



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
EXTENSIÓN LA MANÁ

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**DISEÑO AGRONÓMICO E HIDRÁULICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE
UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN EN EL CULTIVO DE BANANO
(*Mussa paradisiaca.*) EN EL CANTÓN LA MANÁ RECINTO SAN EDUARDO**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero/a
Agrónomo/a

AUTORES:

Caiza Punina Jessy Maribel

Cuchiye Changoluisa Luis Alfredo

DIRECTOR:

Ing. Tapia Ramírez Cristian MSc.

LA MANÁ-ECUADOR
ABRIL-2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Caiza Punina Jessy Maribel y Cuchiye Changoluisa Luis Alfredo declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: DISEÑO AGRONÓMICO E HIDRÁULICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN EN EL CULTIVO DE BANANO (*Mussa paradisiaca.*) EN EL CANTÓN LA MANÁ RECINTO SAN EDUARDO, siendo el Ing. Tapia Ramírez Cristian MSc. tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.



Caiza Punina Jessy Maribel

C.I: 0504056722



Cuchiye Changoluisa Luis Alfredo

C.I: 0504096769

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

“DISEÑO AGRONÓMICO E HIDRÁULICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN EN EL CULTIVO DE BANANO (*Mussa paradisiaca*) EN EL CANTÓN LA MANA RECINTO SAN EDUARDO”, de Caiza Punina Jessy Maribel y Cuchiye Changoluisa Luis Alfredo, estudiantes de la carrera de agronomía, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

La Maná 19 de febrero del 2022



Ing. Cristian Santiago Tapia Ramírez M.Sc.

C.I: 0502784416

TUTOR


APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, por cuanto los postulantes: Caiza Punina Jessy Maribel y Cuchiye Changoluisa Luis Alfredo con el título de Proyecto de Investigación: **DISEÑO AGRONÓMICO E HIDRÁULICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN EN EL CULTIVO DE BANANO (Mussa paradisiaca) EN EL CANTÓN LA MANA RECINTO SAN EDUARDO**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

La Maná, 31 de marzo del 2022

Para constancia firman:


Ing. MSc. Pincay Ronquillo Wellington
C.I: 120638458
LECTOR (PRESIDENTE)


Ing. MSc. Zambrano Cuadro Natália
C.I: 1206241422
LECTOR 1 (MIEMBRO)


Ing. MSc. Luna Murillo Ricardo
C.I: 0912969227
LECTOR 2 (SECRETARIO)

AGRADECIMIENTO

A Dios que fue mi soporte más grande a lo largo de mi carrera universitaria y en este proyecto de investigación fue gracias a él que nunca cese en este constante recorrido hasta llegar a cumplir una meta más en mi vida. Gracias a mis padres: Segundo y Rosa por ser ese pilar fundamental, por su apoyo, confianza, amor, y esfuerzo para yo llegar alcanzar esta meta, sin su apoyo no hubiese logrado todo eso. A mi familia por inculcarme valores y enseñarme que con esfuerzo, perseverancia y humildad siempre se logra alcanzar los sueños.

A mi compañero de proyecto: Luis Alfredo, quien es más que un compañero un amigo que siempre estuvimos apoyándonos en la culminación de nuestro proyecto. Sobre todo, un agradecimiento especial y toda mi gratitud hacia a mi tutor de proyecto: Ing. Tapia Ramírez Cristian, sin su apoyo no habría sido posible este proyecto.

Jessy

Agradecerle a Dios por brindarme salud, vida y las fuerzas necesarias en esta situación difícil que está atravesando el mundo y poder cumplir todos mis objetivos.

Mi agradecimiento infinito a mis padres quienes estuvieron siempre impulsándome y apoyándome en cada momento incondicionalmente, y a pesar de todo no abandonarme sino brindarme todo su amor.

A Jessy Caiza mi compañera de proyecto que se unió a mí en esta aventura de conocimientos, aparte de ser compañeros siempre estamos en las buenas y malas con la finalidad de culminar nuestro trabajo.

Gracias a todas las personas que me ayudaron directa o indirecta en la realización de este proyecto.

Luis

DEDICATORIA

La presente investigación se lo dedico principalmente a Dios, por su protección y guía.

También quiero agradecer a mis padres, Sro José Caiza y Rosa Punina porque gracias a su amor, apoyo, y consejos soy la persona que hoy me conocen, porque me enseñaron valores.

A mi hermoso hijo Mathias que fue la inspiración más grande que tuve y tengo para seguir adelante progresando y le dedico a mi esposo Javier Villacis por ser parte de mi vida apoyarme siempre y motivarme a seguir adelante.

A mis hermanos por siempre haberme apoyado moralmente en cada meta que me he propuesto.

A mis amigos, conocidos y demás personas especiales, con quienes compartí a lo largo de la carrera Universitaria los cuales me brindaron su apoyo y colaboración en cualquier momento.

Jessy

Dedicado a mis padres quienes me motivaron y me dieron fuerzas en los momentos más difíciles dieron todo por mí para cumplir mis objetivos.

A mi hijo Leonel Cuchi que llegó a mi vida en el momento perfecto para darme felicidad y paz.

A mis familiares y amigos que de una manera u otra fueron pilar fundamental para mi formación profesional.

Luis

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TEMA: “DISEÑO AGRONÓMICO E HIDRÁULICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN EN EL CULTIVO DE BANANO (*Mussa paradisiaca*.) EN EL CANTÓN LA MANÁ RECINTO SAN EDUARDO”

Autores:

Caiza Punina Jessy Maribel

Cuchiye Changoluisa Luis Alfredo

RESUMEN

La presente investigación e implementación se desarrolló en el recinto San Eduardo del cantón La Maná, el objetivo general es determinar el diseño agronómico e hidráulico para la implementación de un sistema de riego por aspersión para el cultivo de banano (*Mussa paradisiaca*). Este trabajo inicio con la realización de un análisis físico de suelos y la investigación de los parámetros agrometeorológicos de la estación más cercana a la zona del proyecto, esta información sirvió de insumo para calcular la demanda hídrica del cultivo cuyo valor máximo resulto en 3.02 mm/día, con lo cual se definió el diseño agronómico y programación del riego con una frecuencia de riego de 6 días y una lámina bruta requerida de 24,16 mm. Se seleccionó un aspersor de impacto con un caudal de operación de 1.3 m³/h y un diámetro de alcance de 24.4 mm, el marco de riego es de tipo rectangular con espaciamento entre aspersores de 12 m y entre laterales de 14 m, logrando una pluviometría de 7.74 mm/h que en un tiempo de riego de 3 horas se cubre la lámina de riego requerida. Para el diseño hidráulico se realizó la topografía del predio con la finalidad de conocer el área y los desniveles naturales del terreno, obteniéndose un área de 1.2 hectáreas que se subdividieron en 3 sectores o módulos de riego, la red de tuberías está constituida por la conducción principal, tuberías porta laterales y porta aspersores, los diámetros determinados corresponden a: 90 mm para la conducción principal; la tubería porta lateral es de 75 mm para 3 laterales y 90 mm para 5 laterales; las tuberías porta aspersores son de 40 mm para 5 aspersores y 50 mm para 6 aspersores. El equipo de bombeo que se definió para el proyecto es una bomba a combustión para un caudal mínimo de 9,03 l/s, una altura manométrica de 70 mca y una potencia superior a 16.6 HP. Se realizó una cuantificación de materiales y accesorios requeridos para la implementación del sistema de riego, resultando un costo referencial de 4426.27 dólares.

Palabras clave: demanda hídrica, lámina de riego, pluviometría, dimensionamiento.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

TITLE: AGRONOMIC AND HYDRAULIC DESIGN FOR THE IMPLEMENTATION OF A SPRINKLER IRRIGATION SYSTEM IN THE CROP OF BANANA (*Mussa paradisiaca*.) IN THE CANTON OF LA MANÁ, SAN EDUARDO CAMPUS.

Autores:

Caiza Punina Jessy Maribel

Cuchiye Changoluisa Luis Alfredo

ABSTRACT

The present investigation and implementation were developed in San Eduardo precinct, La Maná canton; the general objective was to determine the agronomic and hydraulic design for the implementation of a sprinkler irrigation system for the cultivation of banana (*Mussa paradisiaca*). This work began with the realization of a physical analysis of soils and the investigation of the agrometeorological parameters of the closest station to the project area. This information served as input to calculate the water demand of the crop which maximum value resulted in 3.02 mm/day, so the agronomic design and irrigation programming were defined with an irrigation frequency of 6 days and a required gross lamina of 24.16 mm. An impact sprinkler with an operating flow rate of 1.3 m³/h and a reach diameter of 24.4 mm was selected. The irrigation area is rectangular with a spacing between sprinklers of 12 m and between laterals of 14 m, so achieving a rainfall of 7.74 mm/h that in an irrigation time of 3 hours, the required irrigation lamina is covered. For the hydraulic design, the topography of the property was carried out in order to know the area and the natural unevenness of the land, obtaining an area of 1.2 hectares that were subdivided into 3 sectors or irrigation modules, the network of pipes is constituted by the main conduction, lateral and sprinkler holder pipes; the determined diameters correspond to: 90 mm for the main pipe, the lateral holder pipe is 75 mm for 3 laterals, and 90 mm for 5 laterals; the sprinkler holder pipes are 40 mm for 5 sprinklers and 50 mm for 6 sprinklers. The pumping equipment that was defined for the project is a combustion pump with a minimum flow rate of 9.03 l/s, a manometric height of 70 mca, and a power superior to 16.6 HP. A quantification of materials and accessories required for the implementation of the irrigation system was carried out, resulting in a reference cost of 4426.27 dollars.

