo de riego .....	44
5.6.10.	Diseño Hidráulico .....	48
5.6.10.2.	Diseño de tubería principal .....	52
5.6.10.3.	Cargas.....	53
5.6.11.	Costos del sistema de riego .....	53
6.	Resultados .....	54
6.1.	Parámetros físicos y morfométricos de la Unidad Hidrográfica Porotillo .....	54
6.2.	Análisis de la Oferta de Agua de la Microcuenca de Aporte .....	57

6.2.1.	Precipitación media de la microcuenca Porotillo.....	57
6.2.2.	Caudales .....	57
6.3.	Características del suelo del área de riego.....	58
6.3.1.	Características de las calicatas P1 y P2.....	58
6.3.2.	Propiedades físicas del suelo.....	60
6.3.3.	Propiedades hidrofísicas del suelo. ....	61
6.3.4.	Infiltración Básica .....	61
6.3.5.	Coeficiente del cultivo. ....	62
6.3.6.	Evapotranspiración del cultivo.....	62
6.3.7.	Requerimientos hídricos del cultivo.....	63
6.3.8.	Marco de riego. ....	64
6.3.9.	Selección del aspersor. ....	64
6.4.	Diseño Agronómico.....	64
6.5.	Diseño Hidráulico. ....	66
6.6.	Diseño del sistema de riego por aspersión.....	67
6.7.	Costos del sistema de riego.....	68
6.8.	Calidad del agua para riego .....	70
7.	<b>Discusión .....</b>	<b>72</b>
7.1.	Parámetros de forma .....	72
7.2.	Parámetros de relieve.....	72
7.3.	Parámetros relativos a la red de drenaje. ....	73
7.4.	Precipitación media de la cuenca.....	73
7.5.	Caudales.....	73
7.6.	Descripción del perfil del suelo .....	74
7.7.	Velocidad de infiltración básica .....	74
7.8.	Diseño Agronómico.....	75
7.9.	Diseño Hidráulico. ....	76
8.	<b>Conclusiones .....</b>	<b>77</b>
9.	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>77</b>
10.	<b>Bibliografía .....</b>	<b>78</b>
11.	<b>Anexos... ..</b>	<b>84</b>

## Índice de tablas:

	Página
<b>Tabla 1.</b> Clasificación de las partículas del suelo por su tamaño.....	12
<b>Tabla2</b> Clasificación de áreas de una cuenca. ....	25
<b>Tabla 3</b> Clases de forma de una cuenca. ....	25
<b>Tabla 4</b> Clasificación de las pendientes medias de una cuenca. ....	26
<b>Tabla 5</b> Clasificación del orden de corrientes.....	27
<b>Tabla 6</b> Densidad de drenaje para cuencas hidrográficas.....	28
<b>Tabla 7</b> Clasificación de la pendiente media del cauce principal.....	29
<b>Tabla 8</b> Tiempo de concentración.....	29
<b>Tabla 9</b> Parámetros morfométricos. ....	54
<b>Tabla 10</b> Tiempo de concentración.....	56
<b>Tabla 11</b> Precipitación media mensual .....	57
<b>Tabla 12</b> Caudales de la microcuenca Porotillo. ....	58
<b>Tabla13</b> Características presentes en el suelo de la calicata P1y P2.....	59
<b>Tabla 14</b> Constantes hidrofísicas del suelo. ....	61
<b>Tabla 15</b> Evapotranspiración de referencia por método de Hargreaves (Eto).....	62
<b>Tabla 16</b> Etapa fenológica y evapotranspiración de referencia.....	63
<b>Tabla 17</b> Evapotranspiración del cultivo.....	63
<b>Tabla 18</b> Diseño agronómico.....	65
<b>Tabla 19</b> Diseño de la lateral. ....	66
<b>Tabla 20</b> Presión en la lateral. ....	66
<b>Tabla 21</b> Diseño de la tubería principal y secundaria. ....	67
<b>Tabla 22</b> Carga dinámica total para el área. ....	67
<b>Tabla24</b> Presupuesto de materiales y accesorios para instalación del Sistema de Riego ..	69
<b>Tabla 25</b> Análisis de agua.....	71

## Índice de figuras:

	Página
<i>Figura 1. Ciclo Hidrológico.</i> .....	6
<i>Figura 2. Maíz Almendral.</i> .....	15
<i>Figura 3. Coeficiente de cultivo.</i> .....	16
<i>Figura 4 Sistema de riego por aspersión.</i> .....	18
<i>Figura 5. Ubicación geográfica del área del estudio.</i> .....	23
<i>Figura 6. Clasificación y descripción de la curva hipsométrica.</i> .....	27
<i>Figura 7 Forma base de la microcuenca Porotillo.</i> .....	55
<i>Figura 8 Clase Textural y proporción de fracción de suelo de la calicata P1.</i> .....	60
<i>Figura 9 Clase Textural y proporción de fracción de suelo de la calicata P2.</i> .....	61
<i>Figura 10 Curva del coeficiente del cultivo <math>K_c</math></i> .....	62
<i>Figura 12 Diseño de sistema de riego por aspersión.</i> .....	68

## Índice de anexos:

	Página
<i>Anexo 1 Levantamiento manual sección de la unidad Porotillo .....</i>	<i>84</i>
<i>Anexo 2 Curva de caudal medio.....</i>	<i>85</i>
<i>Anexo 3 Datos meteorológicos de temperatura media mensual .....</i>	<i>85</i>
<i>Anexo 4 Datos meteorológicos de temperatura mínima .....</i>	<i>87</i>
<i>Anexo 5 Datos meteorológicos de humedad relativa .....</i>	<i>87</i>
<i>Anexo 6 Datos meteorológicos de nubosidad.....</i>	<i>88</i>
<i>Anexo 7 Prueba de infiltración.....</i>	<i>88</i>
<i>Anexo 8 Levantamiento topográfico.....</i>	<i>89</i>
<i>Anexo 9 Selección del aspersor.....</i>	<i>90</i>
<i>Anexo 10 Detalle del aspersor.....</i>	<i>90</i>
<i>Anexo 11 Plano de detalles: reservorio, tubería y accesorios .....</i>	<i>91</i>
<i>Anexo 12 Plano de tuberías y emisores.....</i>	<i>92</i>
<i>Anexo 13 Plano de diámetro húmedo.....</i>	<i>93</i>
<i>Anexo 14 Análisis de agua.....</i>	<i>94</i>
<i>Anexo 16 Certificado de traducción al inglés .....</i>	<i>95</i>

## **1. Título**

**“Diseño de un sistema de riego, para cultivo de maíz (*Zea mays*), en el sector Porotillo perteneciente a la parroquia Changaimina del cantón Gonzanamá”.**

## 2. Resumen

El propósito de estudio es comprender el comportamiento de una unidad hidrográfica, su interacción con el entorno y la cantidad de agua que aporta. En este contexto, se analiza el método de riego por aspersión, el cual se adapta a las condiciones de suelos, cultivos y topografía, proporcionando la cantidad de agua para el desarrollo óptimo del cultivo de maíz (*Zea mays*). El proyecto titulado "Diseño de un sistema de riego para el cultivo de maíz en el sector Porotillo, perteneciente a la parroquia Changaimina del cantón Gonzanamá", se enfoca en dos objetivos: contribuir a la comprensión y gestión de los recursos hídricos en la región y mejorar la agricultura local mediante la implementación de técnicas de riego. En el ámbito hidrológico, se determinó parámetros morfométricos relacionados con la forma, relieve y drenaje. Además, se analizaron datos sobre precipitación y se calcularon caudales utilizando los métodos racional y volumétrico, donde se obtuvo un caudal de 1,2 l/s para la época seca (mayo a noviembre), período en el que es crucial aplicar riego. En el aspecto agronómico e hidráulico, se realizó el diseño para una superficie de 1,17 hectáreas. Para conocer los parámetros edáficos de la parcela, se realizaron calicatas para describir el perfil del suelo y se identificaron suelos de textura franco-arenosa. También se determinaron las propiedades hidrofísicas como la capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP), capacidad de almacenamiento de agua (AA) y la densidad aparente (Da), como también se realizó análisis para determinar la calidad de agua disponible en el sector. Además, se obtuvo una velocidad de infiltración de 20,31 mm/h y la evapotranspiración del cultivo de 4,8 mm/día. Dentro de los resultados del diseño de riego, se planea utilizar aspersores que aportan 1790 l/h, con una separación de 12 metros entre aspersores y laterales. En los resultados del diseño hidráulico, se determinó que se requiere una carga dinámica total de 36,49 m, el análisis de la calidad de agua, mostro que esta se encuentra en los rangos adecuados, disponiendo un agua apta para el uso en riego, Finalmente se concluye que de acuerdo al diseño realizado es viable implementar un sistema de riego por aspersión eficiente.

**Palabras claves:** parámetros morfométricos de la microcuenca Porotillo, riego por aspersión, diseño agronómico, diseño hidráulico.

## **Abstract**

The study's purpose is to comprehend the behavior of a hydrographic unit, its interaction with the environment, and the amount of water it contributes. In this context, the sprinkler irrigation method is analyzed, which adapts to soil, crop, and topography conditions, providing the necessary water for optimal maize (*Zea mays*) cultivation. The project titled "Design of an Irrigation System for Maize Cultivation in the Porotillo Sector, belonging to the Changaimina parish in the Gonzanamá canton," focuses on two objectives: contributing to the understanding and management of water resources in the region and enhancing local agriculture through the implementation of irrigation techniques. In the hydrological aspect, morphometric parameters related to shape, relief, and drainage were determined. Additionally, precipitation data were analyzed, and discharge was calculated using rational and volumetric methods, resulting in a flow rate of 1.2 l/s for the dry season (May to November), a crucial period for irrigation application. In the agronomic and hydraulic aspect, the design was carried out for a 1.17-hectare surface. Soil parameters were obtained through soil pits describing the soil profile, identifying loamy-sand texture soils. Hydrophysical properties such as field capacity (FC), permanent wilting point (PWP), water storage capacity (WSC), and bulk density (BD) were determined. Analyses were also conducted to determine the water quality available in the area. Additionally, an infiltration rate of 20.31 mm/h and crop evapotranspiration of 4.8 mm/day were obtained. Within the irrigation design results, plans include the use of sprinklers delivering 1790 l/h, spaced 12 meters apart, and laterals. Hydraulic design results determined a total dynamic head of 36.49 m is required. Water quality analysis showed that it falls within suitable ranges, indicating water suitable for irrigation use. In conclusion, based on the conducted design, it is feasible to implement an efficient sprinkler irrigation system.

**Keywords:** Porotillo micro-watershed morphometric parameters, sprinkler irrigation, agronomic design, hydraulic design.



### 3. Introducción

La FAO (2013), menciona que las tres cuartas partes del planeta están conformados por agua, donde tan solo el 2,5% del total es agua dulce y que de ella solo el 0,4% es aprovechable, de este porcentaje la mayor parte es utilizada para irrigar los cultivos. El riego es una práctica muy importante dentro del desarrollo agrario sustentado, ya que consiste en el aporte de agua para cubrir las necesidades hídricas de los cultivos agrícolas que no fueron solventadas por las precipitaciones (Pereira et al., 2010).

A lo largo de los años el riego es la actividad que ha permitido mejorar el rendimiento de los cultivos garantizando una mejor calidad de vida en la población tanto en lo económico como en la alimentación, sin embargo, la competencia creciente de la demanda para diferentes usos, conlleva un incremento de su costo y una limitación de su disponibilidad para el uso en la agricultura, por otro lado, también existe la escasez de agua que se convierte en una limitación para el desarrollo agrícola en regiones áridas y semiáridas. (FAO, 2020)

Existen diferentes sistemas de riego tales como: superficie, localizado y aspersión. En el riego por superficie se aprovecha la fuerza de la gravedad y de la pendiente de la parcela sin necesidad de requerir algún mecanismo de presión, en el caso del riego localizado y por aspersión se requiere la presencia de la presión o energía para que el agua circule por las tuberías (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, IICA, 2020).

En caso de no aplicar energía o presión energética de bombeo es necesario que los reservorios hídricos estén situados a un nivel suficientemente alto al respecto de la parcela esto se debe a que la energía se obtiene por la diferencia de altura o conocida por gravedad, en cambio si el reservorio se encuentra a un nivel bajo se necesitaría de un equipo de bombeo para que este aplique la energía necesaria para realizar el riego (FAO, 2019).

En la provincia de Loja la superficie cubierta por los sistemas de riego públicos transferidos, no transferidos y sistemas de riego comunitarios es de 37 206,03 ha, de esta superficie, 10 836,75 ha pertenecen a sistemas no transferidos, 6 164,28 ha a sistemas transferidos y 20 205 ha a sistemas comunitarios, siendo este último la mayor superficie regable y el sector que más aporta a la seguridad y soberanía alimentaria (Manrique et al., 2021).

La parroquia Changaimina posee escasez de agua, la mayor parte es para consumo humano y/o para riego, no existen registros hidrométricos que permitan realizar una evaluación de la disponibilidad hídrica; el proceso de deforestación ha producido serios cambios en el balance hídrico y la erosión del suelo, afectando la calidad y cantidad de agua. En el barrio

Porotillo el riego es el tradicional, sin embargo, existe deficiencia para cubrir las necesidades hídricas de los cultivos, debido a la insuficiente disponibilidad de agua en las microcuencas del sector (PDOT, 2015).

La presente tesis pretende contribuir en el aprovechamiento del recurso hídrico de la microcuenca Porotillo mediante un estudio hidrológico para evaluar el comportamiento de la unidad y tener conocimiento del aporte del flujo, de la misma manera la realización del diseño de un reservorio y un sistema de riego por aspersión.

En estas consideraciones, se propuso realizar el diseño de un sistema de riego por aspersión, para cultivo de maíz (*Zea mays*), en el sector Porotillo perteneciente a la parroquia Changaimina del cantón Gonzanamá.

Para ello, se ha planteado los siguientes objetivos:

#### **Objetivo general**

- Contribuir con información de los recursos hídricos y aportar al desarrollo óptimo del cultivo de maíz (*Zea mays*), a través del manejo del agua por medio del diseño de un sistema de riego en el sector Porotillo perteneciente a la parroquia Changaimina del cantón Gonzanamá.

#### **Objetivos específicos**

- Realizar un estudio hidrológico para determinar los caudales de la vertiente del barrio Porotillo para la posterior elección del sistema de riego.
- Diseñar el sistema de riego seleccionado en base al estudio hidrológico y las diferentes variables que influyen en la elección del mismo.

## 4. Marco teórico

### 4.1. Hidrología

Según Bateman (2007), la hidrología es la ciencia que estudia las aguas de la tierra, su existencia, circulación y distribución; así mismo, sus características físicas y químicas; así como su relación con otros seres vivos y el medio ambiente, en especial con los seres humanos.

Por su parte Chereque (2003), nos comparte una definición más corta donde expresa que la hidrología es la ciencia que se ocupa del estudio del ciclo hidrológico.

### 4.2. Ciclo hidrológico

Bateman (2007), expresa que los cambios que experimentan los estados del agua en su forma superficial y subterránea, se conoce como ciclo hidrológico, su estudio es importante para comprender los procesos que ocurren en la Tierra. Por otra parte, Vélez (2000), manifiesta que es el proceso continuo en el que el agua de los océanos es transportada a la atmósfera, suelo y luego al océano, como se observa en la Figura 1.

#### Figura 1.

*Ciclo Hidrológico.*



**Fuente:** (Ordoñez, 2011).

### 4.3. Cuencas

Bateman (2007), afirma que una cuenca es una unidad hidrológica superficial, para Vásconez et al. (2019), es un área definida topográficamente, drenada por un curso de agua, y con una salida para descargar su caudal existente.

Por su lado, Ordoñez (2011), manifiesta que la clasificación de las cuencas se da de la siguiente manera, endorreicas las que desembocan en un lago central y exorreicas las que drenan fuera de la unidad hidrológica.

#### **4.3.1. *La cuenca hidrográfica***

De acuerdo con Vásconez et al. (2019), las cuencas hidrográficas suelen ser utilizadas como unidad de planificación para los recursos hídricos, sin embargo, es importante notar que las cuencas hidrográficas de los ríos principales suelen estar conformadas por cuencas de menor tamaño (ríos tributarios). En Ecuador, se utiliza el concepto de demarcación hidrográfica, que es definido por la Unión Europea como la zona marina y terrestre compuesta por una o varias cuencas hidrográficas vecinas, aguas subterráneas y costeras asociadas.

#### **4.4. *Parámetros morfométricos.***

Los parámetros morfométricos de una cuenca representan un conjunto de estimaciones que comúnmente se realizan al iniciar un estudio hidrológico, con el propósito de su aprovechamiento y control. Además, estos parámetros pueden proporcionar conclusiones preliminares sobre las características ambientales de la zona de estudio, a través de la descripción detallada de la geometría de las características superficiales (Cardona, 2016).

En el contexto de la morfometría y su relación con el comportamiento de los caudales, se destaca que los parámetros morfométricos de cada superficie hidrográfica guardan una proporción directa con la capacidad de captación del agua de lluvia o cosecha hídrica. Estos parámetros influyen en la repuesta de la cuenca a los eventos climáticos, lo que se manifiesta en la cantidad de escorrentía superficial, la cual se traduce en caudales. Además, tienen un impacto significativo en el transporte de sedimentos y nutrientes a través de los ecosistemas que conforman la cuenca (Gaspari, 2012).

##### **4.4.1. *Área de la cuenca***

Es una medida que se expresa en  $\text{km}^2$ , está definida por la división de flujo de la cuenca a través de la divisoria de aguas (Cardona, 2016). Por su parte, Hurtado & Jiménez (2021), manifiestan que el área es un parámetro que se puede obtener a través del uso del programa GIS, mediante datos encontrados en cartas topográficas digitalizadas y se clasifican de acuerdo al área que presenten, desde unidad, sector, microcuenca, sub cuenca, cuenca.

##### **4.4.2. *Perímetro***

También conocido como la longitud de la línea que separa la hoya de la unidad hidrográfica, es un parámetro importante que en conexión con la cuenca nos ayuda a determinar la forma de la cuenca y se simboliza con la letra P (Velez, 2000). Según Breña & Jacobo (2006), la forma de una unidad hidrográfica varía para una misma superficie, los valores más altos de perímetros

pertenecen a cuencas alargadas, mientras que los de menor valor lo hacen con cuencas redondeadas.

## **4.5. Parámetros de forma**

### **4.5.1. Factor de forma**

El factor de forma se refiere a la relación del área de la cuenca y al cuadrado de la longitud de la cuenca, lo que determina la tendencia de la cuenca hacia las crecidas rápidas y muy intensas o, por el contrario, a crecidas lentas y sostenidas según sea su comportamiento, si esta relación tiende a valores mayores o menores, indica respectivamente una mayor o menor tendencia a dichos comportamientos. Además, es importante recalcar que esta relación proporciona información de la forma de la cuenca (Espinosa, 2020).

### **4.5.2. Curva Hipsométrica**

La curva hipsométrica representa como el área drenada varía en función de la altitud de la superficie de la cuenca. Esta curva se construye utilizando los valores de la superficie drenada, expresada en km<sup>2</sup> o en porcentaje, en el eje de las abscisas, mientras que en el eje de las ordenadas se representan las altitudes en metros (Muñoz, 2013).

## **4.6. Parámetros de red hídrica**

### **4.6.1. Densidad de drenaje**

Bateman (2007), señala que la densidad de drenaje se calcula dividiendo la longitud total de los cursos de agua de la cuenca entre el área total que engloban y de acuerdo con Fuentes (2004), este índice nos proporciona información sobre la complejidad del sistema de drenaje.

## **4.6.2. Caudal**

### **4.6.2.1. Caudal básico**

El caudal básico hace referencia al flujo mínimo en el cauce de un cuerpo de agua, siempre y cuando dicho caudal sea mayor al flujo natural que debe circular en ese momento. En caso contrario, se considera como caudal mínimo al flujo natural. Este caudal básico es esencial para que se conserve la estructura y función del ecosistema, ya que la mayoría de parámetros que se derivan están condicionados por él (Montero, 2007).

### **4.6.2.2. Caudal máximo**

Generalmente procede de la escorrentía superficial que se produce después de las lluvias, puede variar dependiendo de la intensidad y cantidad de lluvia que cae sobre la tierra, este caudal siempre aparece en la época lluviosa de las zonas (Montero, 2007).

## **4.7. Precipitación**

La precipitación puede ser provocada por la caída directa de hielo o por las gotas de agua que se forman mediante el proceso físico de condensación, en lo que se refiere a la intensidad de la precipitación aumentará con la altura de la nube en formación y la humedad del aire, esto debido a que el vapor de las nubes que pasan se condensa (Sarochar, 2012).

Seegerer & Villodas (2006), expresan que dentro de la precipitación en forma general entran todas las precipitaciones meteóricas que caen sobre la superficie de la Tierra, tanto en forma de nieve o granizo en algunas regiones del mundo, también aparece en forma de rocío y escarcha.

### **4.7.1. Precipitación media**

Según Vásquez et al. (2019), partiendo de la recopilación de los datos de las estaciones pluviométricas y pluviográficas del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología que se encuentran distribuidas en varias partes de nuestro país, es posible realizar y obtener los cálculos de precipitación media de una unidad hidrográfica.

## **4.8. Temperatura**

La elevación de la temperatura del aire se debe a la radiación solar absorbida por la atmósfera y el calor emitido por la Tierra. El calor sensible del aire circundante transfiere energía al cultivo, desempeñando un papel significativo en la tasa de evapotranspiración. En este contexto, se establece que en un día soleado y cálido, la pérdida de agua por

evapotranspiración será mayor que en un día nublado y fresco FAO (2006), Además Cucho (2018), destaca que la temperatura máxima diaria del aire ( $T_{\max}$ ) y la temperatura mínima diaria del aire ( $T_{\min}$ ) representan, respectivamente, las temperaturas máximas y mínimas registradas en un periodo de 24 horas.

#### **4.9. Humedad Relativa**

El aporte de energía del sol y del aire circundante desempeña un papel principal en la evaporación del agua, pero la diferencia entre la presión de vapor de agua en la superficie evapotranspirante y en el aire circundante es el factor determinante para la eliminación de vapor. En áreas bien regadas de regiones áridas secas y cálidas, se consume gran cantidad de agua debido a la abundante disponibilidad de energía y la capacidad de extracción de vapor de la atmósfera. Sin embargo, en regiones húmedas tropicales, a pesar de que el ingreso de energía es elevado, la alta humedad del aire reducirá la demanda de evapotranspiración. En este último caso, como el aire se encuentra cerca de la saturación, puede retener menos agua adicional, lo que resulta en una tasa de evapotranspiración más baja que en regiones áridas FAO (2006).

#### **4.10. Velocidad del viento**

El viento es uno de los factores más condicionantes del riego por aspersión, ya que provoca una distorsión en el patrón de humedecimiento, por esta razón es recomendable disminuir la distancia entre aspersores, para disminuir dicho efecto (Peralta & Simpfendorfer, 2001).

Por su lado Cucho (2018), expresa que las unidades de la velocidad del viento se expresan en metros por segundo (m/s) o kilómetros por día (km/día).

##### **4.10.1. Transpiración**

Fernández (2010), expresa que la transpiración es el proceso por el cual el agua que existe en las capas más superficiales del suelo, y especialmente la que se encuentra en contacto directo con el aire exterior se convierte en vapor y se libera a la atmósfera. Por otro lado, Briceño & Álvarez (2012), explican que la transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en el tejido vegetal y la posterior liberación hacia la atmósfera. En su mayoría los cultivos liberan este vapor de agua a través de las estomas y la vaporización del agua tiene lugar en el interior de la hoja, en los espacios intercelulares, donde casi toda el agua que ingresa a la planta es transpirada y solamente una pequeña fracción es utilizada por la planta.

#### **4.10.2. Evapotranspiración**

La tasa de evapotranspiración generalmente se expresa en milímetros (mm) por una unidad de tiempo que puede ser hora, día, década, mes o un ciclo de cultivo completo (Briceño & Álvarez, 2012).

La definición de la evapotranspiración de referencia ( $E_{To}$ ) es de gran importancia, ya que permite calcular la evapotranspiración (ET), que, al multiplicar por el coeficiente del cultivo ( $K_c$ ), nos ayudará a estimar la evapotranspiración de los cultivos (Pereira et al., 2010).

Adicionalmente Jaramillo (2006), manifiesta que la evapotranspiración es el resultado de la suma de la evaporación desde la superficie del suelo, el agua interceptada por las plantas y la transpiración de las plantas, especialmente por sus estomas. Esta variable es de vital importancia para la determinación de las necesidades de agua, tanto para un cultivo específico como para una región en conjunto.

#### **4.10.3. Evapotranspiración de referencia**

En la cuantificación del ciclo hidrológico de una cuenca, se considera como entrada principal el agua representada por la precipitación y como fuentes de salidas están: la evapotranspiración, percolación y la escorrentía (Jaramillo, 2006).

Hablamos de evapotranspiración de referencia cuando contamos con la representación de la tasa máxima de evaporación de una superficie sombreada por completo por un cultivo verde, que no tenga limitaciones en el suministro de agua, este proceso depende exclusivamente de las condiciones climáticas, por lo que expresa la influencia de la evaporación de la atmósfera en un sitio y época específica Cucho (2018). Por su parte la FAO (2006), expresa que la evapotranspiración puede calcular los datos meteorológicos.

#### **4.11. Características físicas e hidrofísicas del suelo**

De acuerdo con García (2012), las propiedades físicas e hidrofísicas del suelo engloban varios factores como: la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad de penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes, elementos que es de vital importancia conocer para entender la medida en que influyen en el crecimiento de las plantas y en caso de la irrigación de agua realizar el análisis de que método de riego implementar.



#### **4.11.1. Textura**

Según Briceño & Álvarez (2012), la textura se define como el tamaño de las partículas que componen el suelo, por su parte Vargas et al. (2011), manifiesta que dependiendo del tamaño de sus agregados, los suelos se clasifican en arenosos, limosos o arcillosos, según predomine cada uno de los distintos componentes, como se observa en la Tabla 1.

**Tabla 1.**

*Clasificación de las partículas del suelo por su tamaño.*

<b>Tipo</b>	<b>Diámetro (mm)</b>
Arena Gruesa	2,000 – 0,200
Arena Fina	0,200 – 0,020
Limo	0,020 – 0,002
Arcilla	Inferior a 0,002

**Fuente:** (Briceño & Álvarez, 2012)

#### **4.11.2. Estructura**

Moreno Ramón et al. (2010), definen a la estructura como el tipo de agrupamiento de las partículas del suelo para formar agregados y los clasifica en cuatro formas básicas: de tipo laminar, de bloques, prismáticas y masiva o sin estructura. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2006), para la descripción de un horizonte se describen tres aspectos de la estructura en cada horizonte: el tipo, grado y clase.

#### **4.11.3. Densidad y profundidad**

La densidad real ( $d_r$ ) es la relación de la masa de suelo seco y el volumen del material sólido, en la mayoría de los suelos minerales está entre 2,5-2,7 g/cm<sup>3</sup>. Para fines prácticos se considera el valor de 2,65 g/cm<sup>3</sup> (Palomino & Quintana, 2017).

Para el estudio del suelo en un campo o propiedad la técnica consiste en realizar barrenados y calicatas hasta 1 m de profundidad o más, y; se procede a conjugar tacto y vista para definir el tipo de suelo existente del lugar de estudio, cabe recalcar la importancia de la información que brindan las calicatas de las diferentes capas, además de parámetros como: la textura, estructura, consistencia, porosidad, contenido de humedad, profundidad y disposición de raíces, la estructura, consistencia y el color del suelo son también otros aspectos que ayudan al reconocer e identificar la textura (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2006).

#### **4.11.4. Infiltración**

Según Demin (2014), la infiltración es la penetración del agua en el perfil del suelo en un periodo de tiempo, esto es importante ya que determina la cantidad de agua que se filtra en un suelo, el agua que se pierde y el riesgo potencial de pérdida de suelo, conocida también como erosión, los factores de los que depende la infiltración del suelo son: textura, presencia de materia orgánica, condiciones agrícolas y cultivos anteriores.

#### **4.11.5. Capacidad de campo**

García (2012), señala que la capacidad de campo es el contenido de agua que contiene un suelo después del proceso de saturación y drenaje libre por un lapso de 24 a 78 horas. Por otra parte Vega (2011), expone que es el porcentaje de humedad que es retenida a una tensión de 1/3 de atm aproximadamente.

#### **4.11.6. Punto de marchitez permanente.**

El punto de marchitez permanente es el contenido de agua sobrante en un suelo cuando el cultivo extrajo toda el agua utilizable, este contenido de agua se encuentra retenido tan fuerte que no puede ser aprovechado por el cultivo. Este parámetro se puede determinar por medio de la siguiente regresión (García, 2012).

$$HP\%PMP = HP\%CC * 0.74 - 5$$

Por otra parte Vega (2011), expresa que el punto de marchitez permanente se conoce como límite mínimo que causa una marchitez irreversible a un cultivo.

#### **4.11.7. Densidad Aparente.**

García (2012), señala que la densidad aparente es el peso seco de un suelo dividido en volumen no disturbado, que mantiene intactas sus propiedades físicas como la porosidad. Por tanto, el proceso de extracción se debe realizar con mucha sutileza para no alterar ningún parámetro y de tal manera establecer valores correctos de las propiedades del suelo.

#### **4.11.8. Agua aprovechable**

Este parámetro se define como la diferencia entre la humedad de capacidad de campo retenida a una fuerza de 1/3 atm y el punto de marchitez permanente con una humedad retenida a una fuerza de 15 atm aproximadamente, en definitiva, es el agua que los cultivos pueden aprovechar para su óptimo desarrollo (Vega, 2011).

#### **4.11.9. Contenido de humedad**

El contenido de humedad está muy ligado al tipo de textura del suelo y al contenido de materia orgánica que contiene, por lo tanto, en suelos con alto contenido de arcilla y de materia orgánica aumenta la retención total de agua, aunque también origina grandes cantidades de agua estrechamente retenidas por adhesión, en suelos de textura media tales como los francos pueden retener grandes cantidades de agua disponible, en estos el agua es retenida más suavemente, por el contrario, en suelos arenosos se retiene muy poca agua total y menos cantidad de agua disponible (Vega, 2011).

### **4.12. Características del cultivo de maíz**

#### **4.12.1. Maíz Almendral**

En este estudio se realizó el diseño de riego por aspersión para la variedad INIAP-182 “Almendral”, que es un tipo de maíz amarillo duro que se adapta a la mayoría de valles de la provincia de Loja, con altitudes de 400 a 1400 msnm, es un cultivo tolerante a las principales enfermedades que en general lo afectan y con un alto potencial de rendimiento; de esta manera contribuye al desarrollo, seguridad y soberanía alimentaria, esta variedad de cultivo se puede sembrar a 0.80 m entre surcos y 0.50 m entre sitios, depositando 2 semillas por sitio con una densidad de 50000 plantas/ha, el cultivo debe estar libre de malezas sobre todo en los primeros estados de desarrollo y para la cosecha se lo hará cuando el cultivo pase la madurez fisiológica (Eguez et al., 2013).

## **Figura 2.**

*Maíz Almendral.*



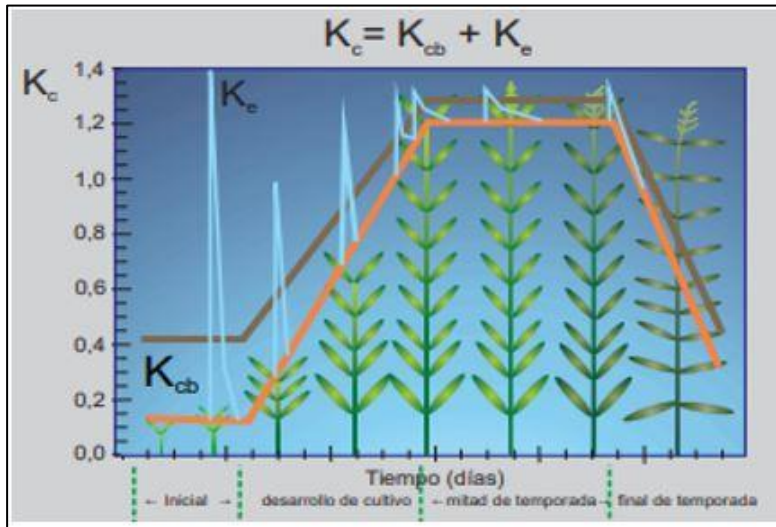
**Fuente:** (Eguez et al., 2013)

### **4.12.2. Coeficiente de cultivo ( $K_c$ )**

Según Briceño & Álvarez (2012), el coeficiente de cultivo representado usualmente por las letras  $K_c$ , es un multiplicador que se llama factor de cultivo, el cual es exclusivo para cada plantación, comúnmente sus valores son menores a 1 y varía de acuerdo a las etapas que se encuentra el cultivo, toma su valor respectivo en etapa inicial, desarrollo del cultivo, mitad de temporada final de temporada como se puede observar en la Figura 5.

### Figura 3.

Coeficiente de cultivo.



Fuente: (Briceño & Álvarez, 2012)

#### 4.13. Riego

Demin (2014), expresa que las plantas necesitan absorber agua para desarrollarse, es por ello, que cuando el contenido de agua es bajo se dificulta la absorción y por tanto es necesario regar para reponerla, en vista de ello se acude a optar por un método de riego que se acople a las necesidades hídricas del cultivo. Por su parte Briceño et al., (2012) expresan que el riego consiste en aportar agua al suelo para que las plantas tengan el suministro necesario para su correcto desarrollo.

##### 4.13.1. Fuente de captación de agua.

De acuerdo con Fernandez (2019), las fuentes de abastecimiento para un sistema de riego pueden provenir de un pozo, lago, río, vertiente, del cual es importante conocer el caudal que es capaz de aportar en forma continua, así como el descenso experimentado por el nivel del agua.

#### **4.13.1.1. Riego por superficie**

Según Pereira et al. (2010), el riego por canteros consiste en la aplicación de agua a parcelas generalmente rectangulares con pendiente casi nula, limitadas por lomos, caballones, o albardillas que impiden que el agua penetre a otros lugares.

- **Riego por surcos**

Se refiere al agua que recorre el terreno lentamente y se infiltra en los surcos que son pequeños canales equidistantes y de gran distancia (Pereira et al., 2010).

- **Riego por fajas**

Pereira et al. (2010), mencionan que este sistema realiza la división del terreno en fajas rectangulares estrechas y largas, limitadas por pabellones, con pendiente suave donde a medida que el agua recorre el terreno se infiltra aportando humedad a los cultivos.

#### **4.13.1.2. Riego presurizado**

- **Riego por goteo**

El riego por goteo es un sistema donde el agua circula a presión por la instalación hasta llegar a los emisores donde pierde presión y velocidad, la aplicación del flujo de este sistema se realiza gota a gota. Estos sistemas de riego son utilizados normalmente en cultivos con marco de plantación amplio por ejemplo en frutales. Aunque también se usan en cultivos en línea como: algodón, coliflor, repollo, patata, entre otro (Fernandez, 2019).

- **Riego por micro-aspersión**

En el riego por micro-aspersión, el agua se aplica sobre la superficie del suelo en forma de lluvia muy fina, mojando una zona determinada que depende del alcance de cada emisor. Están recomendados tanto para cultivos leñosos como para cultivos herbáceos de distinto marco de plantación. En este sistema de riego se distinguen los emisores denominados micro-aspersores y el denominado micro-difusor (Fernandez, 2019).

- **Riego por aspersión**

Pereira et al. (2010), señalan que el riego por aspersión es apropiado para la mayoría de los cultivos y se adapta a la mayoría de los suelos regables ya que tiene aspersores de alta gama con características y capacidades amplias.

#### **4.13.2. Eficiencia**

La eficiencia de riego es la cantidad de agua disponible para el cultivo que queda en el suelo después de un riego, con relación al total del agua que se aplicó (Demin, 2014).

#### **4.13.3. Riego por aspersión**

Según Pereira et al. (2010), el riego por aspersión es el agua conducida por tuberías a presión que al llegar al aspersor el chorro se rompe en muchas gotas simulando la lluvia de forma artificial que cae sobre los cultivos.

Por otro lado (Peralta & Simpfendorfer, 2001) y (Palomino & Quintana, 2017) señalan que este método distribuye de forma uniforme el agua cubriendo las necesidades de riego de los cultivos. Para este tipo de riego la presión requerida se obtiene a partir de bombas hidráulicas las cuales aspiran el agua desde un canal, reservorio, río, vertiente o pozo. Sin embargo, el sistema también puede operar sin bombas cuando la fuente de agua se encuentra en una posición más elevada que el terreno a regar.

#### **Figura4**

*Sistema de riego por aspersión.*



**Fuente:** (Pereira et al., 2010)

#### **4.13.4. Diseño Agronómico.**

El diseño de sistema de riego agronómico consiste en calcular los parámetros requeridos para que el diseño de riego por aspersion sea capaz de responder con eficiencia y suministrar el agua requerida para los cultivos en tiempo de máximas necesidades, este diseño es fase esencial del sistema de riego. (Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura, 2019)

Banchon (2021), considera que se debe estimar que las fases de riego se desarrollan en tres diferentes fases, determinar las necesidades hídricas del cultivo, calcular los parámetros de riego como: la dosis, la frecuencia, la duración, el número de emisores, el caudal entre otros parámetros y la colocación de los aspersores en el campo de estudio.

#### **4.13.5. Marco de riego**

De acuerdo con Sevilla (2010), el marco de riego se refiere al tiempo necesario para aplicar la lámina de riego total, con la finalidad de restituir el agua consumida por el cultivo y los factores ambientales en dicho período, los tipos de marco de riego más utilizados son los rectangulares, cuadrados y triangulares, sobresaliendo los de 12 x 12m, 12 x 18 m etc., de manera que el primer valor indica la distancia entre aspersores y el segundo dato la distancia entre ramales.

#### **4.13.6. Características de los aspersores**

Los aspersores son dispositivos elegidos previamente de acuerdo con los parámetros de riego, estos son los encargados de aplicar la lámina de riego que necesita el cultivo en forma de lluvia, comercialmente existe una diversidad de tipos de aspersores, en cuanto a tamaño y presión de trabajo con las consiguientes diferencias en la intensidad de precipitación, radio de alcance del chorro y distribución de la lluvia. Los fabricantes publican especificaciones de diferentes marcas y tipos de aspersores, que detallan las condiciones de trabajo de estos, lo cual permite elegir el aspersor más adecuado a la intensidad de precipitación e intervalo con el que debe cubrirse un área determinada de terreno (Peralta & Simpfendorfer, 2001).

Sus características más relevantes son:

- El caudal de un aspersor va a estar determinado por el diámetro de las boquillas y con la presión de funcionamiento.
- El alcance de un aspersor que determina el radio de humedecimiento depende del ángulo de inclinación de la boquilla y de la presión de funcionamiento



- La pulverización que es un parámetro que depende del diámetro de la boquilla y de la presión de funcionamiento, donde para un determinado diámetro de boquilla, el tamaño de las gotas es mayor, cuando la presión de funcionamiento es menor.
- La pluviometría o precipitación que expresa la intensidad del riego por aspersión y se mide por la altura de la lámina de agua recibida en el terreno en un tiempo determinado.

#### **4.13.7. Presión**

Los sistemas de riego por aspersión se basan en la conducción de agua desde la fuente que aporta el agua hasta los emisores, circulando por toda la red de tuberías cerradas. Para que el flujo llegue hasta su destino es preciso que circule con una determinada presión, de esta manera se superará la diferencia de altura a la que esté ubicada la parcela, de tal manera que los emisores funcionen correctamente (Sevilla, 2010). Por otra parte, la presión es definida por Barrera & Contreras (2004), como la fuerza ejercida sobre una superficie determinada y en lo que respecta al agua hace referencia a su circulación por la tubería y la fuerza que ejerce sobre las paredes de la misma.

#### **4.13.8. Red de distribución.**

Peralta & Simpfendorfer (2001) y Fernández (2010), comparten que la red de distribución se refiere al conjunto de tuberías que constituyen la red principal y las líneas secundarias o ramales laterales. La red principal es aquella tubería que conduce el agua a presión, desde la unidad de bombeo hasta los ramales laterales y estos son a su vez, conducen desde la red principal hasta los aspersores que están instalados sobre ellas.

#### **4.13.9. Materiales de riego**

- **Tuberías:** La tubería principal ejerce la conducción del agua desde la fuente de abastecimiento a las tuberías secundarias y estas hasta los ramales, estas se ubican sobre el terreno después de la siembra y se retiran en época de cosecha. La principal o denominada alimentadora se colocará siempre en dirección de máxima pendiente, de tal manera que la secundaria quede ubicada ya sea cerca o en la curva de nivel para que de tal manera se logre reducir las pérdidas de presión entre el primero y último aspersor de los laterales.
- **Los ramales:** en estas tuberías se instalan los aspersores ya sean móviles, semi-fijos o fijos (Peralta & Simpfendorfer, 2001).

- **Aspersores:** estos son los elementos más importantes en un sistema de riego por aspersión, ya que son los encargados de pulverizar el chorro de agua en gotas de diversos tamaños mediante las boquillas (Peralta & Simpfendorfer, 2001).

#### 4.13.10. *Diseño Hidráulico*

En el diseño hidráulico se evalúan todos los datos necesarios para que la instalación de riego sea capaz de suministrar con eficiencia óptima el agua a los cultivos en periodos de máximas necesidades, consiguiendo humedecer el volumen del suelo suficiente para un desarrollo eficiente de las raíces y un efectivo control de sales (Palomino & Quintana, 2017).

#### 4.13.11. *Pérdidas de carga*

La pérdida de carga en una conducción se refiere a la pérdida de energía causada por la circulación de fluidos a través de un conducto y se puede dividir en:

- **Continua:** Es la disminución gradual de la presión en un sistema de riego a medida que el agua fluye a través de él, y está causada por la fricción del agua con las paredes tubulares, los accesorios y otras partes del sistema de tuberías (García, 2012).
- **Localizada:** De acuerdo con García (2012), la pérdida de carga es una disminución de la presión en un sistema específico causada por irregularidades o elementos específicos durante el flujo de agua, estas pérdidas de energía se producen en puntos específicos, como válvulas, filtros, tomas de depósito y otros dispositivos o características que generan resistencia al flujo de agua. La gestión adecuada de las pérdidas localizadas es fundamental para optimizar el rendimiento del sistema y garantizar un suministro eficaz de agua a las zonas deseadas.

#### 4.13.12. *Presión de salida*

La presión de salida en un sistema de riego a presión se refiere a la presión del agua que sale del sistema de riego. En un sistema de riego a presión, el agua se bombea y se mantiene a una presión constante para asegurar que el sistema de riego funcione correctamente y el agua llegue a las áreas que se quieren regar. La presión de salida puede variar dependiendo de la configuración del sistema y la ubicación del rociador o aspersor, y es importante asegurarse de que esté ajustada correctamente para garantizar un riego efectivo (Sevilla, 2010).

#### **4.13.13. *Presión de carga***

La presión de carga se refiere a la presión del agua que entra en el sistema de riego desde una fuente externa, como una bomba v efectivo (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2020).

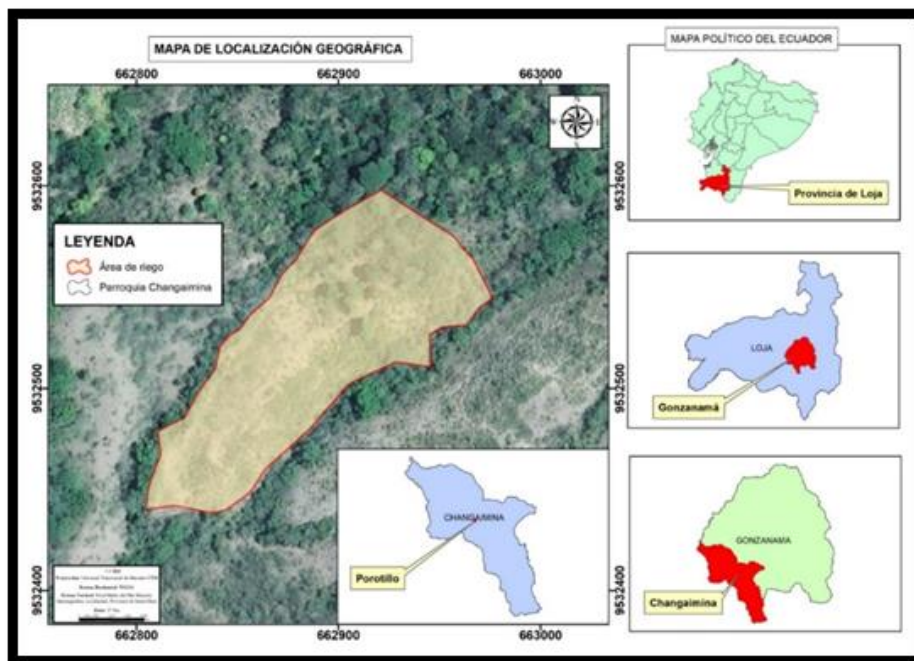
## 5. Metodología

### 5.1. Ubicación del área de estudio.

El proyecto se ubica al sur del Ecuador, en la provincia de Loja, específicamente en el cantón Gonzanamá, en la parroquia Changaimina, barrio Porotillo. La altitud de la zona es de 2.435 m.s.n.m. Está situado en una de las ramificaciones de la cordillera de Santa Rosa y las estribaciones de las ramificaciones de la cordillera de la Panumá, en las coordenadas 4°13'0" S y 79°31'0" O. El diseño del sistema se desarrolló en la finca del señor Víctor Maza.

### Figura 5.

*Ubicación geográfica del área del estudio.*



**Fuente:** Obtenida de Google Earth.

### 5.2. Descripción de la zona de estudio

El barrio Porotillo se encuentra en una región de clima tropical seco, con un relieve irregular. Esta zona es propicia para producir una variedad de cultivos como: maíz, café, fréjol, guineo. También cuentan con extensiones de árboles frutales como: naranjos, limones, limas, chirimoyos, mandarinas. La temperatura media de la zona oscila en un rango entre 18° a 23° C, y la precipitación anual fluctúa entre los 900 a 1200mm (PDOT, 2015).