Keywords: water demand, irrigation lamina, rainfall, sizing.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA.....	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
ÍNDICE GENERAL	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
4.1. Beneficiarios directos	4
4.2. Beneficiarios indirectos	4
5. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	4
6. OBJETIVOS.....	5
6.1. Objetivo General.....	5
6.2. Objetivos Específicos	5
7. ACTIVIDADES EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	5
8.1. El riego	6
8.2. Diseño de riego.....	6
8.3. Métodos de riego	6
8.4. Riego por superficie.....	7
8.4.1. Riego tendido.....	7
8.4.2. Riego por surco.....	7
8.4.3. Riego por melgas	8
8.5. Riego presurizado	8

8.5.1.	Riego por aspersión	8
8.5.2.	Riego por microaspersión.....	9
8.5.3.	Riego por goteo	9
8.6.	Diseño de riego por aspersión	9
8.6.1.	Componentes de un equipo de riego por aspersión.	11
8.6.2.	Ventajas y desventajas del riego por aspersión	12
8.6.3.	División de los sistemas de riego por aspersión	14
8.7.	El regadío con aspersores	14
8.8.	Aspersores	15
8.9.	Clasificación de los aspersores	15
8.10.	Recomendaciones para el manejo del riego por aspersión	16
8.11.	Diseño agronómico del riego por aspersión	16
8.11.1.	Necesidades netas de riego	17
8.11.2.	Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET _o).....	18
8.11.3.	Coeficiente de cultivo	19
8.11.4.	Factores que afectan la Evapotranspiración del cultivo (ETC).....	19
8.11.5.	Precipitación efectiva	20
8.11.6.	Necesidades brutas de riego	20
8.11.7.	Lámina neta o lámina de agua aprovechable (LAA).	20
8.11.8.	Lámina bruta o lámina total de riego (L _r)	21
8.11.9.	Frecuencia de riego (Fr)	21
8.11.10.	Tiempo de riego (Tr)	21
8.11.11.	Caudales de riego.....	21
8.11.12.	Intensidad de precipitación (I _p).....	22
8.12.	Diseño hidráulico para riego.....	22
8.12.1.	Levantamiento topográfico para riego.....	23
8.12.2.	Redes de conducción principales o maestras.....	23
8.12.3.	Redes de conducción secundarios o distribuidoras	24
8.12.4.	Tuberías	24
8.12.5.	Pérdidas de carga en tuberías.....	24
8.12.6.	Tipos de aspersores.....	25
8.12.7.	Coeficiente de uniformidad	26
8.12.8.	Traslape	26

8.12.9.	Selección del sistema de Bombeo	27
8.12.10.	Bomba centrífuga	27
8.12.11.	Parámetros para la selección del equipo de bombeo.	28
8.13.	El cultivo de banano	29
8.13.1.	Características taxonómicas	30
8.13.2.	Cultivares.....	30
8.13.3.	Riego en el cultivo de banano.....	31
9.	PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS	32
10.	METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	32
10.1.	Localización y duración del ensayo.....	32
10.1.1.	Ubicación Política.....	32
10.1.2.	Ubicación Geográfica	32
10.2.	Condiciones Agrometeorológicas.....	32
10.3.	Materiales y Equipos	33
10.4.	Manejo de la Investigación.....	33
10.4.1.	Parámetros físicos del suelo	33
10.4.2.	Investigación de parámetros agrometeorológicos	33
10.4.3.	Determinación de la Evapotranspiración Potencial (ETP).....	34
10.4.3.1.	Factor mensual de latitud (MF)	34
10.4.3.2.	Temperatura media mensual (TMF).....	35
10.4.3.3.	Factor de corrección de la humedad relativa (CH).....	35
10.4.3.4.	Factor de corrección para la altura o elevación del lugar (CE)	35
10.4.4.	Obtención del coeficiente del cultivo (kc).....	36
10.4.5.	Evapotranspiración del cultivo (ETC).....	36
10.4.6.	Precipitación efectiva	36
10.4.7.	Parámetros para el diseño agronómico de riego por aspersión	37
10.4.7.1.	Demanda hídrica de cultivo (D)	37
10.4.7.2.	Lámina aprovechable (La).....	37
10.4.7.3.	Lamina neta de riego (Ln)	37
10.4.7.4.	Frecuencia máxima de riego (Frm)	38
10.4.7.5.	Frecuencia real de riego (Fr)	38
10.4.7.6.	Lámina neta de riego ajustada (Lnj).....	38
10.4.7.7.	Lámina bruta de riego (Lb).....	39

10.4.7.8. Criterios para la selección del aspersor	39
10.4.7.9. Espaciamiento entre aspersores y laterales.....	39
10.4.7.10. Marco de riego (Mr)	40
10.4.7.11. Pluviometría o intensidad de aplicación del aspersor (Pas)	40
10.4.7.12. Tiempo de riego (Tr)	40
10.4.7.13. Número de posiciones o zonas de riego (Np).....	41
10.4.7.14. Superficie de las zonas de riego (Zr)	41
10.4.7.15. Número máximo de aspersores por sector (Nasp).....	41
10.4.7.16. Caudal por hectárea (Qha).....	41
10.4.8. Metodología para diseño hidráulico.	42
10.4.8.1. Levantamiento topográfico.....	42
10.4.8.2. Planimetría y altimetría.	42
10.4.8.3. Diseño geométrico de redes laterales, portalaterales y principal.....	42
10.4.8.4. Diseño hidráulico de redes laterales, portalaterales y principal	42
10.4.8.5. Diseño de equipo de bombeo.....	45
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	46
11.1. Resultados de los parámetros físicos del suelo.....	46
11.2. Resultados de los parámetros agrometeorológicos.....	47
11.2.1. Temperatura media mensual.....	47
11.2.2. Humedad Relativa	48
11.2.3. Velocidad del viento.....	49
11.2.4. Precipitación	49
11.3. Evapotranspiración Potencial o de referencia (ETP).....	50
11.4. Evapotranspiración del cultivo (ETC).....	51
11.5. Precipitación efectiva (Pe).....	52
11.6. Demanda hídrica.....	53
11.7. Resultados del diseño agronómico de riego por aspersión.....	54
11.7.1. Parámetros para el diseño agronómico de riego por aspersión	54
11.7.2. Especificaciones técnicas en el diseño agronómico de riego por aspersión.....	55
11.8. Resultados del diseño hidráulico	55
11.8.1. Levantamiento Planimetría.....	55
11.8.2. Levantamiento altimétrico.....	56
11.8.3. Sectorización o modulación del predio	57

11.8.4. Trazado geométrico de redes para riego por aspersión	58
11.8.5. Diseño de redes de riego del sector 1	59
11.8.6. Diseño de redes de riego del sector 2 y 3	60
11.8.7. Diseño de la conducción principal.....	61
11.8.8. Diseño del equipo de bombeo	62
11.8.9. Dimensionamiento del sistema de riego por aspersión	63
12. IMPACTO AMBIENTAL	64
13. PRESUPUESTO PARA LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RIEGO...	64
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	66
14.1. Conclusiones.....	66
14.2. Recomendaciones	67
15. BIBLIOGRAFÍA.....	68
16. ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.	5
Tabla 2: Método de riego.....	21
Tabla 3: Parámetros agrometeorológicos	32
Tabla 4: Materiales y Equipos	33
Tabla 5: Factor mensual de latitud	35
Tabla 6: Espaciamiento máximo entre aspersores y laterales	39
Tabla 7: El factor de salidas múltiples.....	44
Tabla 8: Porcentaje de aumento a la potencia absorbida por la bomba.....	46
Tabla 9: Eficiencia del tipo de motor	46
Tabla 10: Parámetros físicos del suelo	46
Tabla 11: Generalidades de la estación meteorológica	47
Tabla 12: Resultados de Evapotranspiración Potencial por el método de Hargreaves	50
Tabla 13: Valores de kc para el cultivo de banano.....	51
Tabla 14: Resultados de la Evapotranspiración de cultivo (ETC).....	52
Tabla 15: Valores de precipitación media mensual y precipitación efectiva	52
Tabla 16: Demanda hídrica mensual y diaria del cultivo.	53
Tabla 17: Parámetros para el diseño agronómico de riego por aspersión.	54
Tabla 18: Características del aspersor.	55
Tabla 19: Especificaciones técnicas del diseño agronómico.....	55
Tabla 20: Resultados del diseño de laterales de riego para el sector 1.....	59
Tabla 21: Resultados del diseño de portlaterales de riego para el sector 1	60
Tabla 22: Resultados del diseño de laterales de riego para el sector 2 y 3.....	60
Tabla 23: Resultados del diseño de porta laterales de riego para el sector 2 y 3	61
Tabla24: Resultados del diseño de porta laterales de riego para el sector 2 y 3	61
Tabla 25: Resultados determinación de la altura manométrica para equipo de bombeo.....	62
Tabla 26: Cálculo de la potencia de la bomba.....	62
Tabla 27: Presupuesto de materiales para la implementación del sistema de riego ...	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Temperatura media mensual	48
Figura 2: Humedad relativa	48
Figura 3: Velocidad del viento	49
Figura 4: Precipitación media mensual	50
Figura 5: Evapotranspiración Potencial o de referencia (ETP)	51
Figura 6: Precipitación efectiva mensual.....	53
Figura 7: Demanda hídrica de cultivo	54
Figura 8: Planimetría del proyecto de riego	56
Figura 9: Planimetría del proyecto de riego	57
Figura 10: Sectorización del predio.....	58
Figura 11: Trazado de la infraestructura de riego.....	59
Figura 12. Plano de diseño del sistema de riego por aspersión	63

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Aval de traducción	71
Anexo 2. Contrato de cesión no exclusiva de derechos de autor	72
Anexo 3. Hoja de vida docente tutor	75
Anexo 4. Hoja de vida de los estudiantes investigadores	76
Anexo 5. Evidencia fotográfica	78
Anexo 6. Análisis de antiplagio.....	86

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Diseño agronómico e hidráulico para la implementación de un sistema de riego por aspersión en el cultivo de banano (*Mussa paradisiaca*) en el cantón la Maná recinto san Eduardo.

Tipo de proyecto: Investigación experimental

Fecha de inicio: abril 2021

Fecha de finalización: febrero 2022

Lugar de ejecución: Cantón La Maná, recinto San Eduardo

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia: Ingeniería Agronómica

Proyecto de investigación vinculado: Agricultura

Equipo de Trabajo:

Tutor: Ing. MS.c Cristian Santiago Tapia Ramírez

Estudiante Caiza Punina Jessy Maribel

Estudiante Cuchiye Changoluisa Luis Alfredo

Área de Conocimiento: Agricultura, silvicultura y pesca

Línea de investigación: Seguridad alimentaria

Sub línea de investigación: Tecnología para la agricultura

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto de investigación se realizó en el Cantón La Maná provincia de Cotopaxi, recinto San Eduardo, donde se determinó el diseño agronómico e hidráulico para la implementación de un sistema de riego por aspersión para el cultivo de banano (*Musa paradisiaca*), en donde se realizó la demostración física del sistema de riego por aspersión sin que el mismo afecte de forma directa e indirecta al manejo técnico del cultivo y todo su proceso de producción.

Se realizó una investigación de las condiciones agrometeorológicas de la zona influencia, para identificar la demanda hídrica del cultivo y definir el diseño agronómico y programación del riego, lo que permite realizar el dimensionamiento y cálculos matemáticos para determinar los diámetros y longitudes de la red de tuberías, accesorios y otras especificaciones técnicas del sistema de riego. También, se determinó el caudal y las presiones de operación del equipo de bombeo para que los aspersores dispongan su presión de trabajo para su óptimo funcionamiento.

La implementación del sistema de riego se realizó en el cultivo de banano ya establecido y en producción de permanente, lo cual se tomó en cuenta para el trazado de la red de tuberías para evitar en la instalación la infraestructura de riego excesivos daños en las plantas del cultivo.

Posterior a la implementación del sistema de riego se realizaron las pruebas de funcionamiento del sistema para identificar posibles fugas o desperfectos en las tuberías y accesorios instalados, verificando el adecuado alcance y traslape de los aspersores en operación.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El cantón La Maná ubicado en la provincia de Cotopaxi, se caracteriza por ser considerado un sub trópico siendo uno de los sectores agrícolas de mayor producción de la provincia. Productos tales como cacao, maíz, banano, piña, maracuyá entre otras frutas, se desarrollan de perfecta forma en su superficie.