### 5.3. Materiales y equipos

**Suministro de oficina:** Lápiz, Borrador, Cuaderno de apuntes, Calculadora, Cámara fotográfica.

**Equipos:** Estación total, anillos infiltrómetros, nivel, GPS.

**Recursos tecnológicos y programas:** Computadora, Software de dibujo para ingeniería, para Sistema de Información Geográfica SIG, Cropwat 8.0, material bibliográfico, Información base de mapas de uso y cobertura vegetal y de textura del suelo, anuarios meteorológicos INAMHI disponibles en los periodos de 1990 al 2010, Cartas geográficas del Instituto Geográfico Militar (IGM) de Changaimina a escala 1:50 000, Imágenes de Google Earth.

#### **5.4. Metodología.**

El proyecto de investigación se centró en el estudio hidrológico de una microcuenca y el diseño de un sistema de riego por aspersión, con la finalidad de informar sobre la naturaleza, alcance y viabilidad teórica, metodológica y técnica del trabajo en el campo de la Ingeniería Agrícola, el enfoque de la investigación se basó en una metodología descriptiva cuyo propósito fue describir, desarrollar y diseñar un sistema de riego para el cultivo de maíz (*Zea mays*),

Los datos para llevar a cabo este proyecto se los obtuvo de de las cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar (IGM), Los datos relacionados con los caudales, la precipitación media y la evapotranspiración se los extrajo de los anuarios meteorológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Lo relacionado con información sobre suelos y agua se obtuvo a través de análisis de laboratorio, los parámetros morfométricos se los hizo utilizando un software SIG (Sistema de Información Geográfica). Así mismo, los datos meteorológicos, de suelos y agua se los proceso utilizando hojas de cálculo y se realizó los cálculos necesarios para diseñar el sistema de riego de manera adecuada.

#### **5.5. Metodología para primer objetivo**

Estudio hidrológico de la vertiente que aporta al sistema de riego.

##### **5.5.1. Delimitación de la cuenca.**

Se delimitó la cuenca utilizando información cartográfica digital de la provincia de Loja, la misma que incluye datos de la red hídrica y las curvas de nivel, así mismo, se identificó el punto de interés y se procedió a delimitar la cuenca teniendo en cuenta sus puntos más altos.

##### **5.5.2. Determinación de los parámetros morfométricos.**

Una vez delimitada la cuenca, se calculó los parámetros relacionados con su forma, relieve y red hídrica, haciendo uso del sistema de información geográfica (SIG), estos parámetros incluyen el área, el perímetro, la longitud y el ancho de la cuenca, que son esenciales

para conocer el comportamiento hidrológico de la microcuenca González (2001), y con el de categorizar el tamaño de la cuenca, se hizo uso de la clasificación basada en el área propuesta por Jiménez & Materón, (1986) descrita en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Clasificación de áreas de una cuenca.*

Área (km <sup>2</sup> )	Nombre
< 5	Unidad
5 - 20	Sector
20 - 100	Microcuenca
100 - 300	Subcuenca
> 300	Cuenca

**Fuente:** (Jiménez & Materón, 1986)

La forma de la cuenca se determinó con el Índice de Gravelius o coeficiente de compactación, que según Gravelius. Citado por Luna (2017), donde se lo obtuvo con la siguiente expresión matemática:

$$K_C = \frac{P}{\sqrt{2\pi * A}} = 0,282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

**Dónde:**

**K<sub>c</sub>**= Coeficiente de compacidad o índice de Gravelius

**P**= Perímetro de la cuenca (Km)

**A**= Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

De acuerdo con González (2001), cuando el valor del coeficiente de compacidad de la cuenca se desvíe de la unidad, presentará formas irregulares y menos problemas de crecimiento; por el contrario, si el valor se acerca a uno, exhibirá una forma circular y como resultado más problemas de crecimiento como se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Clases de forma de una cuenca.*

Clase de forma	Rango de clases	Forma de la cuenca
----------------	-----------------	--------------------

<b>Clase Kc1</b>	1,0 – 1,25	Tendencia a ser redonda a oval – redonda
<b>Clase Kc2</b>	1,25 – 1,5	Tendencia a ser oval – redonda oval – oblonga
<b>Clase Kc3</b>	1,5 – 1,75	Tendencia a ser oval – oblonga a rectangular – oblonga

**Fuente:** (Muñoz, 2013)

Referente a los parámetros de relieve, este elemento se divide en pendiente y elevación media de la cuenca; en lo que respecta a la pendiente media se utilizó las herramientas de los SIG, y en base al modelo digital del terreno (MDT) descargado de la plataforma de Alaska Satellite Facility (AFS), se obtuvo el mapa de pendientes de la microcuenca Porotillo, a la cual se le realizó una recalificación de forma manual y una vez obtenidas se convirtió a polígono y se las procedió a clasificar dentro del rango de pendiente que se visualiza en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Clasificación de las pendientes medias de una cuenca.*

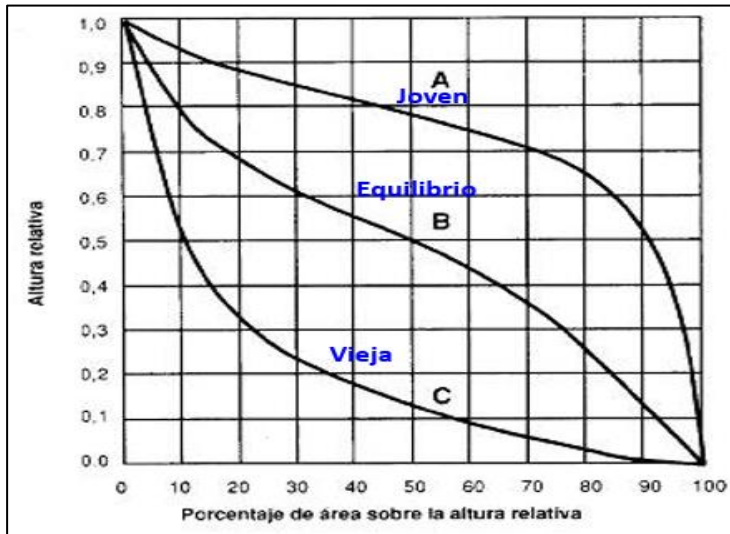
<b>Pendiente (%)</b>	<b>Clasificación</b>
Plano o casi suave	0 – 5,0
Suave o ligeramente ondulado	5,0 – 12,0
Moderadamente ondulado	12,0 – 25,0
Colinado	25,0 – 50,0
Escarpado	50,0 – 70,0
Montañoso	>70,0

**Fuente:** IGM, Mapa de pendientes, 2003. Elaborado por (Mafla et al ., 2015).

Respecto a la elevación media de la cuenca, se la realizó a través de la curva hipsométrica, la cual muestra el porcentaje de la superficie de la unidad, que se encuentra sobre una cierta cota determinada, este parámetro sirve para definir qué relieve posee la cuenca, para clasificar y describir la curva hipsométrica obtenida se utilizó la Figura 8.

**Figura 6.**

*Clasificación y descripción de la curva hipsométrica.*



**Fuente:** (González, 2001)

Los parámetros descritos a continuación hacen referencia a la red de drenaje de la unidad hidrográfica.

De acuerdo con el orden de corrientes y el grado de ramificación que posee una microcuenca, se utilizó la Tabla 5, que se muestra a continuación:

**Tabla 5**

*Clasificación del orden de corrientes.*

<b>Orden de corrientes</b>	<b>Clasificación</b>
1,0 - 2,0	Bajo
2,0 - 4,0	Medio
4,0 - 6,0	Alto

**Fuente:** (Fuentes, 2004)

Con referencia a la densidad de drenaje se calculó midiendo la longitud total del cauce de agua y dividiéndola por el área de la cuenca González (2001), y se clasificó utilizando la metodología de (Fuentes, 2004), que se muestra en la Tabla 6.



$$D_d = \frac{L}{A}$$

**Donde:**

**Dd** = Densidad de drenaje ((km/km<sup>2</sup>))

**L** = Longitud total de los cauces de agua (Km).

**A** = Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>).

**Tabla 6**

*Densidad de drenaje para cuencas hidrográficas.*

Rangos de Densidad (km/Km <sup>2</sup> )	Clases
0,1 – 1,8	Baja
1,9 – 3,6	Moderada
3,7 – 5,6	Alta

**Fuente:** (Fuentes, 2004)

Se determinó la pendiente de cauce principal con la ayuda de los SIG y con el uso del MDT se obtuvo el mapa de pendientes, donde se seleccionó el cauce principal y luego se realizó una extracción por máscara y de esta manera las pendientes se categorizaron de acuerdo con la Tabla 7.

$$S = \left[ \frac{n}{\frac{1}{\sqrt{Sn}} + \frac{1}{\sqrt{Sn}} \dots + \frac{1}{\sqrt{Sn}}} \right]^2$$

**Donde:**

**S** = Pendiente media del cauce

**n** = Número de tramos iguales

**Sn** = Pendiente de cada tramo

**Tabla 7**

*Clasificación de la pendiente media del cauce principal.*

<b>Pendiente del cauce principal (%)</b>	<b>Clases</b>
1,0 - 5,0	Suave
6,0 - 11,0	Moderado
12,0 - 17,0	Fuerte

**Fuente:** (Fuentes, 2004)

El tiempo de concentración se refiere al tiempo que una gota tarda en llegar desde el extremo de la cuenca hasta el punto de interés (Botero & Vélez, 2010).

Se determina por medio de la siguiente fórmula matemática.

$$Tc = 0,001 \left[ \frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0,64}$$

**Donde:**

**Tc** = Tiempo de concentración (en horas)

**L** = Longitud del cauce

**S** = Pendiente de la media (%)

**Tabla 8**

*Tiempo de concentración.*

<b>Tiempo de concentración (min)</b>	
<b>Rangos</b>	<b>Clases</b>
0,0 - 41,5	Rápida
41,6 - 83,2	Moderado

83,2 - 125,1	Lento
--------------	-------

**Fuente:** (Fuentes, 2004).

### 5.5.3. *Estimación de la precipitación media.*

Se identificó las estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio (Gonzanamá, Cariamanga, Changaimina y Catacocha), y se recolecto datos de precipitación de los anuarios meteorológicos del INAMHI, así mismo, se realizó el análisis y estandarización de los datos, incluyendo el relleno de datos faltantes, utilizando diferentes métodos como la media aritmética, Jansa Guardiola y compensación normal.

Cuando existen estaciones con falta de datos, se procede a realizar el relleno de datos, para ello utilizamos los métodos de razón normal, Jansa Guardiola, media aritmética y correlación normal, para ello se observó que existan estaciones con condiciones climáticas afines, de esta manera optamos por este, método (González, 2001) y (Bateman, 2007)

- En lo que refiere al método de la razón normal, según Bateman (2007), se considera que deben existir al menos tres estaciones que tengan similitud en sus datos y aplicar la fórmula:

$$P_x = \frac{1}{3} \left( \frac{N_x}{N_a} P_a + \frac{N_x}{N_b} P_b + \frac{N_x}{N_c} P_c \right)$$

$$N_x = \frac{\Sigma_{Total}}{\# \text{ Estaciones}}$$

**Dónde:**

**P<sub>x</sub>** = Precipitación a encontrar

**N<sub>x</sub>** = Precipitación normal anual de la estación para la cual se está realizando el relleno de información.

**Na, Nb, Nc** = Precipitaciones normales anuales de las estacione circundantes consideradas.

**Pa, Pb, Pc** = Precipitación de cada estación.

- Según González (2001), para la media aritmética se observó si las estaciones cuentan con condiciones climáticas que se asemejen, de esta manera se procedió a obtener el dato faltante mediante el promedio aritmético de los valores registrados.
- Referente a Jansa Guardiola se debe encontrar el valor probable que sustituya el valor que falta en la serie original de datos, para ello se hace uso de la siguiente ecuación:

$$P_m = P_{min} + \frac{c * a}{a + b}$$

**Donde:**

**a=** Es la diferencia entre los términos que se encuentran anteriores al dato faltante.

**b=** Es la diferencia entre los valores que se encuentran a continuación del dato faltante.

**c=** Es la diferencia entre los dos datos que limitan al valor faltante.

**P<sub>min</sub>**= Es el valor entre los datos que presiden y se encuentran después del dato faltante.

Se realizó el análisis de consistencia de datos para poder convalidar la homogeneidad de los datos faltantes en las estaciones elegidas, de tal manera que se cuente con datos confiables, ya que existen casos donde las estaciones cambian de lugar, posición o marca, y fue necesario llevar a cabo el método de doble masa, realizando comparaciones de las precipitaciones acumuladas anuales de una estación, con otras estaciones y realizar gráficas (Bateman, 2007).

Para estimar la precipitación media se utilizó los SIG, realizando una interpolación de los valores de precipitación y posteriormente obteniendo las capas ráster de precipitación para cada mes, luego se procedió a crear las isoyetas y considerando el límite de la unidad hidrográfica se hizo una extracción por máscara para obtener la precipitación para la microcuenca.

**a) Precipitación media de la cuenca.**

Este factor se lo realizó en el software de sistemas de información geográfica, en donde se utilizó el método de las isoyetas, con la ecuación que se muestra a continuación:

**Donde:**

**P<sub>n</sub>** = Precipitación mensual de cada estación (mm)

**An** = Área parcial de cada polígono (Km<sup>2</sup>)

**AT** = Área total de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

#### **5.5.4. Estimación de caudales medios**

Se calculó los caudales medios mensuales utilizando dos métodos: el Método Racional y el Método del Coeficiente de Escorrentía. El primero se basa en el coeficiente de escorrentía ponderado y el segundo considera el uso y tipo de suelo.

##### **5.5.4.1. Método Racional**

Cuando existe ausencia de datos de caudales podemos hacer uso del método racional y generar los caudales medios mensuales, para esto se realizó la ponderación del coeficiente de escorrentía mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{CPA}{86,4 N}$$

**Donde:**

**Q** = Caudal (l/s)

**C** = Coeficiente de escorrentía

**P** = Precipitación mensual (mm)

**A** = Área de drenaje (ha)

**N** = número de días del mes que se calcula.

##### **5.5.4.2. Método de coeficiente de Escorrentía**

Este parámetro considera el uso, tipo y cobertura de suelo, se utiliza las fórmulas presentadas a continuación:

$$V_e = C_e * V_{ii}$$

**Donde:**

**V<sub>e</sub>** = Volumen de escurrimiento mensual (mm)

**C<sub>e</sub>** = Coeficiente de escorrentía

**V<sub>ii</sub>** = Volumen de lluvia (m<sup>3</sup>)

Para obtener el coeficiente de escorrentía, fue necesario obtener el valor de K, Las ecuaciones para determinar Ce se detallan a continuación:

*Para los valores de K menores o iguales a 0,15:*

$$C_e = K * \frac{P - 250}{2000}$$

*Para los valores de K mayores a 0,15:*

$$C_e = \frac{(P - 250)}{2000} + \frac{(K - 0,15)}{1,5}$$

**Donde:**

**C<sub>e</sub>** = Coeficiente de escorrentía anual.

**K** = Parámetro que depende del tipo y uso del suelo

**P** = Precipitación anual (mm)

### **5.5.1. Curva de duración general**

Para realizar la curva de duración general de caudales de la microcuenca en estudio se tomó en cuenta los 12 meses del año y se realizó el siguiente procedimiento tomado de Juela, (2011).

Primero se ordenó los valores de los caudales de mayor a menor ( $Q_{\max} \dots Q_{\min}$ ), luego se calculó el rango de la muestra ( $R = Q_{\max} \dots Q_{\min}$ ), posteriormente se seleccionó el número de intervalo de clase (NC), de esta manera se determinó la amplitud “ $\Delta X$ ” del intervalo ( $\Delta x = R/NC$ ) y se establece los límites de la clase de cada uno de los intervalos, así también, el número de valores comprendidos en cada uno de los intervalos.

Para expresar el porcentaje del tiempo se realizó la división del número de meses de superávit para el total de frecuencias y ya que el caudal se expresa en porcentaje, este representará una probabilidad de ocurrencia del 100%.

Al final se realizó la gráfica de la curva de duración general haciendo uso del software Microsoft Excel y se determinó el caudal con una probabilidad del 75 y 80%.

#### **5.5.1.1. Caudal de la unidad Porotillo (método volumétrico)**

El aforo consistió en medir el flujo proveniente de la unidad hidrográfica Porotillo a través del método volumétrico, el cual consiste en realizar la medición tanto del agua recolectada como del tiempo de recolección, para mayor confiabilidad de los datos este proceso se debe realizar de 3 a 4 veces. Al realizar la división de del volumen de agua recolectada en litros por el tiempo empleado en segundos se obtuvo el caudal en litros por segundo, según indica (Maza, 2020).

### **5.6. Metodología para el segundo objetivo.**

Diseñar el sistema de riego, en base a los datos del objetivo uno, considerando las variables que influyen en la elección del método de riego a aplicar en el cultivo de maíz, basados en los datos obtenidos en el objetivo uno.

#### **5.6.1. Superficie por regar**

Se realizó un levantamiento topográfico en el área donde se diseñará el sistema de riego utilizando una estación total. El proceso consistió en partir de dos puntos con coordenadas conocidas y, desde esta posición, se tomaron los datos topográficos del terreno que luego fueron procesados en gabinete.

#### **5.6.2. Fuente de abastecimiento**

La fuente de abastecimiento de agua es superficial y posee un caudal bajo, por lo tanto, se realizó el diseño de un reservorio para almacenar la suficiente agua y abastecer la demanda hídrica que requiere el diseño del sistema de riego para su funcionamiento.

#### **5.6.3. Perfil del suelo.**

Para la descripción del perfil de suelo se utilizó la Guía de Descripción de Suelos del USDA (2014). Para ello se realizaron dos calicatas, una en la zona de baja pendiente y otra en la zona de alta pendiente, ambas con dimensiones de 1,0 metro de largo, 1,0 metro de ancho y 1,0 metro de profundidad, siguiendo las recomendaciones de Ciancaglini (2009).

#### **5.6.4. Parámetros hidrofísicas y físicos del suelo del área de estudio.**

Para la obtención de los parámetros hidrofísicas se tomó dos muestras de cada calicata, incluyendo muestras perturbadas y no perturbadas, para obtener los datos físicos. Posteriormente para su respectivo análisis se las envió al Laboratorio de suelos CIESSA, donde

se obtuvo datos de pH, porosidad, textura, densidad real y aparente del suelo. Además, los datos hidrofísicos como la capacidad de campo (CC), el punto de marcha permanente (PMP) y el agua aprovechable (AA).

#### **5.6.5. Velocidad de infiltración del suelo.**

La velocidad de infiltración del suelo se utiliza cilindros infiltrometros de doble anillo con tres repeticiones. El procedimiento se llevó a cabo de la siguiente manera:

Se preparó el terreno y se instalaron los anillos de infiltración, a 10 cm de profundidad del suelo, el cilindro de mayor diámetro es el externo y el de diámetro menor, es el anillo interno.

Se agregó agua a los anillos, primero al anillo exterior y luego al anillo interior.

Se realizaron lecturas de la velocidad de infiltración a intervalos de tiempo predefinidos, incluyendo 2, 3, 5, 10, 15 y 30 minutos. Debemos asegurarnos que el descenso del agua se estabilizará antes de finalizar la toma de datos.

Para obtener la velocidad de infiltración básica se utilizó la ecuación de KostiaKov.

#### **5.6.6. Infiltración acumulada**

Se calculó la infiltración acumulada utilizando la fórmula de Kostiakov. Los datos se representaron en una gráfica de la curva de infiltración acumulada en la hoja de cálculo, con el tiempo acumulado en el eje **x** y la lámina acumulada en el eje **y**, a través de la fórmula:

$$I_{cum} = A * t^B$$

**Donde:**

**$I_{cum}$**  = Infiltración acumulada (mm)

**A y B** = Parámetros de la ecuación (adimensional)

**t** = Tiempo (min)

#### **5.6.7. Infiltración instantánea**

A partir de la ecuación de infiltración acumulada, se deriva la ecuación de infiltración instantánea y se determinan las constantes necesarias para su cálculo. Esta ecuación se utiliza para estimar la velocidad de infiltración instantánea en función del tiempo.



$$I_{list} = a * t^b$$

**Donde:**

**$I_{list}$** = Infiltración instantánea (mm)

**t** = Tiempo (min)

**A y B** = Constantes negativas (adimensional), que se determina despejando las siguientes ecuaciones:

$$A = \frac{a}{(b + 1)} \rightarrow a = A(b + 1)$$

$$B = (b + 1) \rightarrow b = B - 1$$

### **5.6.8. Velocidad de infiltración básica**

La velocidad de infiltración básica se obtiene a partir de la ecuación de infiltración instantánea y se convierte en horas para su uso práctico en el diseño del sistema de riego.

$$I_{bas} \left( \frac{mm}{h} \right) = a [(-600b)]^b$$

### **5.6.9. Diseño Agronómico**

Los parámetros requeridos para realizar el diseño agronómico son: el clima, cultivo, suelo, parcela, fuente de agua y el tipo de riego que se aplicará. El procedimiento a seguir se lo tomó del libro Diseño de riego por aspersión de (Avidan, 1994).

#### **5.6.9.1. Necesidades de riego para el cultivo.**

##### **Necesidades de agua-cultivo**

Para calcular las necesidades de agua del cultivo de maíz (*Zea mays*), se utilizó la fórmula:

$$ETc = ETo * Kc$$

**Donde:**

**Etc** = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

**Eto** = Evapotranspiración de referencia (mm/día)

**Kc** = Coeficiente del cultivo

### **Necesidades totales**

Las necesidades totales de riego se las calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$Nt = \frac{Nn}{Ea}$$

**Donde:**

**Nt** = Necesidades totales de riego (mm)

**Nn** = Necesidades netas de riego (mm)

**Ea** = Eficiencia de aplicación

### **5.6.9.2. Reserva de agua disponible**

#### **Agua disponible (AD)**

La reserva de agua disponible se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$AD = CC - PMP$$

**Donde:**

**AD** = Agua disponible (mm)

**CC** = Capacidad de campo (%)

**PMP** = Punto de marchitez permanente (%)

**Reserva de agua disponible (RAD)**

El cálculo de la reserva de agua disponible en la profundidad de las raíces se realizó de la siguiente manera:

$$RAD = (CC - PMP) * \textit{profundidad de raices}$$

**Donde:**

**RAD** = Reserva de agua disponible (mm)

**CC** = Capacidad de campo (%)

**PMP** = Punto de marchitez permanente (%)

**Reserva de agua rápidamente aprovechable (RAFD)**

La reserva de agua rápidamente aprovechable se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$RAFD = RAD * f$$

**Donde:**

**RAFD** = Reserva de agua rápidamente aprovechable (mm)

**RAD** = Reserva de agua disponible (mm)

**f** = Máximo de agua aprovechable

**Dosis neta de riego (Dn)**

Para suelos estratificados, la dosis neta de riego se calculó de la siguiente manera:

$$Dn = (RAD(i1) * PS(I1) * Da(i1)) + (RAD(i2) * PS(I2) * Da(i2)) + (RAD(i3) * PS(I3) * Da(i3))f$$

**Donde:**

**Dn** = Dosis neta de riego (m<sup>3</sup>/ha)

**RAD** = Reserva de agua disponible (mm)

**P** = Porcentaje de humedad del suelo (%)

#### **Dosis total de riego (Dt)**

La dosis total de riego se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$Dt = \frac{Dn}{Ea}$$

**Donde:**

**Dt** = Dosis total de riego (mm)

**Dn** = Dosis neta de riego (mm)

**Ea** = Eficiencia de riego (%)

#### **Lámina de agua disponible a la profundidad radicular efectiva (LAzr)**

La lámina de agua aprovechable a la profundidad radicular efectiva se obtuvo a partir de:

$$LDzr = RAD$$

**Donde:**

**RAD** = Reserva de agua disponible (mm)

#### **Volumen de agua disponible a la profundidad radicular efectiva (VDzr)**

El volumen de agua disponible se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$VDzr = LDzr * 10$$

**Donde:**

**VDzr** = Volumen de agua disponible (m<sup>3</sup>/ha/zr)

**LDzr** = Lámina de agua disponible (mm)

#### **Lámina de agua aprovechable a la profundidad radicular efectiva (LAzr)**

La lámina de agua aprovechable ajustada se calculó de la siguiente manera:

$$LDzr = \frac{LDzr * Pa}{100}$$

**Donde:**

**LDzr** = Lámina de agua aprovechable (mm)

**Pa** = Máximo porcentaje de agua aprovechable (%)

#### **Porcentaje del área bajo riego (Par)**

Para el riego por aspersión, se consideró el 100% del área para riego.

#### **Precipitación horaria del sistema (Phr)**

La precipitación efectiva se calculó aplicando la siguiente ecuación:

$$Phr = \frac{qe * 100}{de * dl * Par}$$

**Donde:**

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

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

**de** = Distancia entre aspersores sobre el lateral (m)

**dl** = Distancia de aspersores entre laterales (m)

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

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

El intervalo de riego se calculó aplicando la siguiente ecuación:

$$Ir = \frac{LAzr * Par}{ETc * 100}$$

**Donde:**

**Ir** = Intervalo de riego (mm)

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

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

**ETc** = Evapotranspiración de cultivo (mm/día)

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

El intervalo de riego ajustado se calculó ajustando el valor del intervalo de riego hacia abajo para obtener el número exacto de días:

$$Ir (aj) = INTEGR0 (Ir )$$

**Donde:**

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

**Ir** = Intervalo de riego (días)

### **Ciclo de riego (CR)**

El ciclo de riego se define como el número de días durante los cuales se regará el área seleccionada:

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

**Donde:**

**CR** = Ciclo de riego (días/ciclo)

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

**Dp** = Días de paro (días)

Cuando nos referimos a los días de paro hablamos de los días donde el agricultor no realiza el riego para hacer el mantenimiento y reparaciones en el sistema.

### **Lámina de riego ajustada LR (aj)**

Se la obtiene de la siguiente manera:

$$LR(aj) = \frac{Ir(aj) * ETc * 100}{Par}$$

**Donde:**

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

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

**ETc** = Evapotranspiración de cultivo (mm/día)

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

### **Porcentaje del agua aprovechada, ajustada Pa (aj)**

El porcentaje de agua aprovechada ajustada se obtuvo de la siguiente forma:

$$Pa(aj) = \frac{LR * 100}{LDzr}$$

**Donde:**

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

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

**LDzr**= Lámina de agua disponible (mm/zr)

### **Lámina bruta LB**

Para obtener la lámina bruta se hizo uso de la siguiente ecuación matemática.

$$LB = \frac{LR * 100}{Ef}$$

**Donde:**

**LB** = Lámina bruta (mm)

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

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

### **Dosis de riego total DT**



La dosis del riego total se la consiguió de la siguiente forma:

$$DT = \frac{LB * Par}{10}$$

**Donde:**

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

**LB** = Lámina bruta (mm)

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

### 5.6.9.3. Tiempo de riego

#### Horas de riego por turno Hr

Para determinar las horas de riego por turno se utilizó la ecuación:

$$Ht = \frac{LB}{Phr}$$

**Donde:**

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

**LB** = Lámina bruta (mm)

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

#### Máximo número de turnos de riego diarios Td

El máximo número de turnos de riego diarios se calculó dividiendo las horas de riego máximas diarias entre las horas de riego por turno:

$$Td = \frac{Hm}{Ht}$$

**Donde:**

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

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

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

**Horas de riego por día Hd**

El total de horas de riego por día se obtuvo de la siguiente manera:

$$Hd = Td * Ht$$

**Donde:**

**Hd** = Horas de riego (h/día)

**Td** = Turnos por día (turnos/día)

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

**Horas de riego por ciclo Hc**

Hace referencia a las horas de operación del sistema de riego durante el ciclo de riego:

$$Hc = CR * Hd$$

**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**

El número de turno por riego se obtuvo del siguiente modo:

$$Tc = CR * Td$$

**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 ciclo $St$**

La superficie bajo riego se refiere al área que se regará bajo cada turno:

$$St = \frac{Sr}{Tc}$$

**Donde:**

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

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

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

### **Dosis de riego total por turno $Dtt$**

La dosis de riego total por turno se adquirió por medio de la siguiente ecuación matemática:

$$DTt = St * DT$$

**Donde:**

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

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

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

### **Caudal requerido**

Para la obtención del caudal requerido se hizo uso de la siguiente fórmula:

$$Qr = \frac{DTt}{Ht}$$

**Donde:**

**Qr** = 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)

### **Número de aspersores por turno Asp**

Con respecto al cálculo del número de aspersores por turno se realizó a través de la siguiente ecuación:

$$Asp = \frac{Qr}{qe}$$

**Donde:**

**Asp** = Aspersores por turno (asp/turno)

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

**Qe** = Caudal del aspersor (l/h)

### **Volumen total por ciclo de riego VTc**

Para obtener el volumen total por ciclo de riego fue necesario realizar el cálculo con el uso de la siguiente ecuación matemática:

$$VTc = DTt * Tc$$

**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.**

El caudal específico se lo calculo por medio de la siguiente expresión matemática:

$$Q_e = \frac{Q_r}{A}$$

**Donde:**

**Q<sub>e</sub>** = Caudal específico (m<sup>3</sup>/h)

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

**A** = Área total de la parcela (ha)

#### **5.6.10. Diseño Hidráulico**

- **Perdita de carga**

##### **Pérdidas de carga por fricción longitudinal en los laterales**

Para su obtención se utilizó la ecuación de Hazen-William para tuberías PVC.

$$hf = J * L$$

**Donde:**

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

**J**= Perdidas de carga (m/100m)

**L** = Longitud de la tubería (m)

El gradiente hidráulico se calculó de la siguiente manera:

$$J = 1,21 * 10^{10} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} * D^{-4,87}$$

**Donde:**

**J** = Pérdida de carga (m/100)

**Q**= Caudal transportado por la tubería (l/s)

**C** = Coeficiente de fricción, para materiales plásticos en riego es de 150

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

### **Pérdidas de carga por fricción en las salidas múltiples.**

Se determina aplicando la ecuación siguiente:

$$hf' = hf * F$$

**Donde:**

**hf'**= Pérdida de carga por fricción en las salidas múltiples (m)

**hf** = Perdidas de carga en el lateral (m)

**F** = Coeficiente de Christiansen (adimensional)

### **Pérdidas de carga locales o de accesorios en laterales**

Se obtiene en función de la velocidad del flujo promedio de la tubería y el coeficiente de resistencia:

$$h_l = K \frac{v^2}{2g}$$

**Donde:**

**h<sub>l</sub>**= Pérdida de carga total o de accesorios (m)

**K** = Coeficiente de pérdidas menores en accesorios (adimensional)

**D** = Velocidad media del flujo en la tubería (m/s)

**g** = Gravedad (9.81 m/s)

#### **5.6.10.1. Presiones**

##### **Presiones máximas en el lateral**

La diferencia de presiones entre el origen y el final de la lateral debe ser menor al 20 % de la Presión nominal:

$$\frac{P_o}{\gamma} - \frac{P_n}{\gamma} = hf \leq 0.2 \frac{P_a}{\gamma}$$

**Donde:**

$\frac{P_o}{\gamma}$  = Máxima presión en el aspersor o en origen de la lateral (m)

$\frac{P_n}{\gamma}$  = Mínima presión en el aspersor o en el último aspersor (m)

$\frac{P_a}{\gamma}$  = Presión nominal del aspersor, que se hará coincidir con la presión promedio en el ramal (m).

**hf** = Pérdida de carga en el lateral (m)

La presión en el origen de la lateral se calculó de la siguiente manera:

$$\frac{P_o}{\gamma} = \frac{P_a}{\gamma} - \frac{1}{4} hf + \frac{Hg}{2}$$

**Donde:**

$\frac{P_o}{\gamma}$  = Máxima presión en el aspersor o en origen de la lateral (m)

$\frac{P_a}{\gamma}$  = Presión de trabajo des aspersor (mca)

$\frac{Hg}{2}$  = Desnivel geométrico entre los extremos del lateral (m).

**hf** = Pérdida de carga en el lateral (m)

**Ha** = Altura del elevador

La presión al final de la lateral se obtiene con la ecuación siguiente:



$$\frac{Pn}{\gamma} = \frac{Pa}{\gamma} - \frac{1}{4} hf + \frac{Hg}{2}$$

**Donde:**

$\frac{Pn}{\gamma}$  = Máxima presión en el aspersor o al final de la lateral (m)

$\frac{Pa}{\gamma}$  = Presión de trabajo des aspersor (mca)

$\frac{Hg}{2}$  = Desnivel geométrico entre los extremos del lateral (m).

**hf** = Pérdida de carga en el lateral (m)

### 5.6.10.2. Diseño de tubería principal

#### Pérdidas de carga por fricción longitudinal en la tubería principal

Para calcular las pérdidas de carga por fricción en la tubería principal, utilizamos la ecuación de Hazen-Williams:

$$hf = J * L$$

**Donde:**

**hf** = Pérdida de carga por rozamiento en la tubería de conducción(m)

**J**= Perdidas de carga (m/100m)

**L** = Longitud de la tubería (m)

$$J = 1,21 * 10^{10} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} * D^{-4,87}$$

**Donde:**

**J** = Pérdida de carga (m/100)

**Q**= Caudal transportado por la tubería (l/s)

**C** = Coeficiente de fricción, para materiales plásticos en riego es de 150

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

#### Pérdida de carga por fricción en las salidas múltiples

Para calcular la pérdida de carga por fricción en las salidas múltiples, multiplicamos las pérdidas de carga (hf) por un coeficiente de reducción de pérdidas de Christiansen, que depende del número de salidas. Se utilizó la siguiente ecuación:

$$hf' = hf * F$$

**Donde:**

**hf'** = Pérdida de carga por fricción múltiple (m)

**hf** = Pérdidas de carga en la tubería de conducción (m)

**F** = Coeficiente de Christiansen (adimensional)

### **Pérdidas de carga locales o de accesorios**

Las pérdidas locales se determinan en función de la velocidad de flujo promedio en la tubería y un coeficiente de resistencia, utilizando la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$h_l = K \frac{v^2}{2g}$$

**Donde:**

**h<sub>l</sub>** = Pérdida de carga local o accesorios (m)

**K** = Coeficiente de pérdidas menores en accesorios (adimensional)

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

**g** = Gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

### **5.6.10.3. Cargas**

#### **Carga dinámica total**

La carga dinámica total se obtiene sumando la presión nominal del emisor y la suma de las pérdidas de carga en la tubería de conducción.

### **5.6.11. Costos del sistema de riego**

El presupuesto del diseño del sistema de riego por aspersión para la finca del señor Lorenzo Maza se ejecutó en función de los precios unitarios de cada uno de los rubros establecidos que conforman la obra en general, desde trabajos preliminares, tubería principal, tubería secundaria, laterales de riego y aspersores.

## 6. RESULTADOS

Los resultados obtenidos se detallan a continuación:

### 6.1. Parámetros físicos y morfométricos de la Unidad Hidrográfica Porotillo

Los resultados de los parámetros morfométricos: forma, relieve y drenaje, se presentan en la Tabla 9, donde se puede observar que el área obtenida de la cuenca es muy pequeña, de aproximadamente 0,075 km<sup>2</sup>, clasificándola como microcuenca. Según el factor de Gravelius posee en una forma redonda-oval oblonga, como se muestra en la Figura 9. Por otro lado, el factor de elongación es de 0,91, lo que significa que posee un relieve bajo, razón por la que los parámetros de drenaje son altos y el caudal bajo.

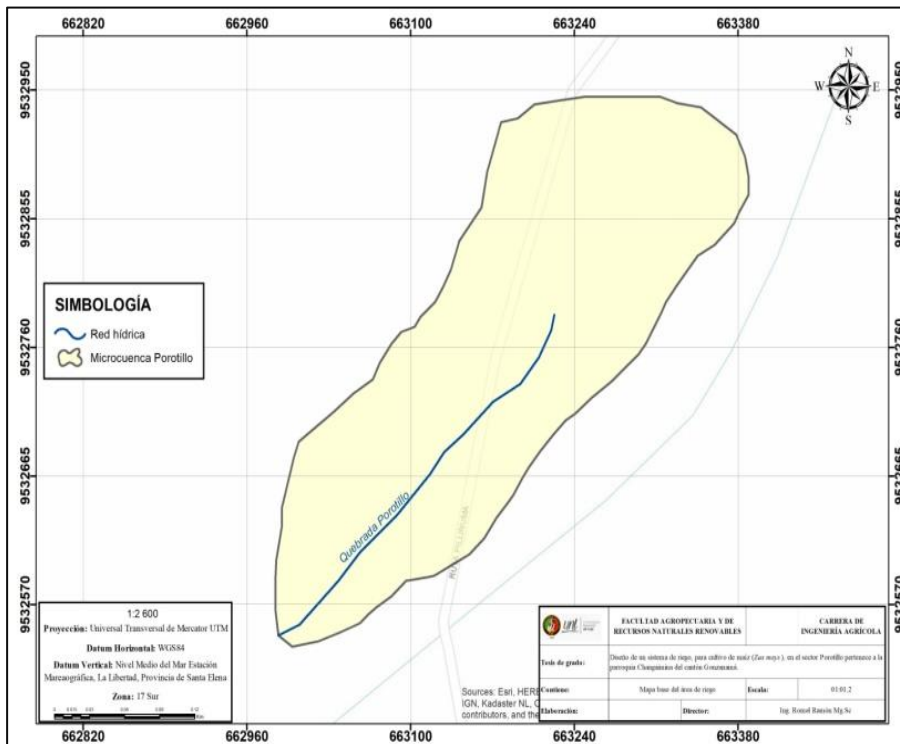
**Tabla 9**

*Parámetros morfométricos.*

<b>Parámetros de forma</b>	<b>Resultados</b>	<b>Interpretación</b>
Área	0,075 km <sup>2</sup>	Microcuenca
Perímetro	1,26 km	
Factor de forma	1,3	Redonda-oval oblonga
Factor de elongación	0,91	Relieve bajo
<b>Parámetros de relieve</b>		
Pendiente media	29,82	Colinada
Elevación Media	1660 (50.%)	Tipo B (Equilibrio)
Orden de corrientes	1	Bajo
<b>Parámetros de drenaje</b>		
Densidad de drenaje	4,5 km/km <sup>2</sup>	Alta
Densidad de corrientes	13,33	
Longitud del cauce	0,34 km	
Pendiente media del cauce	9,00 %	Moderado

**Figura 7**

*Forma base de la microcuenca Porotillo.*

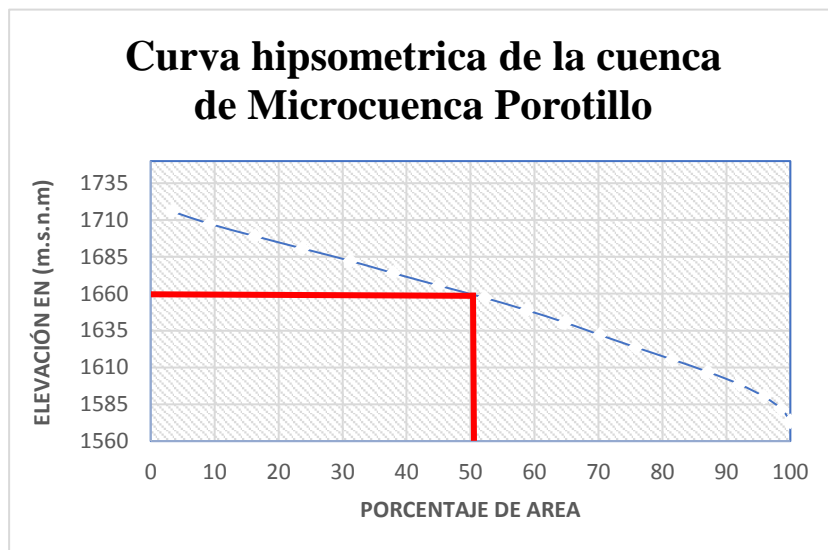


Con respecto a los parámetros de relieve, en la Figura 10 muestra la elevación media de la microcuenca en estudio, adoptando el 50% del porcentaje del área obtenida con un valor de 1660 m.s.n.m, el rango más alto es de 1710 m.s.n.m. y el más bajo aproximadamente los 1570 m.s.n.m, datos obtenidos mediante la interpretación de la curva hipsométrica.

La forma de la curva hipsométrica indica que la microcuenca Porotillo, se atribuye a una cuenca que presenta una curva de tipo B, lo que quiere decir que la microcuenca está en equilibrio o fase de madurez.

**Figura 10**

*Curva de elevación media de la microcuenca Porotillo.*



Por otra parte, dentro de los parámetros relativos a la red de drenaje el orden de corrientes es bajo, esto debido a que la microcuenca no posee ningún tributario, sino que posee un solo cauce, de esta manera adoptando el orden 1, en lo que respecta a la longitud del cauce la unidad es de 0,34 km y el resultado del tiempo de concentración obtenido por los métodos de Kirpich, Giandotti y Ve Te Chow, cuyos valores oscilan entre 2,37 y 4, 22 min, con un valor promedio de 3,18 min, se encuentran dentro del rango lento y según Vivanco, (2017) esto se debe tanto a la pendiente del cauce principal como a su longitud. Los resultados se observan en la Tabla 10.

**Tabla 10**

*Tiempo de concentración.*

<b>Método</b>	<b>Valor (min)</b>	<b>Interpretación</b>
Kirpich	2,37	Lento
Giandotti	2,96	Lento
Ve Te Chow	4,22	Lento

## 6.2. Análisis de la Oferta de Agua de la Microcuenca de Aporte

Mediante métodos estadísticos se determinó el comportamiento hidrológico de la microcuenca Porotillo, dando como resultados lo siguiente:

### 6.2.1. Precipitación media de la microcuenca Porotillo

La Tabla 11 indica la precipitación media de la microcuenca, que se obtuvo con el método de las isoyetas, donde el mes con más alta precipitación media fue febrero, con un valor de 207,12 mm/mes y el mes de septiembre con un valor más bajo de 50,83 mm/mes. Para la obtención de estos resultados se consideraron las estaciones que se encontraban más cerca de la zona de estudio y fueron: Gonzanamá, Changaimina, Cariamanga y Catacocha; siendo la estación Gonzanamá como base, esta información fue conseguida a través del INAMHI y procesada en la hoja de cálculo de Microsoft Excel.

**Tabla 11**

*Precipitación media mensual*

Meses	Precip. Esta. Base (mm/mes)	Factor de Corrección	Precip. Media (mm/mes)
Enero	195,04	0,75	83,93
Febrero	258,95	0,82	<b>207,12</b>
Marzo	329,28	0,66	203,04
Abril	262,81	0,49	137
Mayo	96,76	1,09	101
Junio	20,23	5,65	99,5
Julio	16,63	5,65	109,76
Agosto	3,77	16,09	61,23
Septiembre	30,08	1,69	<b>50,83</b>
Octubre	71,69	1,52	109,2
Noviembre	127,26	0,65	76,38
Diciembre	117,87	1,23	141,48

### 6.2.2. Caudales

Después de que se obtuvo la precipitación media de la cuenca se procedió a calcular los caudales a través del método racional, para lo cual es indispensable obtener el coeficiente de escorrentía y posteriormente se realizó la curva del caudal medio mensual de la microcuenca

que se muestra en el Anexo 2, los valores más altos oscilan entre los meses de diciembre-marzo, como se observa en la Tabla 12 y el valor más bajo en el mes de septiembre con una estimación de 0,8 l/s. El caudal que se tomó en cuenta para el diseño de riego se lo obtuvo a través del uso del método volumétrico, medido en campo y dando como resultado 1,20 l/s, para ello fue necesario realizar diferentes mediciones en los meses de época seca tales como: junio con un valor de 1,3 l/s, agosto y septiembre donde se obtuvo un dato de 1,2 l/s, octubre arrojó un caudal de 1,5 l/s; mes donde dos días previos a la medición del flujo, hubo presencia de lluvias y finalmente para el mes de noviembre se obtuvo un valor de 1,4 l/s.

**Tabla 12**

*Caudales de la microcuenca Porotillo.*

Meses	Caudal (ciclo hidrológico) l/s	Caudales método volumétrico (l/s)
Enero	2,2	
Febrero	<b>3,2</b>	
Marzo	3	
Abril	2	
Mayo	1,4	
Junio	1,5	1,3
Julio	1,4	
Agosto	0,9	<b><u>1,2</u></b>
Septiembre	<b><u>0,8</u></b>	<b><u>1,2</u></b>
Octubre	1,4	1,5
Noviembre	1,3	1,4
Diciembre	2,2	
<b>ANUAL</b>	<b>21,3</b>	<b>6,6</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>1,775</b>	<b>1,1</b>

### 6.3. Características del suelo del área de riego

#### 6.3.1. Características de las calicatas P1 y P2.

En la Tabla 13 se muestra de manera ordenada los resultados de las características del suelo de la zona de estudio, donde la altitud a la que se encuentra es de 1968 m s.n.m.; posee pendiente colinada y el terreno se localiza a pie de montaña. La humedad presente es muy baja,

presenta una cobertura vegetal de clase IV; es decir, de uso agrícola, con respecto al material parental del lugar de estudio posee rocas sedimentarias y volcánicas; para terminar la descripción se añade que el drenaje del lugar se caracteriza por ser bueno.

Referente a la descripción de suelos, la calicata P1 tiene 2 horizontes: A de espesor 00-25cm posee color 10YR 5/4 pardo amarillento en seco de acuerdo con la Tabla Munsell, y en húmedo 10YR 3/4, color Pardo Amarillento Oscuro, con textura franco arenoso, bloques subangulares gruesos, medios y finos; así mismo, poros abundantes y medios con una cantidad de raíces medias, finas y muy finas, presentando idénticos resultados con el horizonte A de la calicata P2. Por su parte la calicata P2 en el Horizonte B 20-80 presenta color Pardo Amarillento 10YR 5/4 en seco y en húmedo 10 YR 3/3 color Castaño Oscuro, de textura Franco Arcillo Arenosa, de estructura muy dura en seco y se desmorona fácilmente, posee poros frecuentes, medios y finos con muy pocas raíces.

### Tabla13

Características presentes en el suelo de la calicata P1y P2.