Los productos agrícolas provenientes de este sector abastecen los mercados regionales, nacionales e internacionales, siendo el agua un recurso indispensable para el desarrollo de la actividad agrícola. Uno de los cultivos más representativos del Cantón La Maná es el banano

de exportación el mismo que cuenta con una superficie de 4000 ha entre pequeños y grandes productores de banano (MAG, 2019).

De ahí que surge la necesidad de diseñar e implementar un sistema de riego tecnificado, que permita que el regadío del agua sea suministrado de manera automatizada en cantidades técnicamente adecuada de acuerdo al tipo de cultivo, extensión de terreno, condiciones climatológicas y necesidades agro técnicas.

Permitiendo que el suministro del recurso hídrico satisfaga las necesidades hídricas de los cultivos, además de conseguir un manejo responsable de dicho recurso sin causar impacto ambiental, mejorando las condiciones agrarias.

La implementación de este trabajo servirá de forma demostrativa, permitiendo la capacitación y difusión del riego tecnificado en los agricultores de la zona, para optar por este sistema; así mismo, promoverá el uso de técnicas alternativas de riego que permitan aprovechar de mejor manera el recurso agua.

La implementación de un sistema de riego en una hectárea del cultivo de banano, fomenta al desarrollo agro tecnológico introduciendo nuevas tecnologías en el campo agrícola, logrando un manejo óptimo de los recursos económicos.

De igual forma es importante estar a la par de las nuevas tecnologías en el campo agrícola, para que de esta manera se consiga un manejo óptimo de los recursos con la menor inversión posible. Las investigaciones destinadas al desarrollo de los campos agrícolas en el mejoramiento técnico de los cultivos y la optimización de los recursos naturales son en la actualidad los temas más abarcados en el mundo debido a que cada vez la población mundial crecen, pero los recursos naturales tienen a decrecer, lo que será un problema de gran magnitud en los siguientes años venideros, por lo tanto se debe buscar tecnologías que aporten y ayuden al cuidado de los mismos de una forma correcto optimizando al máximo los recursos disponibles. El presente diseño de riego por aspersion está acorde a las necesidades.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

4.1. Beneficiarios directos

Los beneficiarios directos del proyecto serán los estudiantes y docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

4.2. Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos del proyecto serán los pequeños productores de banano de Cantón La Maná los cuales van a adquirir, conocimientos en la implementación de un sistema de riego por aspersión y las ventajas agronómicas que aportan a sus cultivos al momento de realizar tecnificaciones en sus campos agrícolas.

5. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

(INEC, 2020) Menciona que actualmente en el Ecuador la superficie de riego es al alrededor de 1.06 millones de ha⁻¹ lo cual representa el 24,1% total de riego en cultivo y el 29,4% de la superficie potencialmente regable, el 75,9% del área cultivada no cuenta con este servicio lo cual define un total 3,34 millones de ha.

Hoy en día una de las grandes problemáticas de los diferentes productores de banano del Ecuador y de sus diferentes provincias y cantones que se dedican a la producción agrícola, es el sistema de riego que deben utilizar para sus plantaciones, lo cual afecta en la producción de sus campos agrícolas ocasionándoles grandes pérdidas económicas, las cuales son cada vez mayores sobre todo el tiempo donde no existen precipitaciones aumentando los porcentajes de erosión y sequía del terreno, produciendo en ocasiones hasta la muerte de los cultivos desencadenando el abandono de la agricultura lo cual afecta de gran forma en la economía y producción agrícola de una región afectando al desarrollo económico y social del País.

El Cantón La Mana perteneciente a la provincia de Cotopaxi es un sector netamente agrícola considerado un sub trópico generando un ambiente adecuado para el desarrollo de varios productos agrícolas lo cual demanda el uso de su superficie para la agricultura, la distribución del agua por parte del agricultor no es la adecuada por ende esto determina un problema a resolver, pues no se realiza de una manera tecnificada y ordenada, para que los cultivos se desarrollen de mejor forma y los agricultores obtengan el máximo beneficio en la producción agrícola de sus cultivos. Por otro lado las condiciones climatológicas del Cantón La Mana, con precipitaciones promedio de la temperatura media anual en La Mana es 16° y la

precipitación media anual es 1626mm. No llueve durante 51 días por año, la humedad media es del 86% y el índice UV es 4.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

Establecer el diseño agronómico e hidráulico para la implementación de un sistema de riego por aspersión en el cultivo de banano (*Mussa paradisiaca*). En el cantón La Mana recinto San Eduardo.

6.2. Objetivos Específicos

- Determinar el diseño agronómico para la implementación de un sistema de riego tecnificado.
- Desarrollar el diseño hidráulico de riego por aspersión para el cultivo de banano.
- Realizar un análisis de costo de instalación de un sistema de riego por aspersión.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1: Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	VERIFICACIÓN
Determinar el diseño agronómico para la implementación de un sistema de riego tecnificado por aspersión.	Calculó de los requerimientos hídricos para el cultivo de banano y determinar los parámetros de riego.	Diseño agronómico y programación de riego.	Memorias de cálculo.
Desarrollar el diseño hidráulico de riego por aspersión para una hectárea en el cultivo de banano.	El dimensionamiento de redes principales, secundarias, estación de bombeo y toma de agua.	Diseño hidráulico para una hectárea de riego por aspersión.	Levantamiento topográfico y planos de detalle.
Realizar un análisis económico del costo de instalación de un sistema de riego por aspersión.	Determinación de los costos para la implementación del sistema de riego.	Presupuesto detallado para la implantación del sistema de riego.	Costos.

Elaborado por: Caiza & Cuchiye (2021).

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1. El riego

Los cultivos para poder crecer y desarrollarse necesitan absorber agua del suelo. Cuando el contenido de humedad es bajo se dificulta la absorción, por ello es necesario regar para reponerla y exista disponibilidad para las plantas. Existen diferentes métodos de riego. No existe uno mejor que otro, sino que cada uno se ajusta mejor a cada situación en particular, aunque presentan diferencias en la eficiencia de aplicación del agua. (Demin, 2014)

En riego, siempre se deben disminuir las pérdidas de agua, haciendo un uso más efectivo de la misma. La eficiencia de riego es la cantidad de agua adecuado para el cultivo que queda en el suelo después de un riego, en relación al total del agua que se aplicó. En el riego por superficie comúnmente, en algunas partes del terreno, pueden producir pérdidas por infiltración profunda, llamada también percolación. En este caso queda agua por debajo de la zona de las raíces. También, se pueden presentar daño por escurrimiento quedando partes del terreno sin recibir una adecuada provisión de humedad. Con todas estas pérdidas quedará una reducida cantidad de agua disponible para las plantas. (Demin, 2014)

8.2. Diseño de riego

El riego se puede definir como la aplicación de agua en forma artificial, no por el producto de la lluvia, a un determinado terreno con el fin de que este recupere un nivel de humedad sea aprovechable por las plantas que en él están arraigadas permitiéndoles vivir y desarrollarse. (Tapia, 2014)

Los métodos de riego establecen técnicas para infiltrar el agua al perfil del suelo donde se desarrollan las raíces, hasta un contenido de humedad adecuado para el cultivo. La finalidad es satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos, en zonas con déficit. (Ramos & Baéz, 2013)

8.3. Métodos de riego

Existen dos métodos de riego establecidos como son: el riego por superficie y el riego presurizado.

El riego por superficie se subdivide en: tendido; surco y melgas.

El riego presurizado se divide en: goteo, microaspersión y aspersión. (Grassi, 2000)

8.4. Riego por superficie

La ventaja de este tipo de riego es que tiene relativamente bajos costos de inversión y no requiere consumo de energía. Si bien disponer muchas pérdidas de agua por infiltración, se puede incrementar la eficiencia en el uso de la misma. Existen varias formas de regar por superficie: por surco, por melga y tendido, este último es el más ineficiente. Muchos fundamentos que se explicarán valen tanto para riego por surco como para riego por melga. (Demin, 2014)

8.4.1. Riego tendido

El riego tendido es una de las maneras más antiguas de riego. Se caracteriza por tener elevadas pérdidas necesarias a que la distribución del agua dentro del lote es despareja, por lo que la cantidad de agua disponible para muchas plantas es baja o nula, quedando bajo sectores con exceso de agua. En estos casos, se debe tratar que el agua avance despacio por sectores o por surcos, pero con el más bajo desnivel posible (poca pendiente), siguiendo las curvas de nivel del terreno de ser factible. (Demin, 2014)

8.4.2. Riego por surco

En este tipo de riego el agua avanza por pequeños canales o surcos, de un sitio más alto a otro más bajo, es decir desde la cabecera hasta el pie. El agua puede en algunos casos avanzar entre sitios de igual altura, esto se produce gracias a la altura del agua en la cabecera de la melga o surco. El riego en surcos se adapta a cultivos sembrados en líneas como hortalizas y frutales. Es importante lograr que quede la mayor cantidad de agua disponible para la plantación, por lo tanto, es necesario incrementar la eficiencia. La eficiencia del método de riego por surcos (o por melgas) puede ser tan baja que puede llegar a menos del 40%, es decir solo este porcentaje queda disponible para los cultivos. (Grassi, 2000)

El riego por surcos, tiene las siguientes características:

- La profundidad radicular se moja mediante la infiltración del agua a través del perímetro del surco.
- El agua cubre parcialmente el terreno entre surco y surco.

- El perfil se humedece en profundidad y lateralmente.
- La forma y dimensiones del surco, dependen de: Textura de suelo y tiempo de aplicación del agua. (Ramos & Baéz, 2013)

8.4.3. Riego por melgas

En el método de riego por melgas el agua avanza por un espacio de suelo a método de franjas que queda entre 2 bordos contruidos para tal fin, de manera que el agua se mueve encajonada desde la cabecera hasta el pié. Es bastante útil para regar pasturas, cereales y, en algunos casos, frutales. Tiene las desventajas de necesitar una gran porción de agua y un suelo bien nivelado. Si la pendiente a lo largo de la melga es mayor a 0,1% deberá aplicarse riego con desagüe al pié o sino regar con 2 caudales. Se debe tener precaución que la pendiente transversal en la melga sea baja para que el agua avance lo más pareja posible.

El riego por melgas, presenta las siguientes características:

- Son fajas de terrenos donde el agua recorre por inundación y se infiltra hasta la profundidad radicular.
- El caudal está en función del ancho de la faja, lo que requiere caudales grandes. (Ramos & Baéz, 2013)

8.5. Riego presurizado

En todo sistema presurizado, el agua, que es conducida por tuberías, se encuentra con una cierta presión, llegando directamente a la planta o a las plantas. Con el riego presurizado se evitan las pérdidas por infiltración en la conducción y distribución, logrando de esa manera que quede más agua disponible para la planta. Igualmente se debe tener conocimiento de las láminas de riego que se aplicarán según las necesidades de riego del cultivo.