Variables	Calicata P1	Calicata P2
<b>Altitud</b>	1968 m s. n. m.	1968 m s. n. m.
<b>Coordenadas</b>	Latitud: 662933.499 Longitud: 9532561.666	Latitud: 662940.389 Longitud: 9532533.163
<b>Pendiente</b>	Terrazas bajas a medias	Terrazas bajas a medias
<b>Paisaje</b>	Pie de monte	Pie de monte
<b>Tipo de relieve</b>	Colinado	Colinado
<b>Forma del terreno</b>	Pendiente baja	Pendiente alta
<b>Condiciones de humedad</b>	Baja humedad	Baja humedad
<b>Pedregosidad superficial</b>	20%	10%
<b>Tamaño</b>	40 mm	30 - 40 mm
<b>Afloramientos rocosos</b>	No	No
<b>Tipo</b>	N/A	N/A



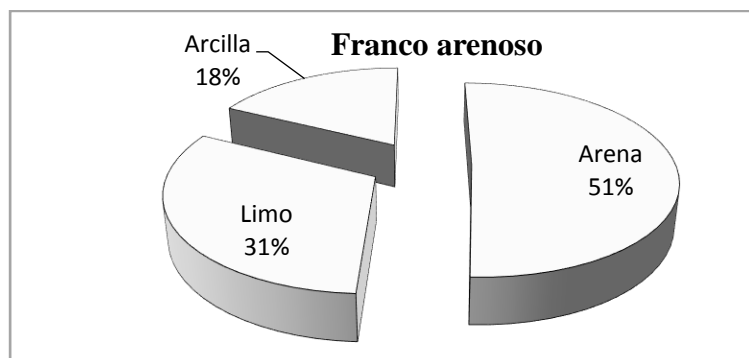
<b>Uso actual o cobertura vegetal</b>	clase IV /Uso agrícola	clase IV /Uso agrícola
<b>Material parental</b>	Rocas sedimentarias y volcánicos	Rocas sedimentarias
<b>Presencia de sales o álcalis</b>	Libre	Libre
<b>Drenaje</b>	Bueno	Bueno

### 6.3.2. *Propiedades físicas del suelo*

En lo concerniente a las propiedades físicas del suelo de acuerdo con los porcentajes detallados a continuación para la calicata P1 con porcentajes de 18 % para arcilla, 31 % limo y 51 % arena, haciendo uso del método del triángulo textural se obtuvo una textura franco arenoso.

#### **Figura 8**

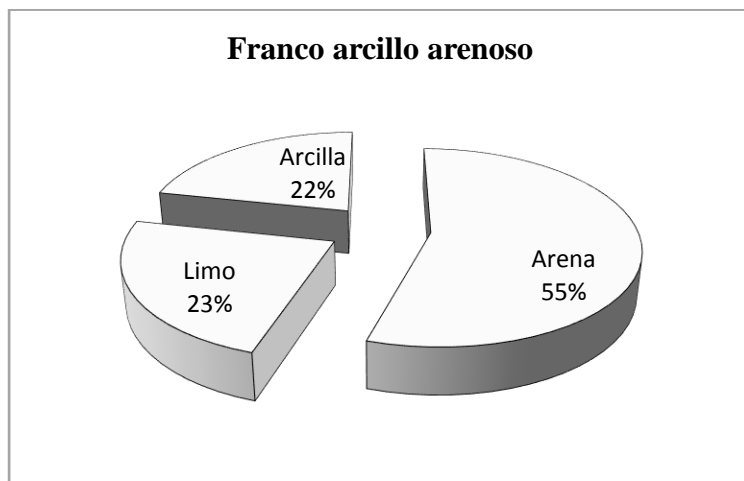
*Clase Textural y proporción de fracción de suelo de la calicata P1.*



En cambio, para la calicata P2 teniendo en cuenta los valores de 22. % arcilla, 23. % Limo y 55. % arena, según el triángulo textural, arroja un resultado de textura franca arcillo arenoso, como se puede observar en la Figura 11.

**Figura 9**

*Clase Textural y proporción de fracción de suelo de la calicata P2.*



### 6.3.3. *Propiedades hidrofísicas del suelo.*

Las propiedades hidrofísicas del suelo son elementos muy importantes ya que son base de los cálculos realizados para llevar a cabo el diseño agronómico. A continuación, en la Tabla 14 se puede observar que el suelo posee una textura para la Calicata P1 franco arenosa y para la calicata 2 Franco arcillo arenosa, con respecto a la densidad aparente es de 1,23 para P1 y 1,26 para la calicata P2, así como la Capacidad de campo de 17,75 % y 20,66 % respectivamente, el punto marchitez permanente de 9,51 % y 11,41 % y finalmente para el agua aprovechable valores de 8,23 % y 9,25 %, estos datos se los obtuvo con la ayuda del análisis de las muestras de suelo, tomadas en campo y enviadas al laboratorio de aguas, suelos y alimentos CIESSA.

**Tabla 14**

*Constantes hidrofísicas del suelo.*

<b>Variables</b>	<b>Calicata P1</b>	<b>Calicata P2</b>
<b>Textura</b>	Franco arenosa	Franco arcillo arenosa
<b>Densidad</b>	1,23	1,26
<b>Capacidad de campo</b>	17,75%	20,66%
<b>Punto de Marchitez</b>	9,51%	11,41%
<b>Agua Aprovechable</b>	8,23%	9,25%

### 6.3.4. *Infiltración Básica*

Este proceso se lo realizó con el uso de los anillos infiltrómetros, tomando en cuenta el clima, en esta ocasión se lo efectuó en un mes donde no existía presencia de lluvias, condición

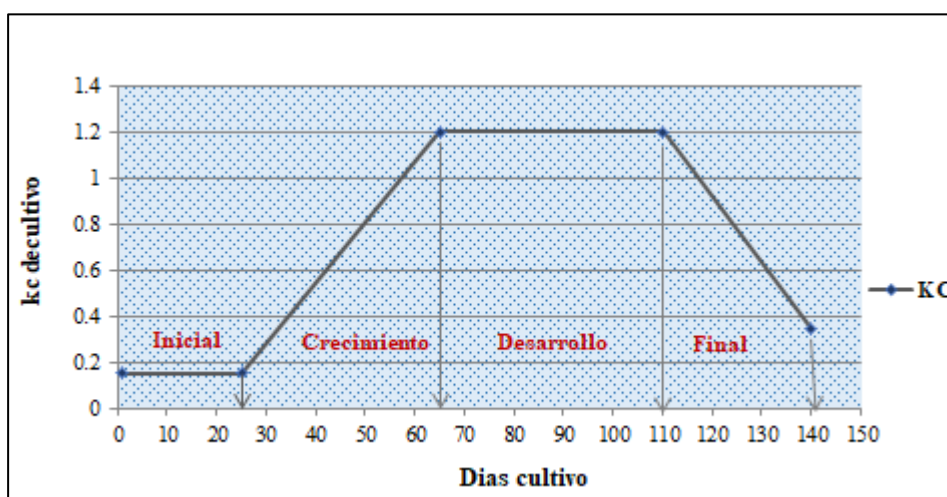
importante para obtener un valor confiable; luego de haber recolectado estos datos, se los llevo a una hoja del Software Microsoft Excel y se realizó cálculos, de esta manera se obtuvo como resultado final un valor de 20,31 mm/h, como se observa en el Anexo 7.

### 6.3.5. Coeficiente del cultivo.

La curva del coeficiente de cultivo  $K_c$  de maíz, se muestra en la Figura 14, cuyos valores varían según el desarrollo fenológico del cultivo, así el  $K_c$  en la etapa inicial posee un valor de 0,15, etapa media 1,15 y etapa final 0,15. Para el diseño del riego se utiliza el valor de 1,2 de etapa intermedia.

**Figura 10**

*Curva del coeficiente del cultivo  $K_c$*



### 6.3.6. Evapotranspiración del cultivo.

Los meses donde se encuentran valores más altos de  $E_{To}$  son los meses de época seca, los cuales tenemos agosto y septiembre, como se muestra en la Tabla 15, razón por la cual se optó por la elección de un sistema de riego para cubrir las necesidades hídricas del maíz, proporcionando el agua necesaria para su óptimo desarrollo.

**Tabla 15**

*Evapotranspiración de referencia por método de Hargreaves ( $E_{To}$ ).*

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom
					.								

<b>Eto</b> (mm/ mes)	118,23	106	106,64	103,85	109	109,79	121,34	131,46	137,16	130,49	122,66	120,94	118,13
<b>Eto</b> (mm/d ía)	3,81	3,79	3,44	3,46	3,52	3,66	3,91	<b>4,24</b>	<b>4,57</b>	4,21	4,09	3,9	3,88

### 6.3.7. Requerimientos hídricos del cultivo

Los requerimientos hídricos del cultivo de maíz se presentan en las Tablas 16 y 17, donde se asoció la duración de la etapa, que se encuentra entre los meses mayo y septiembre, el ciclo del cultivo que tiene una duración de 140 días y la Evapotranspiración de referencia con un valor de 4,07 mm/día, donde la fase intermedia es la que más necesita que riego.

**Tabla 16**

*Etapa fenológica y evapotranspiración de referencia.*

<b>Etapa fenológica</b>	<b>Periodo</b>	<b>Duración de etapa</b>	<b>Ciclo del cultivo</b>	<b>ETo</b>
		<b>días</b>	<b>días</b>	<b>mm/día</b>
<b>Fase Inicial</b>	06 de mayo- 31 de mayo	25	25	3,52
<b>Fase de desarrollo</b>	1 de junio- 10 de julio	40	65	3,78
<b>Fase intermedia</b>	11 de julio – 20 de agosto	45	110	<b>4,07</b>
<b>Fase cosecha</b>	21 de agosto- 20 de septiembre	30	140	4,04

**Tabla 17**

*Evapotranspiración del cultivo.*

<b>Etapa fenológica</b>	<b>Duración de etapa</b>	<b>Ciclo del cultivo</b>	<b>Eto</b>	<b>Kc</b>	<b>ETc</b>
	<b>días</b>	<b>Días</b>	<b>mm/día</b>		<b>mm/día</b>
<b>Fase Inicial</b>	25	25	3,52	0,15	0,52

<b>Fase de desarrollo</b>	40	65	3,78	1,2	4,5
<b>Fase intermedia</b>	45	110	4,07	1,2	<b>4,8</b>
<b>Fase cosecha</b>	30	140	4,04	0,35	1,54

### 6.3.8. Marco de riego.

La elección del marco de riego y del aspersor se lo seleccionó en base a parámetros como son: velocidad de infiltración, viento, velocidad de aplicación y su patrón de distribución.

Para el área de riego se eligió un marco de riego cuadrado de 12 x 12 metros entre aspersores y ramales como lo recomienda el fabricante, a continuación, se muestra las características.

### 6.3.9. Selección del aspersor.



- Aspersor metálico de impacto
- rosca macho de 3/4.
- Boquilla Trasera: 2,5 l
- para rendimiento mejorado
- Caudal del aspersor: 1790 l/h.
- Presión del aspersor: 3,0 bares.
- Diámetro de húmedo: 30 m.

## 6.4. Diseño Agronómico

Los resultados del diseño agronómico, se presentan en la Tabla 18, se destaca que la lámina de agua disponible para el riego es de 57,56 mm, y la lámina aprovechable es de 31,66 mm. Esto significa que se dispone de suficiente agua para satisfacer las necesidades del cultivo de maíz en la zona.

En relación con el intervalo de riego ajustado es de 5 días, lo que indica la frecuencia óptima para aplicar agua al cultivo, valores que están en concordancia con el ciclo de riego que

es de 4 días, lo que determina el período entre cada riego, con 3 turnos por día, cada uno con 2,17 horas por turno.

Finalmente, la lámina de riego ajustada es de 24,00 mm, lo que representa la cantidad de agua que se debe aplicar en cada ciclo de riego.

**Tabla 18**

*Diseño agronómico.*

<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>Lámina disponible</b>	57,56	Mm
<b>Volumen disponible</b>	575,6	m <sup>3</sup> /ha/Zr
<b>Lámina aprovechable</b>	31,66	Mm
<b>Porcentaje área bajo riego</b>	100	%
<b>Evapotranspiración del cultivo</b>	4,80	mm/día
<b>Intervalo de riego</b>	6,60	Días
<b>Intervalo ajustado</b>	5	Días
<b>Ciclo de riego</b>	4	Días
<b>Lámina de riego ajustada</b>	24,00	Mm
<b>Porcentaje agua aprovechada ajustada</b>	41,70	%
<b>Lámina bruta</b>	36,92	Mm
<b>Dosis bruta</b>	369,23	m <sup>3</sup> /ha
<b>Horas de riego por turno</b>	2,17	horas/turno
<b>Turnos por día</b>	3	Turnos
<b>Horas de riego por día</b>	6,51	horas/día
<b>Horas por ciclo</b>	26,04	horas/ciclo
<b>Turnos por ciclo</b>	12	Turnos/ciclo
<b>Superficie por turno</b>	0,12	ha/turno
<b>Dosis bruta por turno</b>	46,80	m <sup>3</sup> /turno
<b>Caudal requerido por el sistema</b>	15,75	m <sup>3</sup> /s
<b>Número aspersores por turno</b>	9	aspersores/turno
<b>Volumen bruto por ciclo</b>	561,6	m <sup>3</sup> //ciclo
<b>Caudal específico</b>	10,36	m <sup>3</sup> /s

## 6.5. Diseño Hidráulico.

Los resultados del diseño hidráulico del sistema de riego, comprende los siguientes componentes: diseño del lateral de riego, presiones en el lateral de riego, diseño de la tubería principal y secundaria, carga dinámica y costos del sistema de riego.

En la Tabla 19 se presenta los resultados del diseño de la lateral de riego por aspersión, se muestra la tubería utilizada, su caudal, los diámetros nominal e interno, la velocidad, la pérdida de carga, la pérdida de carga en el lateral, el coeficiente de Christian y finalmente la pérdida de carga corregida obtenida de la multiplicación del factor de corrección y el número de aspersores.

**Tabla 19**

*Diseño de la lateral.*

<b>Tubería</b>	<b>Q</b>	<b>L</b>	<b>Ø nom</b>	<b>V</b>	<b>J</b>	<b>hf</b>	<b>F</b>	<b>Hf</b>
	<b>l/s</b>	<b>m</b>	<b>mm</b>	<b>m/s</b>	<b>m/100</b>	<b>m</b>		<b>m</b>
<b>Lateral</b>	1	30	40	1,81	0,09	2,64	0,49	1,28
<b>Elevador</b>	0,5	1	25	1,26	0,08	0,08	1	0,33
<b>Accesorios</b>								0,91
<b>Total</b>								2,53

Caudal (Q); Longitud (L); Ø diámetro nominal (Ø nom); Velocidad (V); Pérdida de carga (J); Pérdida de carga en el lateral (hf); Coeficiente de Christiansen (F); Pérdida de carga corregida (Hf).

En la Tabla 20, se presenta los resultados de las presiones en el lateral riego, indicando que la presión en el origen de la lateral es de 33,64 m, lo que se encuentra dentro de los límites aceptables.

**Tabla 20**

*Presión en la lateral.*

<b>Presiones (m)</b>	<b>Interpretación</b>
<b>Presión en el origen de la lateral</b>	33,64
<b>Presión en el final de la lateral</b>	29,00

Diferencia de 4.64 m, valor que no sobrepasa el 20% de la presión nominal de aspersor que es 6.12 m.

En la tabla 21, se presenta los resultados del diseño de la tubería principal y secundaria, se detallan los parámetros hidráulicos de acuerdo con las tuberías utilizadas en el diseño del sistema de riego, donde la tubería principal posee 50 mm de diámetro nominal, al igual que la secundaria.

**Tabla 21**

*Diseño de la tubería principal y secundaria.*

<b>Tubería</b>	<b>Q</b>	<b>L</b>	<b>Ø nom</b>	<b>V</b>	<b>J</b>	<b>hf</b>	<b>F</b>	<b>Hf</b>
	<b>l/s</b>	<b>m</b>	<b>mm</b>	<b>m/s</b>	<b>m/100</b>	<b>m</b>		<b>m</b>
<b>Lateral</b>	1,2	45	50	1,13	0,03	1,25	1	1,25
<b>Elevador</b>	1,2	144	50	1,13	0,03	4,00	0,41	1,64
<b>Accesorios</b>								0,49
<b>Total</b>								<b>3,37</b>

Caudal (Q); Longitud (L); Ø nominal (Ø nom); Velocidad (V); Pérdida de carga (J); Pérdida de carga en el lateral (hf); Coeficiente de Christiansen (F); Pérdida de carga corregida (Hf).

En la Tabla 22, se presentan los resultados de los requerimientos de la carga dinámica total para el área de riego se requiere una carga dinámica de 33,97 m, de donde se destaca las pérdidas en las conducciones laterales de 1,49 m, secundarias 1,88 m, principales 30,60 m, además el requerimiento de presión del aspersor mínimo será de 30,60 m.

**Tabla 22**

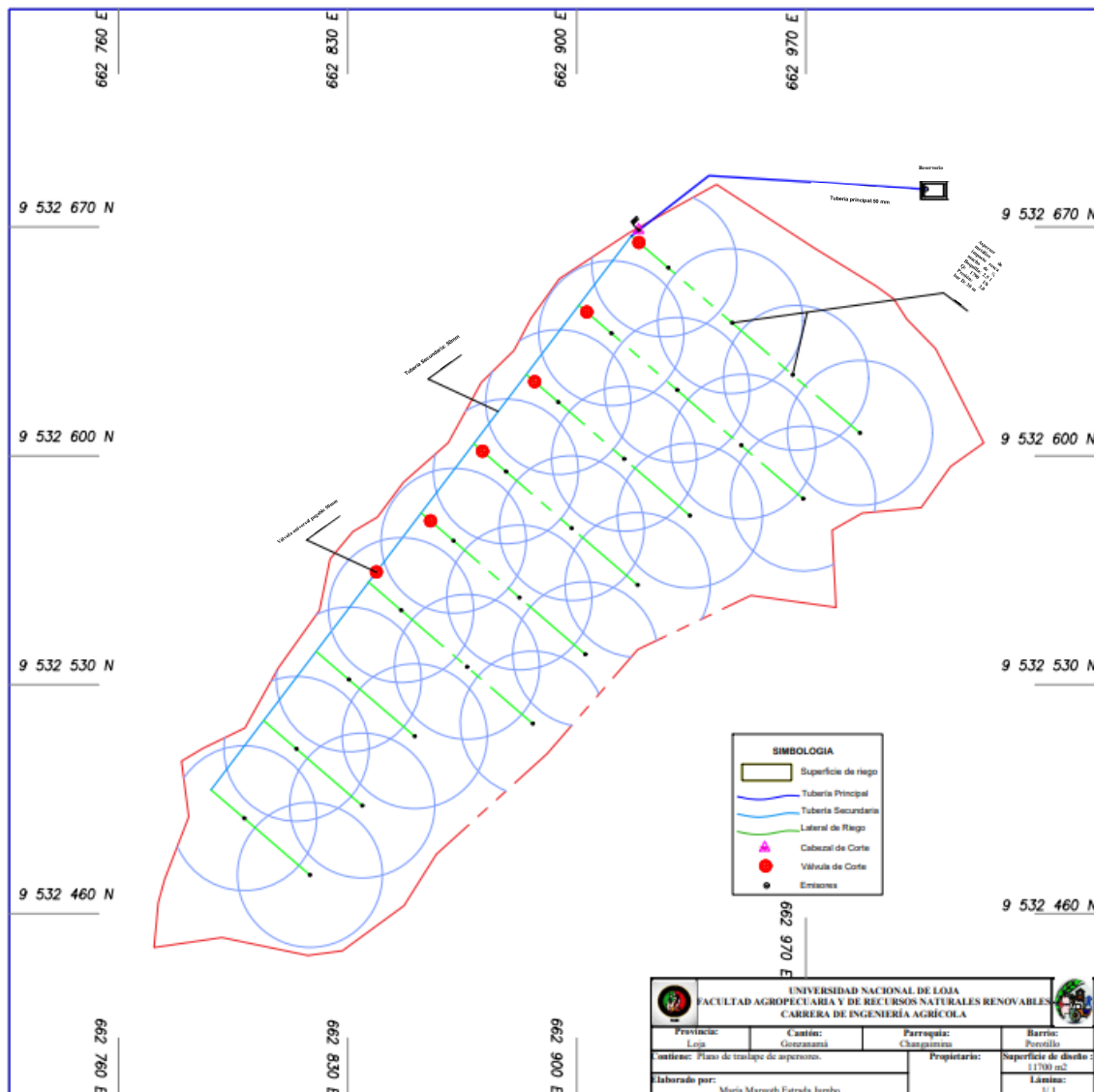
*Carga dinámica total para el área.*

<b>Conducciones</b>	<b>Perdidas (m)</b>	<b>Pérdida total (m)</b>
<b>Presión del aspersor</b>	30,60	
<b>Laterales</b>	1,49	
<b>Principal y Secundaria</b>	1,88	33,97

## 6.6. Diseño del sistema de riego por aspersión

A continuación, se aprecia el diseño hidráulico, realizado para abastecer las necesidades hídricas del cultivo de maíz y el aprovechamiento del recurso hídrico de la microcuenca Porotillo.



**Figura 11***Diseño de sistema de riego por aspersión***6.7. Costos del sistema de riego.**

El costo del sistema de riego comprende trabajos preliminares, materiales, accesorios y equipos de riego, dando un valor total de \$ 2312,48 dólares americanos.

A continuación, se presentan el presupuesto detallado con los rubros necesarios para la instalación del sistema de riego, incluyendo elementos como tuberías, válvulas, codos y aspersores.

**Tabla23***Presupuesto de materiales y accesorios para instalación del Sistema de Riego*

<b>Item</b>	<b>Rubro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.Untario</b>	<b>P.Total</b>
<b>Trabajos</b>					
<b>Preliminares</b>					
1	Trazo y replanteo	Km	1,10	27,10	29,81
	Movimientos de tierra				
2	Ecavación de zanjas-manual	m3	87,50	3,75	328,13
3	Cama de apoyo tubería	m3	10,90	2,30	25,07
4	Releno y compactado de zanjas	m3	76,50	3,45	263,93
<b>Subtotal</b>					<b>646,93</b>
<b>Tubería Principal</b>					
5	Tubo presión PVC d=50mm x 6 m	Unidad	17,50	12,94	226,45
6	Válvula universal pegable 50mm	Unidad	2,00	8,43	16,86
7	Válvula Esférica Pvc Compacta 50mm	Unidad	1,00	4,45	4,45
8	Codo PVC presión E/C d=50 mm 45°	Unidad	1,00	4,60	4,60
9	Codo PVC presión E/C d=50 mm	Unidad	2,00	3,02	6,04
<b>Subtotal</b>					<b>258,40</b>
<b>Tubería Secundaria</b>					
10	Tubo presión PVC d=50mm x 6 m	Unidad	24,00	12,94	310,56

11	Tee reductora de 50 mm a 40 mm	Unidad	9,00	2,50	22,50
12	Válvula universal pegable 50mm	Unidad	3,00	8,43	25,29
	<b>Subtotal</b>				<b>358,35</b>
	<b>Laterales de riego</b>				
13	Tubo presión PVC d 40 mm x 6m	Unidad	75,00	9,48	711,00
14	Tee reductora de 40 mm a 25 mm	Unidad	9,00	1,20	10,80
15	Válvula de bola PVC 40mm	Unidad	12,00	2,80	33,60
	<b>Subtotal</b>				<b>755,40</b>
	<b>Aspersores</b>				
16	Tee PVC Reductora de d=40 a 25 mm	Unidad	28,00	2,00	56,00
17	Cupla de reducción PVC	Unidad	28,00	1,00	28,00
18	Tubo presión PVC d=25 mm x 6 m	Unidad	5,00	3,40	17,00
19	Aspersor Naandanjain metálico a impacto rosca macho de 3/4"	Unidad	26,00	7,40	192,40
	<b>Subtotal</b>				<b>293,40</b>
	<b>Precio Total</b>				<b>2312,48</b>

## 6.8. Calidad del agua para riego

Para ser considerada agua adecuada para el riego, debe ofrecer ciertos valores mínimos, como la conductividad eléctrica de 0.07 Ds/m, un pH de 6.90 y un RAS de 2.45 meq/l, los cuales se encuentran dentro de los niveles óptimos para el riego, de esta manera cumple con la normativa establecida. De acuerdo con los resultados de los análisis realizados el recurso hídrico del barrio Porotillo se vuelve apto para su uso en actividades agrícolas, sin representar riesgos y, de hecho, contribuirá al desarrollo de los cultivos.