La fuente de presurización puede ser una bomba o en forma natural utilizando la pendiente del terreno (presurización por gravedad). (Demin, 2014)

8.5.1. Riego por aspersión

El riego por aspersión permite aplicar el agua en forma de lluvia sobre la planta. El agua es conducida por tuberías a presión y al llegar al aspersor el chorro se rompe en abundancias

gotas que caen sobre el suelo. Es un método de riego que sirve en casos en que el viento no es importante ya que puede causar muchas pérdidas, además debe considerarse que el agua, al cubrir gran parte del suelo, se producen muchas pérdidas por evaporación. Es un sistema que utiliza mucha energía eléctrica por necesitar una elevada presión para su funcionamiento. Entre los equipos que se utilizan son el de aspersión fija, portátil, cañón, pivot central y avance frontal. Se debe tener la precaución de que la velocidad a la que se aplica la lámina de riego, o sea la velocidad a la que cae la lluvia, sea igual o menor a la velocidad de infiltración del suelo para evitar escurrimiento. En este sistema se utilizan aspersores que arrojan caudales de 600 litros/hora o más y de presiones de alrededor de $2,5 \text{ Kg/cm}^2$ (de baja presión) y de hasta $4,5 \text{ Kg/cm}^2$ (de alta presión). (Loor, Jarre, & Vega, 2013)

8.5.2. Riego por microaspersión

Este método de riego consiste en el uso de agua al suelo en gotas muy pequeñas. Requiere una presión de $1,6 \text{ kg/cm}^2$, es decir mucho más baja que aspersión. El diámetro de mojado que genera el microaspersor puede ser de alrededor de 3-4 metros. Es recomendable para cultivos como frutales, riego en viveros y algunas hortalizas. Los más comunes son los microaspersores propiamente dichos en los que se clavan un soporte en el suelo y se abastece de agua de una manguera que suele estar superficial. Otros microaspersores son los microjets que se introducen de manera que cuelgan por encima de las plantas conectados a una manguera de las cuales se abastecen de agua y que también está colgada, se utilizan en viveros. (Demin, 2014)

8.5.3. Riego por goteo

Este método de riego consiste en la aplicación de agua en forma de gotas de manera continua en un lugar próximo a la planta, mojando solo parte del volumen de suelo (30% del suelo). Es un riego de alta frecuencia donde se debe reponer el agua que la planta consumió uno o dos días atrás. En este método, en el suelo se forma un bulbo húmedo debajo de cada goteo donde la planta desarrolla una mayor cantidad las raíces. (Demin, 2014)

8.6. Diseño de riego por aspersión

El riego por aspersión se caracteriza por aplicar el agua en forma de lluvia, para obtener este resultado se hace pasar el agua de riego a través de pequeños orificios, necesitando para ello

de considerables presiones, obtenidas por equipos de bombeo o por grandes desniveles. (Tapia, 2014)

Debido a la flexibilidad de su uso y el eficiente control en la aplicación del agua, este método permite el riego de una amplia gama de suelos que no pueden ser regados adecuada y eficientemente con métodos tradicionales, tal es el caso de suelos muy arenosos o muy arcillosos, de alta o baja velocidad de infiltración y con pendientes pronunciadas. (Tapia, 2014)

Consiste en aplicar el agua al suelo simulando una lluvia. Este efecto es conseguido gracias a la presión en que fluye el agua dentro de un sistema de tuberías y es expulsada al exterior a través de las boquillas de un aspersor. Normalmente, la presión requerida se obtiene a partir de bombas hidráulicas las cuales aspiran el agua desde un canal, río 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. (Ramos & Baéz, 2013)

El objetivo del riego por aspersión es proporcionar el agua que requieren los cultivos mediante una precipitación artificial de intensidad controlada que permita, en general, un proceso de infiltración en condiciones de subsaturación. Estas características facilitan el proceso de distribución de agua y evitan la escorrentía y por tanto la alteración superficial del suelo. El agua recorre un sistema de tubería hasta llegar al emisor, que la lanza a la atmósfera. En el tramo de tubería, la corriente de agua solamente está condicionada para por consideraciones hidrodinámicas, pero durante el recorrido por la atmósfera se pierde bastante el control sobre la misma. Los efectos climáticos son de importancia crucial el proyecto y manejo de este sistema de riego. (Ramos & Baéz, 2013)

El sistema de riego por aspersión distribuye el agua en forma de lluvia por medio del funcionamiento de una bomba a presión, el cual utiliza dispositivos de emisión de agua, denominados aspersores. Este sistema puede ser aplicado en la mayoría de los cultivos independientemente de la topología del terreno, por este motivo su uso se ha extendido de forma rápida. (Escobar & Farfán, 2018)

Permite aplicar el agua en forma de lluvia sobre la planta. El agua es conducida por tuberías a presión y al llegar al aspersor el chorro se rompe en muchas gotas que caen sobre el suelo. Es un método de riego que sirve en casos en que el viento no es importante ya que puede causar muchas pérdidas, por evaporación. Es un sistema que utiliza mucha energía eléctrica por

necesitar una elevada presión para su funcionamiento. Entre los equipos que se utilizan son el de aspersión fija, portátil, cañón, pívot central y avance frontal. (Demin, 2014)

Se debe tener la precaución de que la velocidad a la que se aplica la lámina de riego, o sea la velocidad a la que cae la lluvia, sea igual o menor a la velocidad de infiltración del suelo para evitar escurrimiento. En este sistema se utiliza aspersores que arrojan caudales de 600 litros/hora o más y de presiones de alrededor de 2,522 kg/cm (de baja presión) y de hasta 4,5 kg/cm (de alta presión). (Demin, 2014)

8.6.1. Componentes de un equipo de riego por aspersión.

(Tarjuelo, 2005), indica que los elementos que componen un sistema de riego por aspersión son:

- Un equipo de elevación encarga de proporcionar agua a presión. En algunas no resultan necesario este equipo ya que se dispone depresión natural.
- Una red de tuberías principales que llevan el agua hasta los hidrantes, que son las tomas de agua en la parcela.
- Una red de ramales de riego que conducen el agua hasta los emisores instalados en la parcela que se pretende regar. En el caso de tratarse de una maquina automotriz, esta red se sustituye por un ramal móvil que recorre la parcela.
- Dispositivos de aspersión o emisores, que son los elementos encargados de aplicar el agua en forma de lluvia. Estos dispositivos pueden ser tuberías perforadas, difusores fijos, toberas, boquillas o aspersores, entre otros.

Según (Ortega, 2002), un equipo móvil de riego por aspersión se compone de cuatro unidades básicas:

- Unidad de bombeo.
- Tuberías.
- Accesorios.
- Aspersores.

8.6.2. Ventajas y desventajas del riego por aspersión

De acuerdo con (Tapia, 2014), el sistema de riego por aspersión presenta las siguientes ventajas:

- Alta eficiencia de aplicación de agua, 80%, y uniformidad en su penetración en el perfil del suelo.
- Utilizable en suelos de cualquier pendiente con peligro muy remoto de erosión y sin necesidad de nivelación de terreno.
- Sin limitaciones de uso según el tipo de suelo.
- Superior a los métodos superficiales en la aplicación de agua para la germinación de semillas.
- Facilita el control de la lámina de riego, lo que permite regar en forma adecuada.
- Se puede incorporar en el riego fertilizantes y sustancias de uso fitosanitario

(Ramos & Baéz, 2013), mencionan que los sistemas de riego por aspersión, presentan las siguientes ventajas:

- Puesto que la dosis de riego está en función del tiempo de cada riego, puede adaptarse tanto a dosis grandes como pequeñas.
- Al poder modificarse fácilmente la pluviometría, es capaz de adaptarse a terrenos muy permeables (más de 30mm/h) o muy impermeables, e incluso a terrenos con características heterogéneas.
- No necesita nivelaciones, adaptándose a topografías onduladas, lo que permite conservar la fertilidad natural del suelo.
- Se adapta a la rotación de cultivos y a los riesgos de socorro. En el primer caso siempre que se dimensionen para el cultivo más exigente. Dada la eventualidad de los riesgos de socorro los sistemas que mejor se adaptan los son móviles o semifijos (sobre todo aquellos con gran radio de acción como los cañones de riego).
- Pueden conseguirse altos grados de automatización, con el siguiente ahorro de mano de obra a costa normalmente de una mayor inversión.
- Evita la construcción de acequias y canales, aumentando la superficie útil a la vez que es más cómodo y de más fácil manejo que el riego por superficie.

- Es el método más eficaz para el lavado de sales por originar un movimiento de agua en el suelo en subsaturación, obligándola a circular por los poros más pequeños y por tanto más en contacto con la solución del suelo.
- Los sistemas móviles o semifijos requieren menos inversión, pero no pueden adaptarse al riego en bloques que consiguen mayor uniformidad y eficiencia de riego, ni a los riegos de alta frecuencia.
- Necesita mucha menos cantidad de agua que los riegos por pie debido a su mayor eficiencia. Además, aunque requiere más técnica al montarlo, el manejo es sencillo.

Según (Tapia, 2014), los sistemas de riego por aspersión podrían presentar ciertas desventajas, tales como:

- Tiene un costo inicial relativamente alto. Los costos de operación son más elevados que los otros riegos tecnificados por necesitar presiones de trabajo mayores.
- El viento puede distorsionar por completo la distribución del agua bajando su eficiencia.
- Puede crear condiciones favorables para el desarrollo de enfermedades fungosas y reducir la efectividad de aplicación de pesticidas, producto del lavado del follaje.
- El impacto de la lluvia en las flores del cultivo puede causar su caída influyendo en los rendimientos de cosecha.
- El agua de riego necesita una filtración previa, para impedir el paso de materiales abrasivos como la arena hacia las boquillas de descarga.

(Ramos & Baéz, 2013), indican que se pueden considerar las siguientes limitaciones del riego por aspersión:

- Las limitaciones vienen sobre todo en fuertes vientos, pendientes excesivas y riego bajo o sobre árboles.
- Interferencias sobre los tratamientos, por el lavado de los productos fitosanitarios que protegen la parte aérea del cultivo. Es preciso establecer la programación de riegos adecuada para evitar estas interferencias.
- Puede originar problemas de sanidad en la parte aérea del cultivo cuando se utilicen aguas salinas o residuales para regar, ya que al evaporarse aumenta la concentración de sales o las impurezas de la misma.

- Mala uniformidad en el reparto por la acción de los vientos.
- Los principales problemas suelen ser de carácter económico por las altas inversiones iniciales y los elevados costos de mantenimiento (energía). También hay que hacer reparaciones todos los años

8.6.3. División de los sistemas de riego por aspersión

Según (Saltos, 2011), los sistemas de riego por aspersión se dividen en:

- Sistema móvil, en el cual todos los elementos de la instalación son móviles. Este sistema se utiliza solo en pequeñas superficies o para dar riegos complementarios.
- Sistema semifijo, donde algunos o todos los ramales de alimentación son fijos, mientras que los ramales laterales son móviles. Este sistema se utiliza cada vez menos, pues tiene mayores necesidades de mano de obra y exige un trabajo incómodo al tener que trasladar las tuberías en suelo mojado
- Sistema fijo o de cobertura total, todos los elementos de este sistema son fijos. La colocación de la red puede ser permanente (permanece enterada durante toda la vida útil) o temporal (se coloca a principio de la campaña de riego y se retira al final de la misma). Este sistema se utiliza cada vez más, debido a la poca mano de obra que requiere, ya que el trabajo se reduce, prácticamente, a abrir y cerrar las llaves de paso. Es el sistema más apropiado para parcelas pequeñas o medianas que tienen forma irregular
- Sistemas mecanizados, se desplazan continuamente durante el riego. Las tuberías fijas suelen ser de fibrocemento o de material plástico. Las tuberías portátiles flexibles (mangueras), utilizadas en el riego con trineos, están fabricadas con caucho reforzado o materiales plásticos de buena calidad, con el fin de soportar los esfuerzos que se producen en su traslado

8.7. El regadío con aspersores

Emplea menos agua y permite un control mejor. Cada aspersor, situado a lo largo de una tubería, esparce agua pulverizada en un circuito continuo hasta que la humedad llega al nivel de las raíces del cultivo. El riego de eje central emplea largas hileras de aspersores que giran en torno a un campo circular como si se tratara de la manecilla de un reloj. Este método se emplea sobre todo en cultivos como la alfalfa, frejol, árboles frutales, pastos, etc, que

permiten realizar varias cosechas anuales. Los aspersores por lo general tienen un alcance superior a 6m, es decir, tiran el agua de 6 metros en adelante, según tengan más o menos presión y el tipo boquilla.

8.8. Aspersores

Este sistema de riego debe su nombre al emisor que provoca la característica de una lluvia, este emisor es el aspersor. Los aspersores son toberas provistas de un mecanismo que les permite rotar sobre su eje utilizando para esto la fuerza del agua. Para su funcionamiento necesitan de ciertas presiones que se hacen mayores a medida que sea necesario que aumente su caudal y alcance o área de mojado. Tanto el caudal como el alcance dependen del diámetro de la boquilla de salida del aspersor. Para una misma boquilla variando la presión de trabajo se puede variar el alcance del chorro de agua junto con el caudal. Cuando se necesita de alcances o caudales se debe emplazar la boquilla por otra de diferente diámetro. Los aspersores pueden tener una, dos y tres boquillas, las que varían su ángulo de salida cubriendo todo el radio de riego.

Los aspersores se fabrican en dos tipos: fijos y rotatorios, estos últimos pueden ser de círculo completo o sectorizado. La rotación del aspersor se produce por el impacto de un martillo desplazado por el chorro de agua que golpea rítmicamente un soporte previsto para ello. El giro se consigue también por un mecanismo de turbina, o simplemente por efecto de reacción. (Tarjuelo, 2005)

8.9. Clasificación de los aspersores

(Jaya, 2011), los aspersores se clasifican de acuerdo a su presión de trabajo en:

- Aspersor de baja presión de 1 a 2 bar, especialmente diseñado para riego de árboles frutales, por el hecho de poseer la boquilla un bajo ángulo de salida, o para cultivos anuales o permanentes
- Aspersor de presión intermedia entre 2 y 4 bar. Están diseñados con una o dos toberas y se adoptan al todo tipo de cultivo y suelo. El diámetro de círculo humedecido varía entre 21 y 39 metros

- Aspersores de alta presión entre 4 y 8 bar, llamados también gigantes; especialmente diseñados para riego de elevado tamaño como maíz, caña de azúcar, etc. El diámetro de círculo humedecido varía entre 60 y 150 metros

8.10. Recomendaciones para el manejo del riego por aspersión

(Revilla, 2010), presenta las siguientes recomendaciones para el óptimo manejo del riego por aspersión:

- No regar con aguas salinas, ya que pueden producir fitotoxicidad en la parte aérea del cultivo.
- No regar con viento alto, ya que la uniformidad de distribución del agua aplicada disminuye considerablemente con el viento. Además, con altas velocidades de viento, aumenta el porcentaje de pérdidas por evaporación y arrastre cantidad de agua que sale de los emisores, pero no llega a la superficie de la parcela al evaporarse o ser arrastrada por el viento
- Aplicación de riegos nocturnos. El regar por la noche disminuye el valor de las pérdidas por evaporación y arrastre ya que la velocidad del viento y la temperatura del aire es menor que por el día. Para realizar riegos nocturnos, lo más adecuado es automatizar el riego en la parcela
- Realizar un mantenimiento adecuado de todos los elementos de la instalación. En muchas ocasiones la falta de uniformidad de sistemas de riego por aspersión es debida a: emisores obturados o rotos, descensos de presión debidos a falta de limpieza en los filtros.
- Evitar limitaciones en el funcionamiento de la red de riego por aspersión. Cuando se instale un sistema de riego por aspersión, el regante debe estar informado de las limitaciones de manejo que tiene la red diseñada en su parcela. En ocasiones, un intento de ahorro económico en la instalación, disminuyendo el diámetro de las tuberías o aumentando los marcos de riego de los aspersores, puede condicionar a la larga el manejo que el regante vaya a hacer

8.11. Diseño agronómico del riego por aspersión

El diseño agronómico representa la primera fase del procedimiento de diseño de cualquier tipo de riego, con el que se determina la cantidad de agua que ha de transportar la instalación,

correspondiente a las necesidades brutas de riego en las épocas de máxima necesidad. Es una parte importante en un proyecto de riego ya que si se cometen errores en los cálculos del diseño agronómico repercutirán posteriormente en el diseño hidráulico. (Monge, 2018)

Antes de iniciar el diseño agronómico se debe tener conocimientos de las condiciones topográficas, edafológicas, agronómicas, hidrológicas y climáticas de la zona de estudio. Los factores agronómicos son considerados para el diseño del sistema de riego debido a que considera características de infiltración del suelo y las plantas a cultivar. El diseño agronómico en el riego, determina la cantidad de agua que se va a aportar en la instalación, corresponde a las necesidades brutas de riego en épocas de máxima necesidad. (Aguinsaca, 2020)

Es la demanda o cantidad de agua requerir por un cultivo o un patrón variado de cultivos en un período y condiciones de campo determinados, su estimación contribuye al desarrollo y crecimiento normal de los cultivos es decir la cantidad total de agua requerida para que el cultivo se desarrolle y madure adecuadamente, los requerimientos hídricos deben cubrir la demanda de agua necesaria, para satisfacer las pérdidas provocadas por la evapotranspiración (ETC), pérdidas en la aplicación de agua de riego y pérdidas por operaciones especiales como preparación de tierra, trasplantes, lixiviación de sales en la zona radicular, control de heladas. (Aguinsaca, 2020)

La evapotranspiración (*ETC*) tiene dos componentes que son la evaporación directa desde el suelo y la transpiración a través de la planta, su evaporación requiere principalmente de la superficie mojada y del agua absorbida por las raíces pues solo una pequeña porción pasa a formar parte de los tejidos de la planta, mientras que la transpiración se produce como consecuencia de la fotosíntesis, su mayor o menor transpiración depende de características de la planta, volumen de hojas, morfología y factores ambientales. En términos agronómicos se define a la evapotranspiración como el agua útil almacenada en la zona radicular. (Aguinsaca, 2020)

8.11.1. Necesidades netas de riego

Es la demanda o cantidad de agua requerir por un cultivo o un patrón variado de cultivos en un período y condiciones de campo determinados, su estimación contribuye al desarrollo y crecimiento normal de los cultivos es decir la cantidad total de agua requerida para que el

cultivo se desarrolle y madure adecuadamente, los requerimientos hídricos deben cubrir la demanda de agua necesaria, para satisfacer las pérdidas provocadas por la evapotranspiración (ETC), pérdidas en la aplicación de agua de riego y pérdidas por operaciones especiales como preparación de tierra, trasplantes, lixiviación de sales en la zona radicular, control de heladas. (Aguinsaca, 2020)

La evapotranspiración (*ETC*) tiene dos componentes que son la evaporación directa desde el suelo y la transpiración a través de la planta, su evaporación requiere principalmente de la superficie mojada y del agua absorbida por las raíces pues solo una pequeña porción pasa a formar parte de los tejidos de la planta, mientras que la transpiración se produce como consecuencia de la fotosíntesis, su mayor o menor transpiración depende de características de la planta, volumen de hojas, morfología y factores ambientales. En términos agronómicos se define a la evapotranspiración como el agua útil almacenada en la zona radicular. (Aguinsaca, 2020)

8.11.2. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo)

La evapotranspiración, tiene dos componentes que son la evaporación directa desde el suelo y la transpiración a través de la planta, su evaporación requiere principalmente de la superficie mojada y del agua absorbida por las raíces pues solo una pequeña porción pasa a formar parte de los tejidos de la planta, mientras que la transpiración se produce como consecuencia de la fotosíntesis, su mayor o menor transpiración depende de características de la planta, volumen de hojas, morfología y factores ambientales. En términos agronómicos se define a la evapotranspiración como el agua útil almacenada en la zona radicular. (Aguinsaca, 2020)

La ETo se toma a partir de una superficie de referencia que no tiene restricciones de agua, su superficie es un cultivo de referencia de pasto hipotético con características específicas, en el cual solo los factores que afectan a la ETo son los factores climáticos. Por lo tanto, es un parámetro climático que se puede estimar a partir del cálculo de datos meteorológicos, la ETo pronuncia el poder de evaporación de la atmósfera en un lugar y épocas del año específicos sin considerar los factores de suelo ni las características del cultivo. (Aguinsaca, 2020)

Para la estimación de la evapotranspiración de referencia ETo se lo realiza a partir de métodos experimentales sobre el terreno como son los lisímetros o también con distintos métodos

basados en tablas a partir de datos meteorológicos mencionados a continuación: Blaney – Criddle, Penman Monthein, Hargreaves entre otros. (Aguinsaca, 2020)

8.11.3. Coeficiente de cultivo

Al coeficiente del cultivo (K_c) siempre se lo utiliza para la planificación del riego, realización de programas básicos de riego y para la mayoría de los estudios hidrológicos de balance hídrico. Este parámetro incorpora las características del cultivo conjuntamente con los efectos de evaporación promedio del suelo, es proporcional a la demanda de agua atmosférica (carga de radiación, velocidad del viento, temperatura, contenido de vapor de agua) y las etapas de desarrollo (etapas fenológicas) del cultivo. Se consideran etapas cuyas duraciones dividiéndose en etapa inicial, de desarrollo, mitad de temporada y etapa final. (Aguinsaca, 2020)

Para la determinación del coeficiente de cultivo se consideran las diferentes etapas de desarrollo del cultivo para la temporada de crecimiento del cultivo que son:

- Etapa inicial: Desde la siembra hasta la germinación, alcanza un 10% de cobertura del suelo.
- Etapa de desarrollo del cultivo.
- Etapa de mitad de temporada: Va desde la cobertura efectiva hasta el inicio de la madurez del cultivo. En esta etapa el cultivo utiliza mayor cantidad de agua y el K_c alcanza el valor máximo.
- Etapa de final de temporada: desde el inicio de la madurez, la madurez o cosecha completa

8.11.4. Factores que afectan la Evapotranspiración del cultivo (ETC)

(Aguinsaca, 2020), indica que los factores que afectan la evapotranspiración son:

- Hídricos: comprende métodos de riego, eficiencia de riego, disposición y calidad del agua para el riego.
- Edáficos: propiedades características del suelo físicas y químicas tales como textura, estructura, porosidad, entre otras.