**Tabla 24***Análisis de agua*

<b>Características físicas</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Expresión</b>	<b>Valores</b>	<b>Norma</b>
Conductividad Eléctrica	mmhos/cm	0,07	TULSMA
Sólidos disueltos totales	mg/l	42,8	TULSMA
<b>Características químicas</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Expresión</b>	<b>Valores</b>	<b>Norma</b>
Potencial Hidrógeno	Ph	6,9	TULSMA
Amonio-Nitrógeno	mg/l	0,03	TULSMA
Nitrato-Nitrógeno	mg/l	1,4	BID
Nitrógeno Total	mg/l	1,44	BID
Fosfato-Fósforo	mg/l	1,7	BID
Carbonatos	meq/l	0	BID
Bicarbonatos	meq/l	0,25	TULSMA
Cloruros	meq/l	1,08	TULSMA
Sodio	meq/l	1,08	TULSMA
Potasio	meq/l	13,4	BID
Calcio	meq/l	0,3	BID
Magnesio	meq/l	0,09	BID
Hierro	meq/l	0,07	TULSMA
Boro	meq/l	0,02	TULSMA
Transparencia de agua	m (visual)	Visible	TULSMA
R.A.S.	meq/l	2,45	TULSMA
<b>Características microbiológicas</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Expresión</b>	<b>Valores</b>	<b>Norma</b>
Califormes Totales	NMP/100ml	1,30E+02	TULSMA

## 7. Discusión

### 7.1. Parámetros de forma

El área de estudio tiene una superficie de 0,075 km<sup>2</sup> que según el Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial, CIDIAT (1978), la clasifica como una microcuenca porque su superficie es menor a 100 km<sup>2</sup> y según (Jiménez & Materón, 1986) la catalogan como unidad, con un perímetro de 1,26 km y el coeficiente de Gravelius de 1,30; valor que coincide con el estudio de Juela (2011), en su estudio denominado “Estudio Hidrológico y balance hídrico de la cuenca ala del rio Catamayo hasta la estación arenal en el sitio el boquerón, provincia de Loja”, donde obtuvo un índice de compacidad de 1.36, clasificando a la cuenca con tendencia a ser ser ovalada – redonda a oval – oblonga, rectangular oblonga, y con Muñoz (2013) en su estudio hidrológico correspondiente a las Microcuencas del Río Malacatos y las quebradas Amanda, Mónica y Santa Urcu para el abastecimiento de agua potable en la ciudad de Loja donde obtiene un valor de Kc de 1.20 y realiza la clasificación dentro del rango que denomina a su cuenca en estudio con tendencia de forma redonda a oval oblonga, que de acuerdo con González (2001), su tendencia a las crecidas es media y la escorrentía tarda más tiempo en llegar al punto de interés, dicho valor también coincide con el estudio realizado por Nero (2020), en las microcuencas San Ignacio y La Vega en donde determinó valores de 1,23 y 1,19 respectivamente, las cuales manifiestan tendencia a ser redonda a oval-redonda. Por otro lado, el relieve que posee la microcuenca es bajo ya que cuenta con un factor de elongación de 0,91.

### 7.2. Parámetros de relieve

La pendiente media de la microcuenca Porotillo es de 29,82 %, que según Fuentes (2004) la interpreta como colinada, ya que se encuentra en el rango entre 25 y 50 %, como se visualiza en la Tabla 4; mientras que, Maldonado (2018) señala que el escurrimiento es bajo debido a la pendiente, esto se debe a que presenta una velocidad de infiltración alta de 20,31 mm/h como consta en el Anexo 7, estos resultados son similares al estudio realizado por Nero (2020), en la microcuenca La Vega cuya pendiente media es de 42,0.% y su escurrimiento menor.

La altitud media es de 1660 m.s.n.m., valor que se obtuvo a través de la curva hipsométrica, que basándose en la Figura 8, su forma se encuentra en etapa B, es decir, en equilibrio y representa una microcuenca geológicamente madura según González (2001), esto

coincide con lo obtenido por Luna (2017), en la Quebrada San Agustín y por Nero (2020) para las microcuencas San Agustín y La Vega las cuales están en etapa de equilibrio, referente a al parámetro orden de corrientes donde se estableció según los estudios realizados, que la unidad Porotillo posee una corriente de orden 1; ya que no tiene tributarios y que según la Tabla 5 la clasifica como bajo.

### **7.3. Parámetros relativos a la red de drenaje.**

La densidad de drenaje posee un valor de  $4,5 \text{ km/km}^2$ , que en base a la clasificación de la Tabla 6, la unidad hidrográfica presenta un rango alto de densidad. La longitud del cauce principal es 0,34 km con pendiente media de 9,0 % que de acuerdo con Fuentes (2004), en la Tabla 7, se cataloga con pendiente media moderada, con un tiempo de concentración según Kirpinch de 2,37 minutos, de acuerdo con Giandoti 2.96 min y Ven Te Chow un valor de 4,22 minutos; valores que según la Tabla 8, se encuentran dentro de la clasificación moderado, que es el tiempo aproximado que tarda en llegar una gota de lluvia desde el extremo más alejado de la cuenca hasta el punto de interés.

### **7.4. Precipitación media de la cuenca.**

Como se observó en la Tabla 11, los valores que presentan mayor precipitación se registran entre los meses de noviembre a abril, sin embargo, los meses con menor precipitación son de junio a octubre, estos resultados coinciden con la investigación realizada por Luna (2017), en la microcuenca San Agustín, en donde menciona que las mayores precipitaciones están entre los meses de diciembre y abril, período considerado como lluvioso, mientras que el período seco está determinado entre mayo y noviembre. Con similares intervalos de tiempo (diciembre – abril y mayo - noviembre) los cuales concuerdan con los periodos invernal y seco, determinados por Nero (2020) en las microcuencas Vega y San Ignacio, donde se determina que en este período es donde se necesita abastecer las necesidades de agua con la ayuda del riego para los cultivos.

### **7.5. Caudales**

Los caudales obtenidos por medio del estudio hidrológico que se observan en la Tabla 12, donde se evidencia que los valores más bajos se dan en los meses entre mayo-noviembre y los caudales más altos se aprecian en la época lluviosa diciembre-abril, estos valores son similares con los del estudio de Estimación de la disponibilidad y demanda hídrica en la

Parroquia Sacapalca para su aprovechamiento en el suministro de agua para riego realizada por Nero (2020), donde los meses de caudal más bajo son entre mayo y noviembre para la microcuenca San Ignacio y La Vega. Referente al caudal aforado en campo de la Microcuenca Porotillo fue de 1,2 l/s; aforado entre los meses de junio a noviembre, este valor es similar con la investigación realizada por Lapo (2023), con valor de 1.03 l/s para un sistema de riego por aspersión en el estudio Diseño de un sistema fotovoltaico para riego de maíz en el sitio “Cuatro Lomas” del cantón Chaguarpamba.

## **7.6. Descripción del perfil del suelo**

La Tabla 13 muestra la descripción del perfil y los horizontes del suelo, mismos que se localizan a una altitud de 1968 m.s.n.m., con pendiente colinada ubicada a pie de montaña, relieve montañoso, baja pendiente y condición de humedad con un porcentaje pequeño de pedregosidad; su uso o cobertura es de tipo agrícola y cuenta con material parental sedimentarias y volcánicas.

Es importante contar con condiciones adecuadas para que los cultivos se desarrollen adecuadamente, los análisis de laboratorio nos dicen que contiene 53% de arena, 27% de Limo y 20 % de arcilla datos que según Demin (2014), es la manera en que el agua infiltrará en el suelo; es así, que por medio de este parámetro se conocerá componentes como tiempo de riego, tamaño de unidades de riego, mismos que servirán para el diseño del riego. Estos resultados son similares a los del trabajo realizado por Erreyes (2021), en diseño de un sistema de riego por aspersión para la producción de forraje y cultivos locales donde tiene valores de 66% de arena, 22% de limo y 12% de arcilla.

La importancia de este factor radica en el tipo de suelo que tenemos ya que fue uno de los factores que se tomó en cuenta para la elección del aspersor, así mismo, para realizar la relación con los valores obtenidos de la prueba de infiltración realizada en campo.

## **7.7. Velocidad de infiltración básica**

Para la velocidad de infiltración básica del agua en el suelo se realizaron 3 repeticiones en un clima despejado sin precipitaciones previas al ensayo, cuya velocidad fue de 20,31 mm/h, donde la fluctuación de la velocidad de infiltración básica según el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (2013), se encuentra entre 20 y 30 mm/h para suelos franco-arenosos, por tanto, el dato obtenido se encuentra dentro del rango establecido para la textura existente en el terreno de estudio; por otra parte, este valor coincide con el estudio denominado

evaluación y mejoramiento técnico de la eficiencia de riego presurizado en el cultivo de café en el sector Potrerillos, cantón Gonzanamá, ejecutado por Maza (2020), donde obtiene un valor de infiltración básica de 20,56 mm/h.

### **7.8. Diseño Agronómico**

Uno de los parámetros necesarios para realizar el diseño agronómico es la ETo, en este caso se la estableció por el método de Hargreaves; donde el valor máximo se establece en el mes de septiembre y el dato menor en el mes de marzo; posteriormente se investigó la etapa fenológica del maíz en la FAO y se procedió a calcular la evapotranspiración del cultivo, con un valor de 4.8 mm/día para la fase intermedia.

El requerimiento hídrico del cultivo de maíz esta entre 4,03 y 4,42 mm /día, siendo el último correspondiente a la fase intermedia, de acuerdo con Álvarez (2022) en su estudio diseño de un embalse con fines de riego, para una finca en el sector Yambananga, los requerimientos hídricos dependen de factores entre los que destacan el clima, consumo hídrico según la especie y el estado de desarrollo del cultivo; así mismo, permiten mantener la suficiente humedad en la zona radicular del cultivo en base a factores climáticos, fenología del cultivo y las particularidades del suelo, con una lámina disponible de 57,56 mm y una lámina de riego ajustada de 24,00 mm/día, valores que tienen similitud con la investigación ejecutada por Robles (2017) en el diseño de sistema de riego por aspersión y goteo en cultivos perennes con valores que datan para la lámina de riego 54,60 mm/día y de 25,73mm/ día para la lámina de agua fácilmente aprovechable corregida por la frecuencia para cubrir las carencias hídricas del café. Este diseño requiere un intervalo ajustado de riego de 5 días que se llevaran a cabo en 3 turnos, datos que son similares al estudio realizado por Guailas (2023) en el diseño de sistema de riego por aspersión para el cultivo de brócoli donde también posee 3 turnos y para satisfacer las necesidades hídricas es necesario regar 10 horas al día en una superficie de 0,64 ha; sin embargo, para el funcionamiento de este sistema se regará 6 horas al día para una superficie de 1,17 ha.

Por otra parte, el aspersor seleccionado posee un caudal de 1790 l/h, con un diámetro de humedecimiento de 30 metros y una presión de 3 bares, con separación de 12 m entre aspersores y de 12 m entre laterales,



### **7.9. Diseño Hidráulico.**

Las pérdidas de carga que sufre el sistema de riego se deben al material rugoso utilizado, así también por accesorios de conexión. El proyecto se aplicó para toda el área, consta de tubería principal, secundaria y laterales. Para la línea principal el sistema opera con un diámetro de 50 mm; así mismo la secundaria con un diámetro de 50 mm, la presión en el origen de la lateral es de 33.64 m y al final 29.00 m, con una diferencia de presión de 4.64 m; valor que no excede el 20% de la presión nominal que es 6.12 m, criterio validado por Monge (2018), que expresa que la diferencia de presiones no debe sobrepasar el 20% de la presión nominal del aspersor. Este diseño poseerá 9 laterales, los dos primeros operan con 4 emisores, los cuatro siguientes con 3 aspersores y tres últimos con 2 aspersores, dando cobertura total al área.

## 8. Conclusiones

- La microcuenca Porotillo tiene una forma redonda-oval oblonga, lo que sugiere una tendencia a crecidas de nivel medio. La escorrentía superficial en esta microcuenca tarda más tiempo en llegar al punto de interés, lo que es beneficioso para el recurso hídrico disponible.
- El relieve en la microcuenca es bajo, con un factor de elongación de 0.91 y una pendiente media colinada de 29.82%. Además, la microcuenca experimenta caudales bajos durante el tiempo de estiaje, lo que contribuye al recurso hídrico durante todo el año.
- El análisis del agua de la fuente de abastecimiento demuestra que cumple con los requerimientos mínimos necesarios para ser considerada apta para riego.
- Los valores de conductividad eléctrica (0.07 Ds/m), pH (6.90), y RAS (2.45 me/l) se encuentran dentro del rango óptimo para riego, lo que significa que el agua no causará ningún tipo de daño a los cultivos.
- La superficie de riego se calculó en 1,17 hectáreas y se destina completamente al cultivo de maíz (*Zea mays*). El suelo tiene una textura franco-arenosa y propiedades hidrofísicas que incluyen una capacidad de campo (CC) del 17,75%, un punto de marcha permanente (PMP) del 9,51%, un agua aprovechable (AA) del 8,23%, y una densidad aparente de 1,19 g/cm<sup>3</sup>. Estas condiciones son adecuadas para el desarrollo de cultivos tanto cortos como perennes.
- Se establece que el diseño agronómico del sistema de riego se calcula con una frecuencia de riego de 4 días, dividida en 3 turnos con un total de 9.31 horas de riego por día, utilizando aspersores modelo Naandanjain con una precipitación horaria de 1790 l/h.
- El diseño hidráulico comprende 9 laterales, una tubería secundaria y principal de 50 mm de diámetro, con 9 aspersores operando en cada turno de riego. Las pérdidas por fricción en las tuberías se estiman en 4.64 metros.

## 9. RECOMENDACIONES

- Es importante incentivar estrategias y estudios que mejoren la parte superior de la Microcuenca Porotillo, con obras para conservación donde se pueda realizar

reforestación, de preferencia con árboles nativos para disminuir la escorrentía superficial y evitar la erosión, de esta manera ayudar a la infiltración del agua lluvia y mejorar el flujo hídrico de esta unidad.

- Referente a futuros estudios hidrológicos se recomienda realizar la implementación de estaciones meteorológicas e hidrométricas cerca de la zona de estudio para obtener datos 100% reales, esto debido a que las estaciones actuales existentes se encuentran a una gran distancia y no es posible contar con datos que sean del todo confiables.
- Respecto al terreno para el cual se diseñó el sistema de riego se recomienda plantar árboles frutales en las partes de mayor pendiente con la finalidad de ayudar a la conservación de suelos, evitando la erosión del mismo, de esta manera reducir afectaciones en el cultivo de maíz.
- Se recomienda realizar mantenimiento tanto en la microcuenca de donde se recoge el agua para riego, así mismo del reservorio para evitar accidentes humanos y de animales, así también, tener en cuenta las tuberías, en caso de taponamiento por raíces o daños por el ser humano y animales.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

Alberto, L. (2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del gobierno autónomo descentralizado de Changaimina*. <https://docplayer.es/149026940-Plan-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial-del-gobierno-autonomo-descentralizado-de-changaimina.html>

- Álvarez, M. (2022). *Diseño de un Embalse con fines de riego, para una finca en el sector Yambananga, de la parroquia Purunuma, del Cantón Gonzanamá, de la provincia de Loja*. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/24557>
- Banchon, J. (2021). *Diseño de un sistema de riego por aspersión en cultivo de banano para la «Finca el Garrido» ubicada en Calichana, cantón Pasaje, provincia del Oro*. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6363/1/UPSE-TIA-2021-0079.pdf>
- Barrera, C., & Contreras, J. (2004). *Componentes de un sistema de riego localizado, presión y caudal*. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/40169/NR30875.pdf?sequence=1>
- Bateman, A. (2007). *Hidrología básica y aplicada*. <https://www.upct.es/~minaees/hidrologia.pdf>
- Breña, A., & Jacobo, M. (2006). *Principios y fundamentos de la Hidrología superficial*. <https://es.slideshare.net/leungra/principios-y-fundamentos-de-la-hidrologa-superficial>
- Briceño, M., & Álvarez, F. (2012). *Manual de riego y drenaje*. [https://www.se.gob.hn/media/files/media/Modulo\\_5\\_Manual\\_de\\_Riego\\_y\\_Drenaje..pdf](https://www.se.gob.hn/media/files/media/Modulo_5_Manual_de_Riego_y_Drenaje..pdf)
- Cardona, B. (2016). *Conceptos básicos de morfometría de cuencas hidrográficas*. <https://core.ac.uk/download/pdf/35294551.pdf>
- Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial. CIDIAT (1978). *Generalidades*. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/238/2/03%20REC%20129%20%20Documento.pdf>
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. (2013). *Fitomejoramiento fisiológico I: Enfoques interdisciplinarios para mejorar la adaptación del cultivo*. <https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/3207/97923.pdf?sequence=6>
- Chereque, W. (2003). *Hidrología*. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/28689/hidrologia.pdf>
- Ciancaglini, N. (2009). *Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico*. [http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20\\_R001\\_Guía%20para%20la%20determinación%20de%20textura%20de%20suelos%20por%20método%20organoléptico.pdf](http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20_R001_Guía%20para%20la%20determinación%20de%20textura%20de%20suelos%20por%20método%20organoléptico.pdf)

- Cucho, E. (2018). Diseño hidráulico del sistema de riego tecnificado en las áreas verdes del condominio el nuevo rancho, distrito de Miraflores, Lima- Lima. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/8861>
- Demin, P. (2014). *Métodos de riego agrícola: fundamentos, usos y adaptaciones para mejorar la eficiencia en el manejo de los sistemas de riego*. <https://es.scribd.com/document/356278104/Inta-Aportes-Para-El-Mejoramiento-Del-Manejo-de-Los-Sistemas-de-Riego>
- Eguez, J., Pintado, P., & Molina, R. (2013). *INIAP-182 «Almendral»*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2340/1/FT.pdf>
- Erreyes, E. (2021). *Diseño de un sistema de riego por aspersión para la producción de forraje y cultivos locales en un predio ubicado en la parroquia San Antonio de Cumbe, cantón Saraguro, Loja*. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/24453>
- Espinosa, C. (2020). *Correlación entre geología y parámetros morfométricos de cuencas sedimentarias en Colombia*. [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_civil](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil)
- Fernandez, A. (2019). Estudio agronómico e hidráulico del sistema de riego tecnificado Pumahuanca, distrito de Urubamba - provincia de Urubamba - Cusco. *Repositorio de Tesis - UNMSM*. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/11448>
- Fernández, R. (2010). *Manual de Riego para Agricultores Módulo 1: Fundamentos del Riego*. [https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160941Fundamento\\_del\\_riego\\_1.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160941Fundamento_del_riego_1.pdf)
- Fuentes, A. (2004). *Análisis morfométrico de cuencas: caso de estudio del Parque Nacional Pico de Tancítaro*. <https://agua.org.mx/biblioteca/analisis-morfometrico-de-cuencas-caso-de-estudio-del-parque-nacional-pico-de-tancitaro/>
- García, P. (2012). *Metodología para determinar los parámetros hídricos de un suelo a campo*. <http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/Metodologia%20para%20determinar%20los%20parametros%20hidricos%20de%20%20un%20suelo%20a%20campo.pdf>
- Gaspari, F. (2012). *Vista de caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina*. <https://revistas.unlp.edu.ar/domus/article/view/476/505>
- González, Á. (2001). *Inventario Hidrológico de la Cuenca Superior del Río Zamora aplicando Sistemas de Información Geográfica (SIG)*. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5854/1/Inventario%20Hidrológico%20de%20la%20Cuenca%20Superior%20del%20Río%20Zamora.pdf>

- Guailas, Á. (2023). *Diseño de un sistema de riego por aspersión para el cultivo de brócoli (Brassica oleracea var. italica) en barrio La Victoria, parroquia Sucre, cantón y provincia de Loja*. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/26085>
- Hurtado, W., & Jiménez, Á. (2021). *Morfometría, Hidrología e Hidrometría de la cuenca Urcuahuaycu y propuesta de recuperación*. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/26077/1/T-ESPE-044816.pdf>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2020a). *Sistemas de riego por goteo, microaspersión y aspersión*. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/21092/BVE22098484e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2020b). *Sistemas de riego por goteo, microaspersión y aspersión*. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/21092/BVE22098484e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura. (2019). *Diseño agronómico del sistema de riego por goteo*. <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/diseno-agronomico-del-sistema-de-riego-por-goteo>
- Jaramillo, A. (2006). Evapotranspiración de referencia en la región andina de Colombia. 288 *Cenicafé*, 57(4), 288-298. [https://www.cenicafe.org/es/publications/arc057\(04\)288-298.pdf](https://www.cenicafe.org/es/publications/arc057(04)288-298.pdf)
- Jiménez, H. & Materón, H. (1986). *Hidrología Básica*. Univalle.
- Juela, O. (2011). *Estudio hidrológico y balance hídrico de la cuenca alta del río Catamayo hasta la estación el Arenal en el sitio Boquerón, provincia de Loja*. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/4950/1/ESTUDIO%20HIDROLÓGICO%20Y%20BALANCE%20HÍDRICO%20DE%20LA%20CUENCA.pdf>
- Lapo, R. (2023). *Diseño de un sistema fotovoltaico para riego de maíz en el sitio “Cuatro Lomas” del cantón Chaguarpamba*. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/27791>
- Luna, A. (2017). *Planeación de los recursos hídricos con fines de riego, en el sistema La Era, utilizando los sistemas de información geográfica (sig)*. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/19710>
- Maldonado, P. (2018). *Análisis de la disponibilidad y demanda hídrica en el sistema de riego Paquishapa*. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/19767>
- Manrique, G., Rojas Bustamante, O., Tiaguaro Rea, Y., Silva Bastidas, R., Tiaguaro, Y., Silva, R., Arteaga, M., Pozo, D., Ramos, A., José Calero, J., & Osorio Sánchez, R. (2021).