- Vegetales: de acuerdo al tipo del cultivo, variedad, etapas fenológicas, características morfológicas de las estomas.
- Climáticos: Temperaturas, precipitaciones, velocidad del viento, radiación solar, humedad relativa.

8.11.5. Precipitación efectiva

(Sarango, 2019), indica que la precipitación efectiva es un parámetro que recurre a métodos simplificados ya que encierra dificultades específicas, entre las varias formas que existen para determinar la Precipitación efectiva menciona la elaborada por la Soil Conservación Service (USDA) para precipitaciones menores y mayores a 250 mm.

8.11.6. Necesidades brutas de riego

Son las cantidades de agua que hay que aplicar en el riego restando las pérdidas de las necesidades netas de riego, indican que los requisitos de riego se determinan al dividir la cantidad de agua que necesita la planta (ETC) para la fracción decimal de la eficiencia de aplicación del sistema de riego (E_a). (Sarango, 2019)

8.11.7. Lámina neta o lámina de agua aprovechable (LAA).

La lámina de agua aprovechable (LAA) es la cantidad de agua que puede almacenar el suelo a una profundidad determinada, es definida por el cultivo, y es la diferencia de los puntos de capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP). También menciona a la lámina de riego rápidamente aprovechable (LARA) es la cantidad de agua que se debe aplicar en cada riego por unidad de superficie entre la capacidad de campo (CC) y el umbral de riego (UR) o factor de agotamiento.

Es importante dar la cantidad de agua necesaria para elevar el contenido de humedad de la zona radicular desde un valor inferior correspondiente a la fracción de agotamiento hasta un valor superior capacidad de campo (CC), generalmente es la cantidad de agua que se aplica en cada riego por cada unidad de superficie. (Aguinsaca, 2020)

8.11.8. Lámina bruta o lámina total de riego (Lr)

(Sarango, 2019), sostiene que es la lámina de agua total que necesita un cultivo considerando la eficiencia de aplicación que se encuentra definido por cada método de riego. Presenta valores que pueden ser utilizados de referencia para las eficiencias de aplicación según su método de riego que se mencionan en la siguiente tabla:

Tabla 2: Método de riego

Método de riego	Eficiencia de aplicación
Aspersión	50 -90
Microaspersión	60 – 95
Goteo	65 – 95

Fuente: (Sarango, 2019)

8.11.9. Frecuencia de riego (Fr)

De acuerdo con (Aguinsaca, 2020), la frecuencia de riego es el número de días que transcurren entre dos riegos sucesivos, depende de la demanda de agua de la planta (Nr) y la capacidad de retención de agua del suelo (LAA).

8.11.10. Tiempo de riego (Tr)

Se refiere al tiempo necesario para que la lámina total de agua se infiltre en el terreno. También, es el tiempo en horas que debe estar funcionando la instalación para aplicar las necesidades brutas de riego. (Sarango, 2019)

8.11.11. Caudales de riego

Según (Aguinsaca, 2020), es la cantidad de agua indispensable para satisfacer y suministrar las necesidades de riego de un sector, es importante destacar que el cálculo de estos caudales se lo debe hacer con el mes de máximas demandas hídricas, pues si se calcula con el de menores necesidades la cantidad de agua será insuficiente para otras etapas de desarrollo del cultivo. Además, define dos tipos de caudales:

- Caudal continuo o ficticio, se refiere al volumen de agua que se debe aplicar sobre una hectárea de forma continua para cubrir las necesidades de agua en los cultivos

teóricamente representa el volumen de agua que se tendría que aplicar durante el mes y 24 horas continuas de forma ininterrumpida

- Caudal real o instantáneo, es el volumen de agua real que se aplica sobre una hectárea.

Para su cálculo se emplea la siguiente ecuación:

Ecuación 1

$$q_r = \frac{10^4 N_b}{d_2 * h * 3600}$$

Dónde:

q_r = Caudal real l * S⁻¹ * ha⁻¹

N_b = Necesidades brutas del mes de máxima exigencia hídrica del cultivo (mm/mes).

d_2 = Número de días de riego al mes

h = Horas de riego al día

8.11.12. Intensidad de precipitación (Ip)

Indica que es el resultado del caudal emitido por el aspersor o microaspersor y la superficie de suelo mojado del mismo

8.12. Diseño hidráulico para riego

El diseño hidráulico tiene como finalidad definir los diámetros y longitudes de las diferentes tuberías que componen el sistema (regantes, distribuidoras y conducción) bajo un criterio de optimización. El diseño hidráulico de la red parcelaria debe considerar al menos dos criterios básicos: que las secciones operen con una uniformidad de emisión mayor a 90%, y que la velocidad en las tuberías de la red parcelaria no sea mayor de 2.0 m/s.

Lograr que un diseño sea eficiente, significa que independientemente de las dimensiones del sistema, de las condiciones topográficas y del tipo de cultivo, se garantice una diferencia en caudal del 10 % en los emisores.

Con el diseño hidráulico se determinan los componentes, dimensiones de la red y funcionamiento de la instalación de riego, de tal manera que se puedan aplicar las necesidades de agua al cultivo en el tiempo que se haya establecido, teniendo en cuenta el diseño agronómico previamente realizado. (Zapata, 2020)

8.12.1. Levantamiento topográfico para riego

Es el grupo de operaciones que determina la posición relativa de puntos de la superficie de la tierra; operaciones que consisten en medir distancias verticales y horizontales entre los puntos; determinar ángulos entre alineaciones, orientación de estas y situación de puntos sobre el terreno por mediciones previas, tanto angulares como lineales. Esta actividad se desarrolla en cada uno de los elementos que forman parte de un esquema planteado. Es el proceso de medir, calcular y dibujar para determinar la posición relativa de los puntos que conforman una extensión de tierra. (Rodríguez, 2017)

La planimetría es la parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos que tienden a conseguir la representación a escala de todos los detalles interesantes del terreno sobre una superficie plana (plano geometría), prescindiendo de su relieve y se representa en una proyección horizontal. (Mejia & Flores, 2015)

La altimetría (también llamada hipsometría) es la rama de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura o "cota" de cada punto respecto de un plano de referencia. Con la altimetría se consigue representar el relieve del terreno, planos de curvas de nivel, perfiles. (Mejia & Flores, 2015)

Según (Condori, 2015), las etapas para el levantamiento topográfico para diseños de sistemas de riego son:

- Reconocimiento de campo, en esta etapa es donde se visita el lugar en el que se ejecutara el trabajo con el fin de investigar el área y evaluar una metodología óptima que se empleara en el trabajo de campo.
- Trabajo de gabinete, es la etapa en donde se realizan todos los cálculos matemáticos y elaboración de planos.
- Replanteo topográfico, es la operación y medición que tiene por objetivo plasmar o trasladar al terreno las dimensiones y formas indicadas en los planos

8.12.2. Redes de conducción principales o maestras

Son las cañerías de diámetro superior al mínimo, cuyos diámetros surgen del cálculo correspondiente. Aquellas con diámetros mayores a 250 mm, no permiten conexiones

domiciliarias, por lo que es necesario colocarles paralelamente una cañería, denominada subsidiaria, de diámetro mínimo. (Villafuerte, 2010)

8.12.3. Redes de conducción secundarios o distribuidoras

Son las que cubren toda el área comprendida dentro del marco de malla cerrada, en el caso de ese diseño o distribuyen el agua hasta los consumidores en el caso de las mallas abiertas. Estas cañerías no se calculan, simplemente se les asigna el diámetro mínimo. El diámetro mínimo de las cañerías secundarias se determina previamente en base a pautas establecidas por los organismos con competencia en el tema. De todas maneras, dichos organismos han establecido esos diámetros mínimos, en función de la experiencia adquirida y a cálculos basados en consumos estadísticos y longitudes máximas de las mismas. (Villafuerte, 2010)

8.12.4. Tuberías

(Mena, 2014). Las tuberías maestras o principales generalmente son fijas, aunque en ciertas ocasiones pueden ser móviles. Dichas tuberías por lo general van enterradas y se construyen de diferentes materiales como pueden ser fibrocemento, hierro y otros.

De acuerdo con (Mena, 2014), las tuberías pueden ser utilizadas de acuerdo a su función:

- Tubería principal, es la encargada de llevar el agua desde la estación de bombeo hasta la entrada del campo. Los diámetros suelen ser entre 6 y 12 pulgadas.
- Tuberías secundarias: Son las encargadas de conducir el agua hasta la entrada en la parcela, generalmente son de aluminio o plásticas con diámetros entre 6 y 8 pulgadas
- Tubería lateral o alas móviles: Es la línea porta aspersores y está constituida por elementos ligeros, aluminio y material plástico principalmente. Son de dos tipos Tuberías rígidas y tuberías flexibles o mangueras.

8.12.5. Pérdidas de carga en tuberías

Las pérdidas de carga es la altura que se pierde por los rozamientos que ofrecen al paso del líquido las tuberías, válvulas, filtros, curvas y otros accesorios. Teniendo en cuenta las clases de tuberías y modo de transporte se puede tener pérdidas de carga por el material transportado y el mantenimiento de tuberías, presión de carga y diámetro de la misma debido a la presencia de fenómenos locales originados por cambios en la alineación de la tubería, por cambios en la

sección de la tubería, por la presencia de emboques y desemboques y por la presencia de elementos que puedan obstaculizar o alterar las condiciones del flujo, como es el caso de válvulas o derivaciones. (León, Pertuz, & Lizarazo, 2019)

En las tuberías, cualquier causa perturbadora, cualquier elemento o dispositivo que venga a establecer o elevar la turbulencia, cambiar la dirección o alterar la velocidad, origina una pérdida de carga. Además, se presentan en las tuberías, otros hechos particulares como, válvulas, medidores. De hecho, las pérdidas hidráulicas de energía, se dividen en continuas y localizadas. (León, Pertuz, & Lizarazo, 2019)

8.12.6. Tipos de aspersores

Según (Ramos & Baéz, 2013), considera los siguientes tipos de aspersores:

- Aspersores de martillo o de choque, son aquellos donde el mecanismo de acción del giro es un martillo sujeto a un eje sobre el cuerpo del aspersor, accionado por una muelle (resorte trabajando a torsión); este martillo produce un golpe intermitente sobre el aspersor produciendo giros pausados
- Aspersores de balancín, son aquellos donde el mecanismo de acción del giro es a través de un balancín accionado por su propio peso, el cual se interpone intermitentemente al chorro de agua ocasionando un giro pausado del aspersor.
- Aspersores de reacción, la inclinación del orificio de salida origina un par, que mueve el conjunto.
- Aspersores de turbina, el chorro incide sobre una turbina que origina el giro. Principalmente son empleados en jardinería.
- Aspersores de presión alta, más de 4 kg/cm². Suelen usarse para aspersores de tamaño grande también llamados cañones, con una, dos o tres boquillas y caudales de 6 a 40 m³ /h, pudiendo llegar a superar los 200 m³ /h. El mecanismo de giro, puede ser de choque o turbina, con alcances entre 25 y 70m. Suelen dar baja uniformidad de distribución al ser fácilmente afectados por el viento. Asimismo, el gran tamaño de gota y la gran altura de caída pueden dañar al suelo desnudo o al cultivo.
- Aspersores de dos o más boquillas, en estos casos, las características hidráulicas de operación del aspersor son referidas a la boquilla de mayor diámetro equivalente, que es la que acciona el mecanismo de giro.