- Ministerio del ambiente, agua y transición ecológica.* <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/12/PLAN-NACIONAL-DE-RIEGO-Y-DRENAJE-2021-2026-PARA-PUBLICAR.pdf>
- Maza, H. (2020). *Evaluación y mejoramiento técnico de la eficiencia de riego presurizado en el cultivo de café en el sector Potrerillos cantón Gonzanamá.* <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/22976/1/Henry%20Rene%20Maza%20Buele.pdf>
- Monge, M. (2018). *Diseño agronómico e hidráulico de riegos agrícolas a presión.* [https://dama.umh.es/discovery/fulldisplay?docid=alma991000791929706331&context=U&vid=34CVA\\_UMH:VU1&lang=es](https://dama.umh.es/discovery/fulldisplay?docid=alma991000791929706331&context=U&vid=34CVA_UMH:VU1&lang=es)
- Montero, J. (2007). *El método del caudal básico para la determinación de caudales de mantenimiento aplicación a la Cuenca del Ebro.* <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8236/Tjam1d1.pdf>
- Moreno, H., & Gisbert, J. (2010). *La estructura del suelo.* <https://riunet.upv.es/handle/10251/8010>
- Muñoz, J. (2013). *Estudio hidrológico correspondiente a las microcuencas del río Malacatos y las quebradas Amanda, Mónica y Santa Urcu para el abastecimiento de agua potable en la ciudad de Loja.* <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11485/1/ESTUDIO%20HIDROLÓGICO%20CORRESPONDIENTE%20A%20LAS%20MICROCUENCAS%20DEL%20RÍO%20MALACATOS%20Y%20LAS%20QUEBRADAS%20AMANDA%20MÓNICA%20Y%20SANTA%20URCU%20PARA%20EL%20ABASTECIMIENTO%20DE%20AGUA%20POTABLE%20EN%20LA%20CIUDAD%20DE%20LOJA.pdf>
- Nero, L. (2020). *Estimación de la disponibilidad y demanda hídrica en la parroquia Sacapalca para su aprovechamiento en el suministro de agua para riego.* <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23568/1/Luis%20David%20Nero%20Gualan.pdf>
- Ordoñez, J. (2011). *Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral de Recurso Hídrico.* [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam\\_files/publicaciones/varios/ciclo\\_hidrologico.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/ciclo_hidrologico.pdf)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2006). *Evapotranspiración del cultivo.* <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2013). *Captación y almacenamiento de agua de lluvia.* [www.rlc.fao.org](http://www.rlc.fao.org)

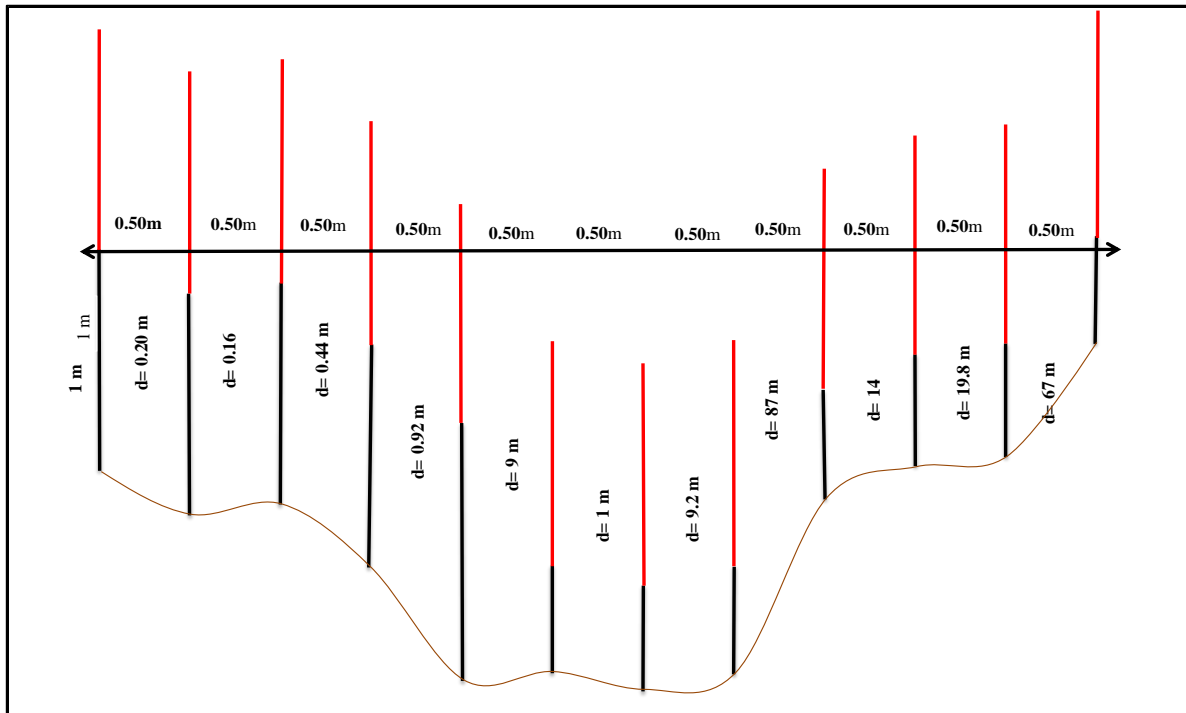
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. <https://doi.org/10.4060/cb1447es>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la C. y la C. (2019). *La gestión integral de los recursos hídricos: aportes a un desarrollo conceptual para la gobernabilidad del agua*. <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/1365/2/TFLACSO-02-2009SBM.pdf>
- Palomino, C., & Quintana, D. (2017). Diseño de sistema de riego por aspersión para el campus de la Universidad César Vallejo en la sede Lima Norte. *Universidad Nacional Agraria La Molina*. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2867>
- Peralta, J., & Simpfendorfer, C. (2001). *Riego por aspersión*. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/40180/NR26419.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pereira, L., Valero, J., Picornell, M., & Martín, J. (2010). *El riego y sus tecnologías*. [http://www.fagro.edu.uy/hidrologia/riego/El\\_Riego\\_y\\_sus\\_Tecnologias.pdf](http://www.fagro.edu.uy/hidrologia/riego/El_Riego_y_sus_Tecnologias.pdf)
- Robles, W. (2017). *Propuesta de diseño de un sistema de riego por aspersión y goteo en cultivos perennes en la granja El Palto del colegio de bachillerato Macará, del cantón Macará*. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/18658>
- Sarochar, H. (2012). *Introducción a la meteorología general*. [http://extension.fcaglp.unlp.edu.ar/content/obs/descargas/Introduccion\\_a\\_la\\_Meteorologia\\_a\\_I.pdf](http://extension.fcaglp.unlp.edu.ar/content/obs/descargas/Introduccion_a_la_Meteorologia_a_I.pdf)
- Segerer, C., & Villodas, R. (2006). *Las precipitaciones*. <https://silo.tips/download/unidad-5-las-precipitaciones>
- Sevilla, R. (2010). *Manual de Riego para Agricultores Módulo 1: Fundamentos del Riego*. [https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160941Fundamento\\_del\\_riego\\_1.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160941Fundamento_del_riego_1.pdf)
- Vásconez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, C., Cevallos, C., & Ortiz, L. (2019). *Cuencas hidrográficas*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19038/1/Cuencas%20hidrográficas.pdf>
- Vega, V. (2011). *Diseño de un sistema de riego por gravedad*. <https://dokumen.tips/documents/universidad-san-francisco-de-quito-diseno-de-un-diseno-de-un-sistema-de-riego.html?page=1>
- Velez, M. (2000). *Hidrología para ingenieros*. <https://www.researchgate.net/publication/338778972>



## 11. ANEXOS

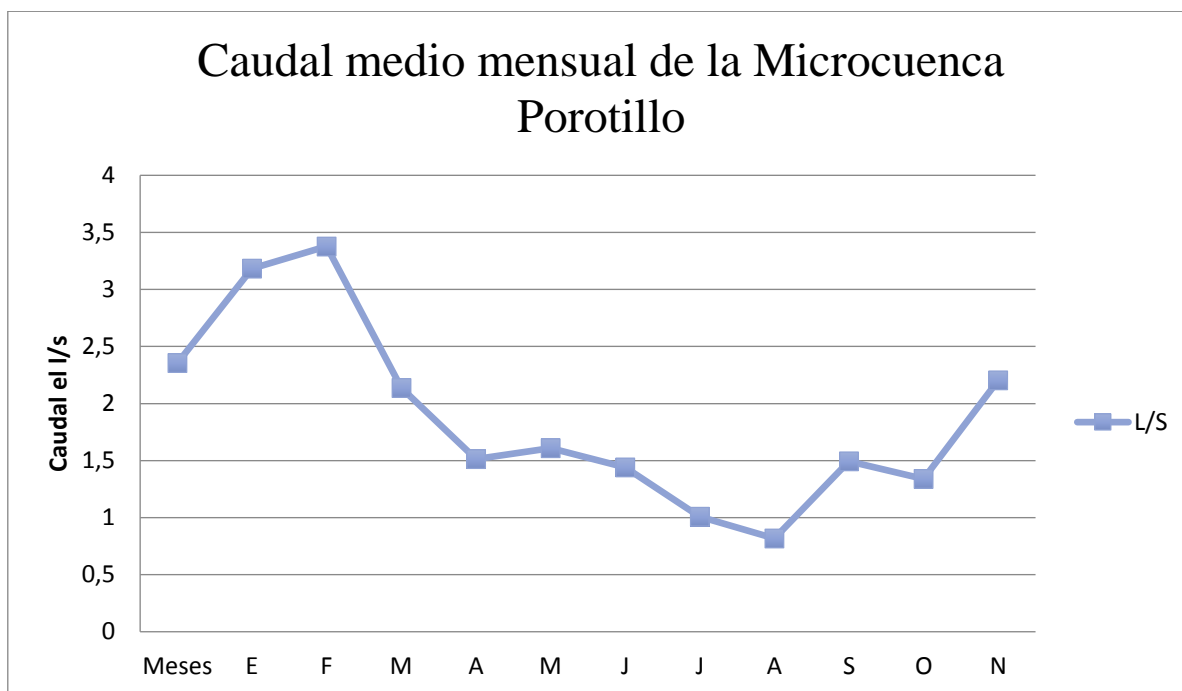
### Anexo 1

*Levantamiento manual sección de la unidad Porotillo*



## Anexo 2

### Curva de caudal medio



## Anexo 3

### Datos meteorológicos de temperatura media mensual

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL													
Estacion: GONZANAMA											Coodenada N: 9 532 544 m		
Código: M0149											Coodenada E: 674 289m		
Institución: INAMHI											Altitud: 2040 msnm		
Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annual
1990	16.3	15.7	15.9	15.4	16.1	16.6	16.1	16.3	17.0	16.5	16.8	16.3	841.7
1991	16.2	16.7	16.6	17.0	17.2	17.4	17.0	17.2	17.0	17.1	17.2	17.1	1103.4
1992	16.9	16.7	17.3	17.2	17.3	17.6	17.1	17.2	17.1	17.4	17.6	17.4	980.3
1993	16.7	16.8	16.3	16.6	17.4	16.8	17.0	17.1	16.8	16.6	16.5	16.5	1431.3
1994	15.8	16.6	16.1	16.9	17.9	17.3	17.4	17.1	16.8	17.0	16.4	16.8	1179.6
1995	16.6	15.5	16.4	16.3	16.7	16.6	16.7	16.8	17.2	16.6	16.7	16.6	742.6
1996	16.2	16.5	16.5	16.5	17.1	16.7	16.5	16.4	17.0	16.5	16.7	16.9	636.8
1997	16.7	16.9	16.7	17.3	18.0	17.3	17.6	17.8	18.2	18.8	17.9	17.5	913.6
1998	17.3	18.0	17.9	17.9	18.0	17.8	17.9	17.7	17.8	17.8	17.6	17.5	1080.3
1999	17.6	17.2	17.3	17.9	17.7	17.7	17.6	17.8	17.3	17.6	18.1	17.0	1513.8
2000	17.5	17.0	16.9	16.9	17.2	17.3	17.9	17.9	17.8	17.9	18.1	17.7	1426.3
2001	17.2	17.0	16.7	16.7	17.3	17.3	17.5	17.6	17.6	17.4	18.4	17.5	1362.4
2002	15.4	15.6	16.6	17.1	17.5	17.3	16.9	17.2	17.9	17.6	17.7	17.1	1295.0
2003	16.8	17.1	17.5	17.2	17.4	16.9	17.6	17.0	17.4	17.5	17.6	16.9	835.5
2004	16.8	17.0	17.0	16.9	16.8	17.0	17.1	16.9	16.8	17.0	17.1	17.3	1018.1
2005	16.5	17.0	16.3	16.7	16.7	17.2	17.4	17.5	17.2	17.5	17.0	16.6	1720.1
2006	16.9	16.6	16.8	17.0	17.1	17.4	17.3	17.6	17.9	17.2	16.7	16.7	2615.5
2007	16.3	16.6	17.0	17.1	17.1	17.5	17.2	17.5	18.2	17.0	17.3	17.1	2042.3
2008	16.6	16.6	16.7	17.2	17.2	17.4	17.7	18.0	18.0	17.1	17.5	17.4	3283.6
2010	16.8	17.5	17.7	17.4	17.4	17.9	17.5	17.7	17.2	17.2	17.4	16.8	1792.4
SUMA	333.10	334.60	336.20	339.20	345.10	345.00	345.00	346.30	348.20	345.30	346.30	340.70	FALSO
MAX	17.60	18.00	17.90	17.90	18.00	17.90	17.90	18.00	18.20	18.80	18.40	17.70	3283.60
MED	16.66	16.73	16.81	16.96	17.26	17.25	17.25	17.32	17.41	17.27	17.32	17.04	1390.72
MIM	15.40	15.50	15.90	15.40	16.10	16.60	16.10	16.30	16.80	16.50	16.40	16.30	636.80
DESV.	0.54	0.60	0.53	0.55	0.46	0.38	0.46	0.48	0.47	0.55	0.57	0.39	655.42
CV%	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.47



## Anexo 4

### Datos meteorológicos de temperatura mínima

TEMPERATURA MÁXIMA													
Estacion: GONZANAMA									Coodenada N: 9 532 544 m				
Código: M0149									Coodenada E: 674 289m				
Institucion: INAMHI									Altitud: 2040 msnm				
Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annual
1990	23.0	24.0	22.4	23.6	23.6	23.9	23.5	23.6	24.2	24.6	25.1	23.9	841.70
1991	23.6	22.0	22.1	22.7	23.0	23.3	23.1	23.5	24.6	23.2	22.8	23.2	1103.40
1992	22.1	22.1	21.6	22.7	22.8	23.2	22.9	23.6	24.2	23.6	23.9	22.7	980.30
1993	21.7	21.9	21.6	22.6	22.2	22.8	22.1	22.9	23.4	22.4	23.1	22.2	1431.30
1994	22.4	22.4	22.7	22.2	22.5	23.3	23.0	23.2	23.4	22.5	23.2	21.9	1179.60
1995	21.8	20.8	21.3	21.8	21.7	21.7	21.5	22.0	22.1	21.7	22.1	22.3	742.60
1996	20.1	21.6	21.9	22.1	21.9	21.0	21.1	21.7	22.1	22.5	22.8	22.6	636.80
1997	21.2	21.3	22.0	22.0	22.5	22.6	22.0	22.7	22.5	22.2	22.5	22.1	913.60
1998	22.1	22.0	21.3	22.6	18.4	22.9	22.8	23.1	22.8	22.6	22.6	22.4	1080.30
1999	21.6	21.7	21.6	22.8	20.9	23.0	22.4	24.6	25.0	24.4	23.3	23.1	1513.80
2000	21.1	21.4	21.8	23.0	23.4	23.1	22.6	23.3	23.4	22.9	24.1	23.7	1426.25
2001	22.9	21.3	22.2	21.2	22.7	23.3	23.0	23.0	24.2	23.9	23.4	23.2	1362.43
2002	22.5	22.7	22.3	23.3	23.3	24.1	23.0	22.6	24.0	23.7	24.6	23.8	1295.03
2003	23.8	22.4	23.6	22.9	22.8	23.1	22.0	23.8	23.5	23.7	23.9	23.8	835.47
2004	22.5	21.6	21.3	22.4	23.6	23.6	23.0	23.6	23.2	22.9	23.1	22.6	1018.07
2005	21.5	22.1	22.0	22.8	23.8	23.0	23.3	23.0	23.9	24.3	23.4	24.5	1720.10
2006	23.4	21.7	23.3	23.0	23.1	23.5	23.8	24.2	24.1	23.9	23.5	22.9	2615.45
2007	22.1	22.1	22.1	23.1	24.0	22.7	22.0	22.9	23.7	23.3	23.7	23.7	2042.30
2008	23.3	23.0	23.0	23.5	23.8	24.5	23.7	24.8	25.0	25.7	24.7	25.2	3283.60
2010	24.7	24.1	24.2	23.9	24.2	23.5	23.4	23.8	24.7	24.2	23.2	24.3	1792.35
SUMA	447.40	442.20	444.25	454.20	454.20	462.10	454.20	465.90	474.00	468.20	469.00	464.10	27814.45
MAX	24.70	24.10	24.20	23.90	24.20	24.50	23.80	24.80	25.00	25.70	25.10	25.20	3283.60
MED	22.37	22.11	22.21	22.71	22.71	23.11	22.71	23.30	23.70	23.41	23.45	23.21	1390.72
MIM	20.10	20.80	21.30	21.20	18.40	21.00	21.10	21.70	22.10	21.70	22.10	21.90	636.80
DESV.	1.08	0.84	0.80	0.65	1.31	0.77	0.73	0.77	0.86	0.97	0.77	0.89	655.42
CV%	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.47

## Anexo 5

### Datos meteorológicos de humedad relativa

HUMEDAD RELATIVA													
Estacion: GONZANAMA									Coodenada N: 9 532 544 m				
Código: M0149									Coodenada E: 674 289m				
Institucion: INAMHI									Altitud: 2040 msnm				
Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annual
1990.0	86.0	87.0	88.0	86.0	83.0	77.0	78.0	85.0	84.0	84.0	84.0	86.0	841.7
1991.0	86.0	86.0	86.0	84.0	85.0	85.0	84.0	83.0	84.0	84.0	88.0	90.0	1103.4
1992.0	89.0	90.0	90.0	91.0	91.0	91.0	92.0	92.0	91.0	87.0	87.0	90.0	980.3
1993.0	91.0	91.0	91.0	91.0	92.0	89.0	86.0	88.0	89.0	88.0	88.0	91.0	1431.3
1994.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	1179.6
1995.0	91.0	93.0	90.0	90.0	89.0	86.0	88.0	87.0	87.0	88.0	87.0	91.0	742.6
1996.0	89.0	90.0	91.0	88.0	89.0	84.0	85.0	84.0	84.0	87.0	88.0	90.0	636.8
1997.0	90.0	90.0	91.0	92.0	92.0	90.0	91.0	92.0	90.0	91.0	92.0	93.0	913.6
1998.0	93.0	94.0	92.0	91.0	89.0	91.0	90.0	92.0	91.0	92.0	91.0	92.0	1080.3
1999.0	91.0	92.0	91.0	91.0	92.0	92.0	91.0	91.0	92.0	90.0	87.0	90.0	1513.8
2000.0	91.0	91.0	91.0	92.0	91.0	88.0	87.0	86.0	84.0	85.0	87.0	89.0	1426.3
2001.0	88.0	88.0	90.0	89.0	89.0	90.0	88.0	89.0	90.0	91.0	91.0	92.0	1362.4
2002.0	86.0	86.0	86.0	87.0	86.0	87.0	87.0	88.0	88.0	87.0	88.0	86.0	1295.0
2003.0	93.0	93.0	94.0	91.0	92.0	92.0	91.0	91.0	92.0	92.0	92.0	91.0	835.5
2004.0	92.0	95.0	94.0	95.0	94.0	94.0	92.0	93.0	92.0	91.0	92.0	91.0	1018.1
2005.0	92.0	92.0	92.0	90.0	91.0	90.0	91.0	91.0	91.0	90.0	88.0	91.0	1720.1
2006.0	90.0	92.0	91.0	89.0	90.0	89.0	88.0	90.0	91.0	91.0	91.0	91.0	2615.5
2007.0	92.0	93.0	94.0	93.0	93.0	94.0	94.0	93.0	93.0	92.0	93.0	93.0	2042.3
2008.0	93.0	93.0	93.0	93.0	92.0	93.0	92.0	93.0	92.0	94.0	93.0	93.0	3283.6
2010.0	93.0	93.0	92.0	93.0	93.0	93.0	94.0	93.0	92.0	93.0	93.0	93.0	2637.3
SUMA	1808.0	1821.0	1819.0	1808.0	1805.0	1787.0	1781.0	1792.0	1788.0	1788.0	1791.0	1814.0	28659.4
MAX	93.0	95.0	94.0	95.0	94.0	94.0	94.0	93.0	93.0	94.0	93.0	93.0	3283.6
MED	90.4	91.1	91.0	90.4	90.3	89.4	89.1	89.6	89.4	89.4	89.6	90.7	1433.0
MIM	86.0	86.0	86.0	84.0	83.0	77.0	78.0	83.0	84.0	84.0	84.0	86.0	636.8
DESV.	2.4	2.6	2.3	2.6	2.8	4.1	3.9	3.2	3.1	3.0	2.6	2.0	707.8
CV%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5

## Anexo 6

### Datos meteorológicos de nubosidad

NUBOSIDAD MENSUAL													
Estacion: GONZANAMA									Coodenada N: 9 532 544 m				
Código: M0149									Coodenada E: 674 289m				
Institución: INAMHI									Altitud: 2040 msnm				
Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annual
1990	7.0	7.0	6.0	6.0	5.0	2.0	3.0	3.0	4.0	3.0	4.0	4.0	841.7
1991	6.0	5.0	6.0	4.0	4.0	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	1103.4
1992	5.0	7.0	5.0	5.0	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0	6.0	5.0	5.0	980.3
1993	5.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0	5.0	5.0	6.0	1431.3
1994	6.0	6.0	7.0	5.0	5.0	4.0	3.0	3.0	4.0	5.0	4.0	6.0	1179.6
1995	6.0	5.0	5.0	4.0	5.0	3.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	6.0	742.6
1996	5.0	6.0	6.0	5.0	5.0	4.0	3.0	2.0	3.0	5.0	4.0	4.0	636.8
1997	7.0	4.0	5.0	4.0	5.0	3.0	3.0	4.0	3.0	3.0	1.0	5.0	913.6
1998	5.0	5.0	4.0	6.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	4.0	2.0	5.0	1080.3
1999	3.0	2.0	5.0	2.0	3.0	2.0	3.0	2.0	3.0	3.0	3.0	4.0	1513.8
2000	6.0	6.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	6.0	5.0	5.0	1426.3
2001	6.0	6.0	6.0	5.0	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0	5.0	2.0	4.0	1362.4
2002	5.0	6.0	5.0	6.0	5.0	2.0	3.0	2.0	2.0	5.0	5.0	5.0	1295.0
2003	5.0	5.0	6.0	4.0	5.0	4.0	3.0	3.0	3.0	5.0	4.0	5.0	835.5
2004	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	1018.1
2005	6.0	6.0	7.0	5.0	5.0	3.0	5.0	3.0	4.0	6.0	4.0	5.0	1720.1
2006	6.0	6.0	6.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	2.0	2.0	4.0	3.0	2615.5
2007	3.0	6.0	4.0	4.0	4.0	3.0	2.0	2.0	3.0	3.0	4.0	5.0	2042.3
2008	6.0	6.0	6.0	5.0	2.0	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3283.6
2010	4.0	4.0	4.0	6.0	4.0	5.0	3.0	3.0	4.0	4.0	6.0	5.0	1792.4
SUMA	107.00	110.00	109.00	96.00	86.00	66.00	65.00		65.00	85.00	78.00	93.00	FALSO
MAX	7.00	7.00	7.00	6.00	5.00	5.00	5.00	4.00	4.00	6.00	6.00	6.00	3283.60
MED	5.35	5.50	5.45	4.80	4.30	3.30	3.25	3.05	3.25	4.25	3.90	4.65	1390.72
MIM	3.00	2.00	4.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	3.00	636.80
DESV.	1.09	1.19	0.89	0.95	0.86	0.98	0.72	0.76	0.72	1.21	1.21	0.88	655.42
CV%	0.20	0.22	0.16	0.20	0.20	0.30	0.22	0.25	0.22	0.28	0.31	0.19	0.47

## Anexo 7

### Prueba de infiltración



#### Velocidad de infiltración en el predio

$$I_{cum} = A * t^B \rightarrow \text{Ecuación potencial negativa}$$

$$A = 6,3865$$

$$B = 0,2952$$

$$I_{ins} = a * t^b \rightarrow \text{Ecuación potencial positiva}$$

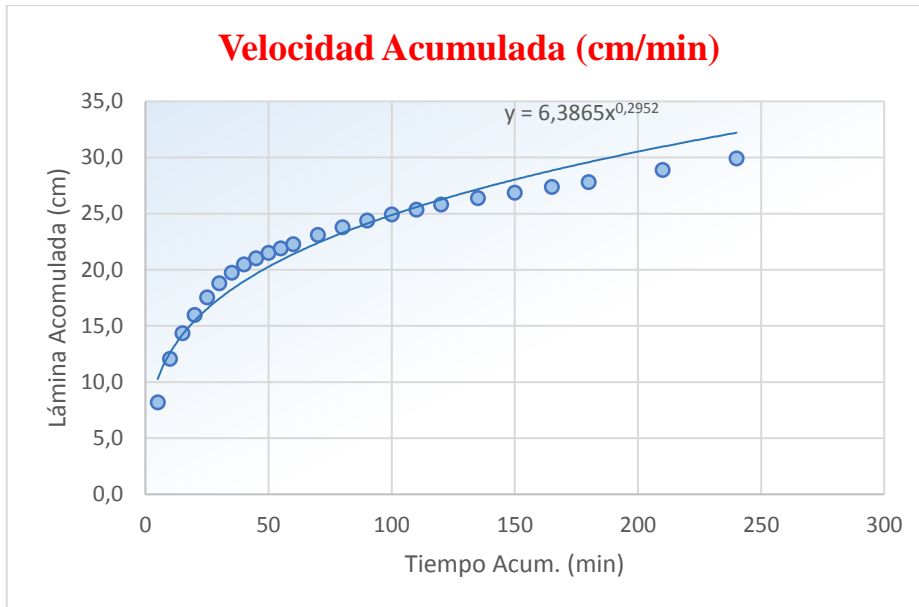
$$a = 1,8852948 \quad a = A * (b + 1)$$

$$b = -0,07048 \quad b = B - 1$$

$$I = 0,03455133$$

$$= 2,03 \text{ cm/h}$$

$$= \underline{\underline{20,31 \text{ mm/h}}}$$



## Anexo 8

### *Levantamiento topográfico*



### Anexo 9

#### Selección del aspersor

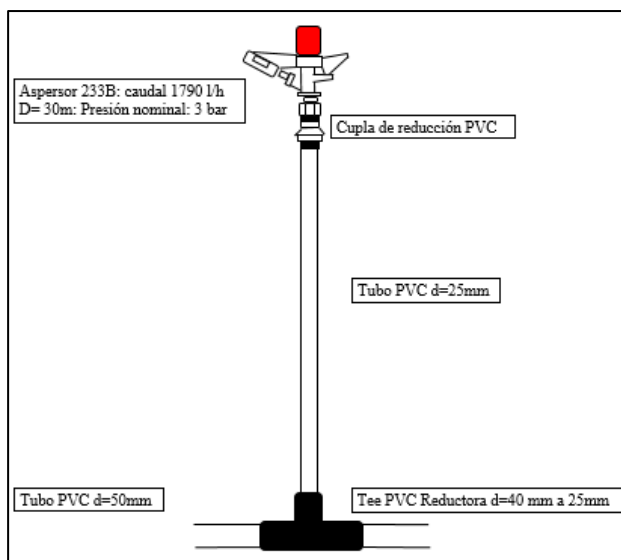
Precipitación (mm/h)		Espaciamiento (m)										
color de rotor	Color de boquilla (mm)	P (bar)	Q (m <sup>3</sup> /h)	D (m)	Espaciamiento (m)							
					12x12	12x15	12x18	15x15	15x18	18x18	18x20	20x20
Rojo	3.5x2.5L Azul	3.0	1.240	27.0	8.6	6.9	5.7	5.5	4.6	3.8		
		4.0	1.430	29.0	9.9	7.9	6.6	6.4	5.3	4.4		
		5.0	1.620	29.0	11.3	9.0	7.5	7.2	6.0	5.0		
	4.0"x2.5L Negro	3.0	1.490	29.0	10.3	8.3	6.9	6.6	5.5	4.6		
		4.0	1.740	29.0	12.1	9.7	8.1	7.7	6.4	5.4		
		5.0	1.950	29.0	13.5	10.8	9.0	8.7	7.2	6.0		
	4.5x2.5L Marrón	3.0	1.790	30.0	12.4	9.9	8.3	8.0	6.6	5.5	5.0	
		4.0	2.070	31.0	14.4	11.5	9.6	9.2	7.7	6.4	5.8	
		5.0	2.320	32.0	16.1	12.9	10.7	10.3	8.6	7.2	6.4	
Negro	5.0x2.5L Violeta	3.0	2.110	32.0	14.7	11.7	9.8	9.4	7.8	6.5	5.9	5.3
		4.0	2.400	34.0	16.7	13.3	11.1	10.7	8.9	7.4	6.7	6.0
		5.0	2.690	35.0	18.7	14.9	12.5	12.0	10.0	8.3	7.5	6.7
	5.5x2.5L Naranja	3.0	2.390	34.0	16.6	13.3	11.1	10.6	8.9	7.4	6.6	6.0
		4.0	2.760	37.0	19.2	15.3	12.8	12.3	10.2	8.5	7.7	6.9
		5.0	3.090	39.0	21.5	17.2	14.3	13.7	11.4	9.5	8.6	7.7
	6.0x2.5L Rojo	3.0	2.700	37.0	18.8	15.0	12.5	12.0	10.0	8.3	7.5	6.8
		4.0	3.160	37.0	21.9	17.6	14.6	14.0	11.7	9.8	8.8	7.9
		5.0	3.540	40.0	24.6	19.7	16.4	15.7	13.1	10.9	9.8	8.9

Código de color - Uniformidad de distribución: CU > 92% (Verde), CU 88-92% (Azul), CU 85-88% (Naranja), CU < 85% (Rojo)



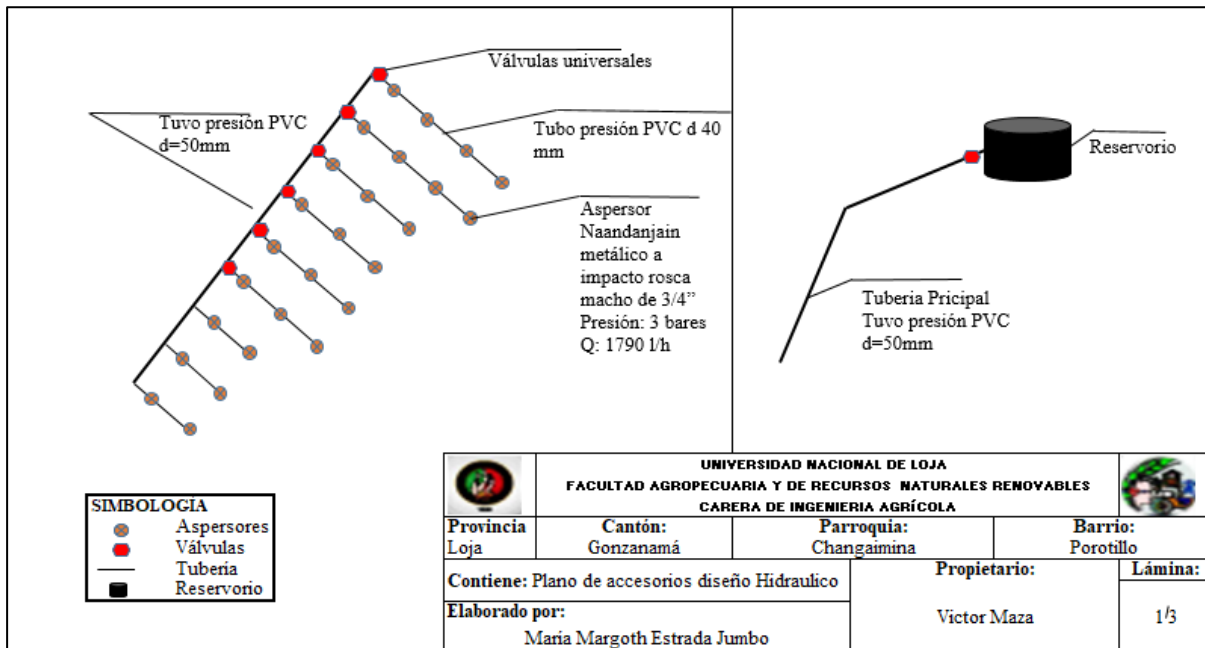
### Anexo 10

#### Detalle del aspersor



**Anexo 11**

*Plano de detalles: reservorio, tubería y accesorios*



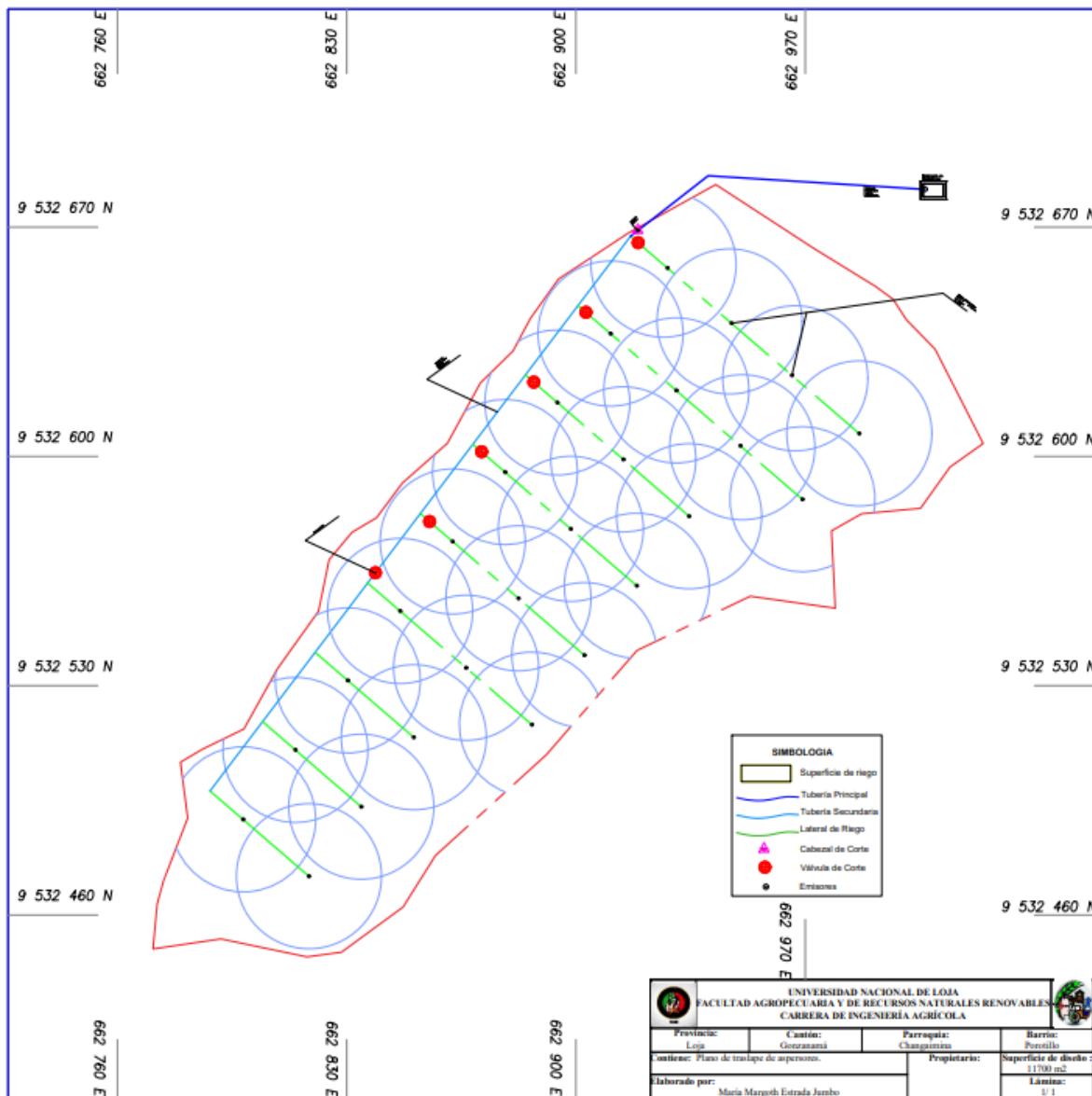
SIMBOLOGIA	
	Aspersores
	Válvulas
	Tubería
	Reservorio

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b> <b>FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA AGRÍCOLA</b>			
Provincia Loja	Cantón: Gonzanamá	Parroquia: Changaimina	Barrio: Porotillo
Contiene: Plano de accesorios diseño Hidraulico		Propietario:	Lámina:
Elaborado por: María Margoth Estrada Jumbo		Victor Maza	1/3



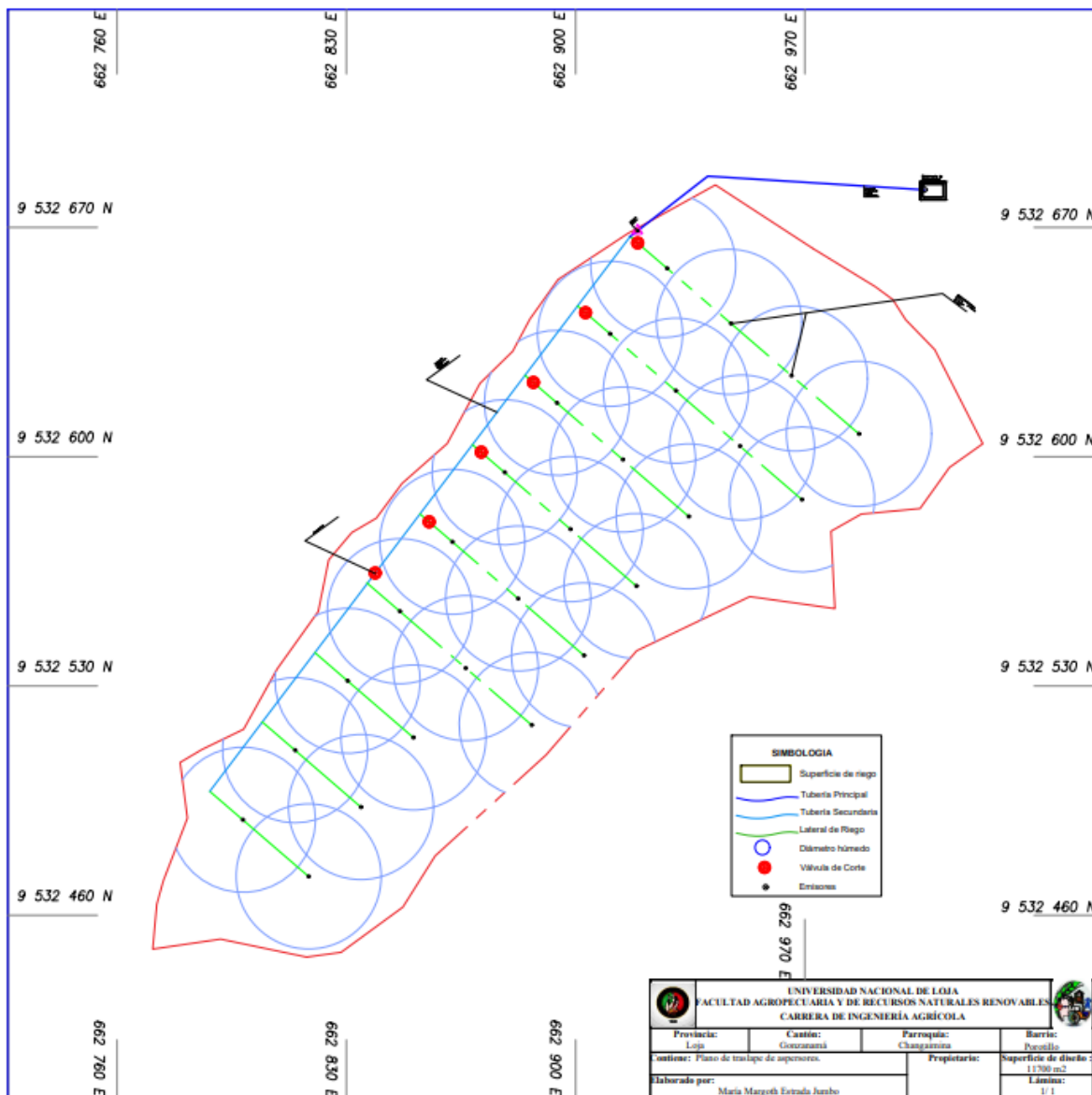
### Anexo 12

#### Plano de tuberías y emisores




**Anexo 13**

*Plano de diámetro húmedo*



## Anexo 14

## Análisis de agua



**CIESSA**  
ONEA Test Lab

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS  
Y SERVICIOS ANALÍTICOS.**

**LABORATORIOS DE AGUAS, SUELOS Y ALIMENTOS.**

**1. INFORMACIÓN GENERAL:**

# DE ORDEN: CIESSA - ONEA Test Lab - 22 - 259	SOLICITANTE: María M. Estrada Jumbo
PROYECTO: Diseño de un Sistema de Riego, para Cultivo Maíz (Zea mays), Sector Porotillo de la Parroquia Changaimina del Cantón Gonzanamá.	DIRECCIÓN: Av. Manuel A. Aguirre y J. de Salinas
	TELÉFONO MÓVIL: 0989316538

**2. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:**

FECHA DE MUESTREO: 24 - 11 - 2022	MUESTRA: Agua de la Quebrada Porotillo
FECHA DE INGRESO: 24 - 11 - 2022	PRESENTACIÓN: Envase plástico-Estéril. CODIGO: QP-1
FECHA DE ANÁLISIS: 24 - 11 - 2022	CANTON: Gonzanamá BARRIO: Porotillo
FECHA DE ENTREGA: 25 - 01 - 2023	PARROQUIA: Changaimina PROVINCIA: Loja

**3. ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO:**

**3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:**

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
+Conductividad Eléctrica	mmhos/cm	0,07	-	3,00	AOAC 973.40	TULSMA
+Sólidos Disueltos Totales	mg/l	42,8	-	2 000	AOAC 920.193	TULSMA

**3.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:**

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Potencial Hidrógeno	pH	6,90	6,0 - 8,5	9,0	AOAC 973.41	TULSMA
Amonio-Nitrógeno	mg/l	0,03	0 - 5	5	NESSLER	TULSMA
Nitrato-Nitrógeno	mg/l	1,40	0 - 10	10	REDUCCIÓN DE CADMIO	BID
Nitrógeno Total	mg/l	1,44	-	40	REDUCCIÓN DE CADMIO	BID
Fosfato-Fosforo	mg/l	1,70	0 - 2	2	ÁCIDO ASCÓRBICO	BID
Carbonatos	meq/l	0,00	0 - 0,1	0,1	M S P - AWWA	BID
Bicarbonatos	meq/l	0,25	0 - 10	8,50	M S P - AWWA	TULSMA
Cloruros	meq/l	1,08	-	10	DE MOHR	TULSMA
Sodio	meq/l	1,08	-	9	ARGENTOMÉTRICO	TULSMA
Potasio	mg/l	13,4	0 - 2	2	ARGENTOMÉTRICO	BID
Calcio	meq/l	0,30	0 - 20	20	AWWA - ETAS	BID
Magnesio	meq/l	0,09	0 - 5	5	AWWA - ETAS	BID
Hierro	mg/l	0,07	-	5,0	1,10-PHENANTHROLINE	TULSMA
Boro	mg/l	0,02	0 - 2	3,0	Carmine	TULSMA
Transparencia de las Agua	m (visual)	Visible	-	2,00	Disco Secchi	TULSMA
R A S	meq/l	2,45	0 - 15	9	M S P	TULSMA

**4. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS:**

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Coliformes Totales	NMP/100ml	1,3E+02	-	1 000	APHA 9221 B	TULSMA

\*Criterios de Calidad Admisibles para Aguas de Uso Agrícola o de Riego\*; correspondiente a la Tabla 6 y 7, de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Libro VI - Anexo 1. Bajo el amparo del RLOA PCCA.


**NOMENCLATURA REFERENCIAL DE TERMINOLOGÍA:**

- N M P (Número más probable de bacterias por 100 mililitros)
- R A S (Relación de Adsorción de Sodio)
- meq/l (Miliequivalente por litro)
- m. (Profundidad mínima, en metros)
- mmhos/cm. (Milimhos por centímetro)
- mg/l (Miligramos por litro)

**Edgar A. Ojeda Noriega, INGENIERO**

ONEA Test Lab

HIDRO SANITARIO



CIESSA Laboratorios  
ONEA Test Lab  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN  
ESTUDIOS Y SERVICIOS DE AGUA Y SUELOS

RUC: 1101784567001

Av. Manuel A. Aguirre 11-13 y Azuay (esquina)

Tel. 072702707 Cel. 0991549877-2589913 LOJA

Av. Manuel Agustín Aguirre # 11-13 e/ Mercadillo y Azuay // La Pradera: Cedros # 274-23 e/ Alisos y Laureles // Teléfonos: (07)2-102 707-589 913

Telefax: (07)2-102 707 / 589 913 // Móvil: 0991549877 M - 0979704733 C // E-mail: [eequasysuelos1@gmail.com](mailto:eequasysuelos1@gmail.com) - [ciessa1@hotmail.com](mailto:ciessa1@hotmail.com)

**Anexo 15**

*Certificado de traducción al inglés*

Lic. Julio Cesar Herrera Giraldo

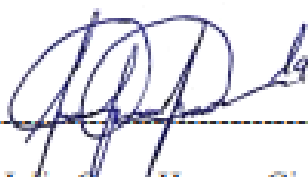
Licenciado en Ciencias de la Educación, mención inglés

Certifico:

Que he traducido minuciosamente el Resumen del Trabajo de Titulación titulado: **“Diseño de un sistema de riego, para cultivo de maíz (*Zea mays*), en el sector Porotillo perteneciente a la parroquia Changaimina del cantón Gonzanamá”**, de autoria del estudiante Maria Margoth Estrada Jumbo, previa a la obtención del título de Ingeniera Agrícola.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, autorizando al interesado, hacer uso de presente en lo que estime conveniente.

Loja, 06 de marzo del 2024



Lic. Julio Cesar Herrera Giraldo

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN, MENCIÓN INGLÉS

C.I.: 1206081067

Cel.: 0959257331