8.12.7. Coeficiente de uniformidad

Indica el grado de uniformidad con que el sistema de riego puede estar funcionando, en la aplicación del agua por los difusores o goteros y evalúa el grado de funcionamiento, con que debe operar un sistema nuevo u otro en operación, relacionando, el 25% de los goteros, que menos caudal aportan, frente al 100% de una muestra del universo de emisores. (Ordinola, Bravo, & Peña, 2011)

8.12.8. Traslape

(Garcia & Gregorio, 2009), indica que, la técnica general de combinar el patrón que sigue un aspersor en su disposición de agua sobre la superficie de suelo es conocida como traslape.

Las siguientes definiciones sirven para identificar aquellos términos que serán repetidamente usados en el traslape de riego por aspersión:

- Patrón general de aspersión (PGA) es el arreglo de las profundidades de precipitación medidas a los puntos de intersección de un sistema cuadrículado cuando uno o más aspersores que esta localizados dentro del sistema cuadrículado.
- Patrón sencillo de un aspersor (PSA) es el arreglo de las profundidades de precipitación medidas a los puntos de intersección de un sistema cuadrículado cuando un solo aspersor es operado al centro de un sistema cuadrículado para una longitud de tiempo determinado usualmente bajo condiciones normales de operación del sistema.
- Sistema cuadrículado (SC) es en el cual los puntos de intersección están igualmente espaciados en las dos direcciones perpendiculares.
- Patrón de traslape de aspersión (PTA) es un arreglo repetitivo de valores obtenidos cuando un PGA es manipulado y combinado en una o varias formas
- Patrón de traslape de un solo aspersor (PTSA) es un PTA obtenido cuando un solo PSA es usado en un proceso de traslape
- Distribución de la aspersión (DA) es un arreglo rectangular de valores de precipitación indicados en un sistema cuadrículado, los cuales estiman la distribución de un riego real. Estos valores pueden ser medidos o pueden ser unos que sean estimados mediante la manipulación y combinación de uno o más PGA.

8.12.9. Selección del sistema de Bombeo

Un sistema de bombeo consiste en un conjunto de elementos que permiten el transporte a través de tuberías y el almacenamiento temporal de los fluidos, de forma que se cumplan las especificaciones de caudal y presión necesarias en los diferentes sistemas y procesos.

Un sistema de bombeo se define como un conjunto de elementos tanto mecánicos como eléctricos, de combustión, el fluido adquiere energía en forma de presión o de velocidad, y de esta forma cumple las especificaciones de caudal y presión que son necesarias en los diferentes procesos o aplicaciones que tienen estos sistemas de riego. El Sistema de bombeo es un dispositivo mecánico diseñado para impulsar agua de un lugar a otro aplicando cierta presión y velocidad, gracias a esto se logra transportar el agua en contra de la gravedad.

Las bombas son los elementos de la instalación que suministran el caudal de agua necesario a la presión adecuada. Normalmente se utilizan bombas hidráulicas accionadas por motores eléctricos o motores de combustión interna. En la mayoría de los casos las bombas hidráulicas actúan en dos fases: aspiración e impulsión. (Tarjuelo, 2005)

8.12.10. Bomba centrífuga

Es aquella máquina que incrementa la energía de velocidad del fluido mediante un elemento rotante, aprovechando la acción de la fuerza centrífuga, y transformándola a energía potencial a consecuencia del cambio de sección transversal por donde circula el fluido en la parte estática, la cual tiene forma de voluta y/o difusor.

El primer factor a tomar en cuenta es el tipo de fluido que se va a manejar, no es lo mismo instalar una Bomba para el suministro de agua que una para transportar ácidos o sustancias corrosivas, los materiales constructivos de la bomba varían según su aplicación.

Existen también algunas series para aplicaciones específicas como las empleadas en piscinas o piletas y las de pozos profundos. La curva característica de una bomba describe la relación entre la altura manométrica (caída de presión) y el caudal, datos que permiten escoger la bomba más adecuada para cada instalación. (Tarjuelo, 2005)

8.12.11. Parámetros para la selección del equipo de bombeo.

(Hendriks, 1994), menciona que los parámetros para la selección del equipo de bombeo son:

- Curvas características para seleccionar una bomba: las curvas de las bombas son presentaciones gráficas que relacionan la presión, el caudal y el rendimiento de las mismas; en algunos casos se agrega información sobre la potencia requerida y la altura de succión.
- Curva Presión – Caudal: En esta curva se representa en el eje “y” la presión total que genera la bomba y en el eje “x” el caudal, las unidades de presión generalmente son metros de columna de agua como libra por pulgada² (psi) y las de caudal litros por minuto (l/min), galones por minuto (gpm) y metros cúbicos por minuto (m³/min). Esta curva tiene pendiente negativa, indicando la relación inversa que existe entre presión y caudal.
- Curva Caudal – Potencia: Esta curva relaciona el caudal elevado con la potencia que consume la bomba. La menor potencia se consume con el caudal mínimo. En grandes equipos de bombeo, para disminuir el consumo de energía los equipos parten con las válvulas cerradas y las abren poco a poco.
- Curvas de eficiencia: Las curvas de eficiencia normalmente se trazan sobre las 8 curvas de caudal contra potencia, naturalmente que esta curva es muy importante ya que a mayor eficiencia significa menor consumo de combustible.
- Altura piezométrica, si en un tubo por el que circula agua a presión se aplican a las paredes tubos piezométricos verticales, el agua se eleva en cada uno de ellos a una altura piezométrica en metros igual a P/Y , siendo P la presión en kilogramos por centímetro cuadrado en el interior de la tubería e Y el peso específico del agua (1 000 kg/m³).
- Cota, se conoce como cota a un valor numérico en cualquier punto de la tierra que cumple la función de mostrar la altura sobre un plano de nivel como puede ser el nivel del mar.
- Rendimiento de una Bomba, cuando un líquido fluye a través de una bomba, sólo parte de la energía comunicada por el eje impulsor es transferida al fluido. Existe fricción en los cojinetes y juntas, y no todo el líquido que atraviesa la bomba recibe de forma efectiva la acción del impulsor, y existe una pérdida de energía importante debido a la fricción del fluido.

8.13. El cultivo de banano

El banano se cultiva en todas las regiones tropicales y tiene una importancia fundamental para las economías de muchos países en desarrollo, Ecuador abastece de esta fruta a 43 mercados, los principales fueron Rusia, EE.UU., China y la Unión Europea, aunque en el primer semestre perdió terreno en los dos primeros. (Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario, 2018)

La producción de banano para la exportación se considera una actividad tecnológica y económica diferente a la producción del banano como alimento de la primera necesidad, la producción destinada a la exportación se sirve únicamente de unas cuantas variedades seleccionadas por su alto rendimiento, su durabilidad en el transporte de larga distancia, su calidad y su aspecto sin taras. (Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario, 2018)

El banano requiere de un abastecimiento amplio y frecuente de agua limpia, y de haber un déficit puede afectarse negativamente el crecimiento y rendimiento de los cultivos. Por la importancia del riego y drenaje en el proceso de producción del banano, el consumo de agua es clave.

La programación del riego establecida en función de reponer la humedad del suelo hasta capacidad de campo cuando ha llegado al agotamiento crítico (0,45 de la humedad total disponible) es eficiente y no causa reducción en el rendimiento del cultivo de banano. (Caicedo, Balmaseda, & Jaime, 2015)

El banano es altamente sensible al déficit hídrico y de que no es posible esperar que responda positivamente a la falta de humedad en el suelo en ninguna de sus fases de desarrollo, a realizar ensayos que permitan definir la fase de cultivo que se muestra como menos sensibles, con el objetivo de establecer estrategias de riego deficitario controlado en los meses o fases de cultivo en que menos disponibilidad del agua para el riego exista. (Caicedo, Balmaseda, & Jaime, 2015)

Los bananos requieren una gran cantidad de agua durante todo el año, por lo que su sistema de riego tiene la gran responsabilidad de determinar la cantidad de 20 flores y frutas que puede producir, y el tamaño y la calidad de estos rendimientos. (Caicedo, Balmaseda, & Jaime, 2015)

8.13.1. Características taxonómicas

(Gómez, 2017) indica que, los bananos y plátanos son monocotiledóneas de porte alto, originadas de cruces intra e interespecíficas entre *Musa acuminata* Colla (genoma A) y *Musa balbisiana* Colla (genoma B) que pertenecen a la familia Musaceae.

En orden de importancia económica, existen bananos triploides (AAA, AAB y ABB), diploides (AA y AB) y tetraploides (AAAA, AAAB y AABB), Los principales cultivares comerciales son triploides, altamente estériles, partenocárpicos y propagados asexualmente.

Clasificación taxonómica del banano:

- Reino: Planeta
- División: Magnoliophyta
- Clase: Liliopsida
- Orden: Zingiberales
- Familia: Musaceae
- Género: *Musa*
- Especie: *M. paradisiaca*

8.13.2. Cultivares

(Herrera, 2020) indica que, a nivel nacional los productores poseen a su disposición variedades que se adecuan a las diferentes condiciones edáficas –climáticas según las zonas de mayor producción de banano. Las variedades están dispersas en diferentes zonas del territorio nacional, adaptadas a las condiciones edáficas. Climáticas y de relieve de cada zona productiva. A continuación, se describen los principales cultivares utilizados en el país:

- Cavendish, es la variedad de mayor importancia a nivel nacional y de mayor capital en el comercio mundial; dentro de los cultivares Cavendish consta una gran diversidad de variedades y la más utilizada en el país es la Grand Naine o Gran Enano. Esta se especializa por ser una planta con pseudotallo alto, hojas anchas, frutos medianos de agradable calidad, es resistente a la raza 1 de *Fusarium oxysporium*, tolerante al viento y a la sequía

- Gros Michel, es nombrado en el país como banano criollo, es susceptible al mal de Panamá y se especifica por ser de porte alto (alrededor de 6m de longitud de pseudotallo), las hojas miden alrededor de un metro de ancho por cuatro metros de largo y el racimo es 9 de forma cilíndrica con capacidad de almacenar entre 10-14 manos.
- Dátil, es una variedad que proviene al grupo AA, se caracteriza por ser de porte bajo, el pseudotallo es de coloración rojiza, hojas lanceoladas en posición erectófila y los frutos son pequeños y ovalados.

8.13.3. Riego en el cultivo de banano.

El cultivo del banano exige un suministro de agua abundante y frecuente a lo largo del ciclo de producción para asegurar la productividad y la calidad de la fruta. Los tipos de riego utilizados para el banano pueden ser aspersión subfoliar, aspersión supra foliar, goteo o gravedad. La selección del sistema de riego depende de la disponibilidad de recursos y del acceso a la tecnología. Aspectos como la retención de humedad, la infiltración básica, la evaporación y el potencial de equilibrio hídrico también deben ser considerados. (Prado, 2021)

La gestión del agua en las plantaciones de banano es un tema importante, ya que la tasa de bombeo altera las aguas subterráneas y superficiales con la construcción de pozos, bombas de irrigación, sistemas de canales y drenaje superficial. Esto afecta el equilibrio hídrico y el suministro en las comunidades cercanas. Por esta razón, es necesario implementar prácticas de manejo adecuadas para minimizar el impacto social y ambiental del uso del agua. (Prado, 2021)

Las nuevas metodologías de riego a base de uso de sensores en las investigaciones del cultivo de banano, ha permitido utilizar menor volumen del recurso hídrico, con porcentajes menores a 26% del previsto por metodologías utilizadas por los agricultores de la zona. (Prado, 2021)

(Amaya, 2011), menciona que el volumen de agua usada mediante el uso riego subfoliar en los cultivos de banano en la provincia de El Oro, bajo láminas teóricas de riego calculadas más el uso de fertirrigación explica que el cultivo se vio influenciado por los tratamientos de riego.

9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

¿Cuál es el requerimiento hídrico del cultivo de banano (*Mussa paradisiaca*), bajo las condiciones agro-climáticas del recinto San Eduardo del cantón La Maná?

¿Cuál es del dimensionamiento óptimo de los componentes de un sistema de riego por aspersión en una superficie de 1? 2 ha para el cultivo de banano (*Mussa paradisiaca*) en el recinto san Eduardo?

10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

10.1. Localización y duración del ensayo

Este ensayo se lo realizó desde abril 2021 a febrero 2022, con una duración de 10 meses y se lo realizo en la siguiente localización:

10.1.1. Ubicación Política

- Provincia: Cotopaxi
- Cantón: La Maná
- Recinto: San Eduardo

10.1.2. Ubicación Geográfica

- Latitud: 0°52'32" S
- Longitud: 79°14'26" O
- Altitud: 256 msnm

10.2. Condiciones Agrometeorológicas.

En la tabla 3 indican algunos elementos climáticos de la zona de estudio datos promedio desde mayo 2010 hasta junio 2021.

Tabla 3: Parámetros agrometeorológicos

Parámetro	Promedio
Precipitación (mm/año)	3084.17
Temperatura (°C)	23.15
Humedad (%)	88.47
Velocidad del viento (m/s)	1.47

Fuente: INAMHI (mayo 2010 junio 2021)

Elaborado por: (Caiza&Cuchipe, 2022)

10.3. Materiales y Equipos

Los materiales y equipos utilizados en la presente investigación, se detallan en la siguiente tabla 4.

Tabla 4: Materiales y Equipos

Materiales	Equipos
Herramientas manuales	Computador
Barreno	Cámara fotográfica
Cinta métrica	Estación Total
Flexómetro	GPS RTK
Tubería PVC	Bomba centrífuga a combustión
Accesorios PVC	Laboratorio para muestras físicas de suelo
Limpia para PVC	Manómetro de presión
Pega para PVC	Aspersores
Arco de cierra	
Franelas	

Elaborado por: (Caiza&Cuchipe, 2022)

10.4. Manejo de la Investigación

10.4.1. Parámetros físicos del suelo

Para valorar las propiedades físicas del suelo se realizó un muestreo en zigzag del predio donde se implementó el sistema de riego, la muestra suelo obtenida, se envió al laboratorio de suelos del INIAP-Santa Catalina, en donde se obtuvo la valoración de las siguientes características:

- Capacidad de campo (CC)
- Punto de marchitez permanente (PMP)
- Densidad aparente (Dap)
- Humedad gravimétrica (Hg)
- Humedad Volumétrica (Hv)
- Contenido de arena, limo y arcilla
- Clase textural

10.4.2. Investigación de parámetros agrometeorológicos

Para la presente investigación se realizó el análisis de la información agrometeorológica, considerando los siguientes parámetros: temperatura máxima; temperatura mínima; precipitación, nubosidad y velocidad del viento existente en la base de datos de la estación

meteorológica San Juan INAMHI M0124, considerando los datos de mayo del 2010 hasta julio del 2021 dando un total de 11 años de registro.

10.4.3. Determinación de la Evapotranspiración Potencial (ETP)

Se utilizó el método planteado por Hargreaves para la determinación de la Evapotranspiración Potencial o de referencia, mediante información de temperatura y humedad relativa.

La metodología de Hargreaves plantea la siguiente ecuación:

(2)..... Fórmula de Hargreaves

$$ETP = MF * TMF * CH * CE$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración Potencial (mm/mes)

MF = Factor mensual de latitud

TMF = Temperatura media mensual (⁰ F)

CH = Factor de corrección de humedad relativa

CE = Factor de corrección para la altura o elevación del lugar

10.4.3.1. Factor mensual de latitud (MF)

De acuerdo a los grados de latitud con respecto a la ubicación del sitio se determinó el factor mensual de latitud en función de la siguiente tabla:

Tabla 5: Factor mensual de latitud

Lat Sur	MESES											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1	2.788	2.117	2.354	2.197	2.137	1.990	2.091	2.216	2.256	2.358	2.234	2.265
2	2.371	2.136	2.357	2.182	2.108	1.956	2.050	2.194	2.251	2.372	2.263	2.301
3	2.353	2.154	2.360	2.167	2.079	1.922	2.026	2.172	2.246	2.386	2.290	2.337
4	2.385	2.172	2.362	2.151	2.050	1.888	1.995	2.150	2.240	2.398	2.318	2.372
5	2.416	2.189	2.363	2.134	2.020	1.854	1.960	2.126	2.234	2.411	2.345	2.407
6	2.447	2.050	2.363	2.117	1.980	1.820	1.976	2.103	2.226	2.422	2.371	2.442
7	2.478	2.221	2.363	2.099	1.959	1.785	1.893	2.078	2.218	2.233	2.397	2.476
8	2.508	2.237	2.362	2.081	1.927	1.750	1.858	2.054	2.210	2.443	2.423	2.510
9	2.538	2.251	2.360	2.062	1.896	1.715	1.824	2.028	2.201	2.453	2.448	2.544
10	2.567	2.266	2.357	2.043	1.864	1.679	1.789	2.003	2.191	2.462	2.473	2.577
11	2.596	2.279	2.354	2.023	1.832	1.644	1.754	1.976	2.180	2.470	2.497	2.610
12	2.625	2.292	2.350	2.002	1.799	1.608	1.719	1.950	2.169	2.477	2.520	2.643
13	2.652	2.305	2.345	1.981	1.767	1.572	1.684	1.922	2.157	2.464	2.543	2.675
14	2.680	2.317	2.340	1.959	1.733	1.536	1.648	1.895	2.144	2.490	2.566	2.706
15	2.707	2.326	2.334	2.937	1.700	1.500	1.612	1.867	2.131	2.496	2.588	2.738
16	2.734	2.339	2.317	1.914	1.666	1.464	1.576	1.838	2.117	2.500	2.610	2.769
17	2.760	2.349	2.319	1.891	1.632	1.427	1.540	1.809	2.103	2.504	2.631	2.799
18	2.785	2.359	2.311	1.867	1.598	1.391	1.504	1.780	2.068	2.508	2.651	2.830
19	2.811	2.368	2.302	1.843	1.564	1.354	1.467	1.750	2.072	2.510	2.671	2.859

Fuente: (Vasquez, 2017)

10.4.3.2. Temperatura media mensual (TMF)

Se utilizó los datos de temperatura media mensual de la estación meteorológica INAMHI M0124 de una serie de 11 años. Para determinar los valores mensuales TMF se expresó los promedios mensuales en grados Fahrenheit.

10.4.3.3. Factor de corrección de la humedad relativa (CH)

Según (Vasquez, 2017), el factor de corrección de la humedad relativa, se determina bajo las siguientes condiciones:

- Cuando el valor de la media mensual de humedad relativa (HR) es superior al 64%, se aplica la siguiente ecuación.

(3)..... Si la HR > 64 %

$$CH = 0.166(100 - HR)^{\frac{1}{2}}$$

- Para valores de HR inferiores a 64% se adopta un valor de CH = 1

10.4.3.4. Factor de corrección para la altura o elevación del lugar (CE)

La expresión utilizada es la siguiente:

(4).....

$$CE = 1 + 0.04 * \frac{E}{2000}$$

Donde:

CE = Factor de corrección para la altura o elevación del lugar

E = Altitud del proyecto de riego

10.4.4. Obtención del coeficiente del cultivo (kc)

Para la obtención del coeficiente del cultivo de banano (*Mussa paradisiaca*), se utilizó la “Guía para determinar evapotranspiración de cultivo”, establecido por (FAO 56, 2006)

10.4.5. Evapotranspiración del cultivo (ETC)

El cálculo de la evapotranspiración de cultivo obedece a la siguiente relación:

(5)..... $ETc = ETP * kc$

Donde:

ETP = Evapotranspiración potencial o de referencia

kc = coeficiente de cultivo

10.4.6. Precipitación efectiva

Se utilizó la información de precipitación media mensual (P) de la estación meteorológica INAMHI M0124 en una serie de 11 años, para la determinación de la precipitación efectiva (Pe) se utilizó la metodología planteada por “USDA Soil Conservation Service Method”, que indica que puede obtenerse mediante lo siguiente:

- Para valores de precipitación media mensual, $P \leq 250$ mm/mes

(6)..... $Pe = \frac{P*(125-0.2P)}{125}$

- Si la precipitación media mensual $P > 250$ mm/mes

(7)..... $Pe = 125 + 0.1 P$

10.4.7. Parámetros para el diseño agronómico de riego por aspersión

10.4.7.1. Demanda hídrica de cultivo (D)

La demanda hídrica se determina mediante la siguiente ecuación:

$$(8)..... D = ETC - Pe$$

Donde:

D = Demanda hídrica

ETC = Evapotranspiración del cultivo

Pe = Precipitación efectiva

10.4.7.2. Lámina aprovechable (La)

Es la reserva de agua que contiene el suelo en la zona radicular del suelo, para su determinación se utilizó la relación siguiente:

$$(9)..... La = \frac{(CC-PMP)}{100} \times \frac{Dap}{Dw} \times Pr$$

Donde:

La = Lámina aprovechable

CC = Capacidad de campo

PMP = Punto de marchites permanente

Dap = Densidad aparente

Dw = Densidad del agua

Pr = Profundidad radicular

10.4.7.3. Lamina neta de riego (Ln)

La lamina neta (Ln) de riego considera a la lámina aprovechable (La) del suelo y a fracción de agotamiento del suelo (fa), mediante la siguiente relación:

$$(10)..... Ln = La \times fa$$

Donde:

L_n = Lámina neta de riego

L_a = Lámina aprovechable

f_a = fracción de agotamiento

La fracción de agotamiento o umbral de riego (f_a), depende del tipo de cultivo que se va a dotar con riego y se lo obtuvo de la metodología establecida por la (FAO 56, 2006)

10.4.7.4. Frecuencia máxima de riego (F_{mr})

Se refiere al intervalo máximo entre dos riegos sucesivos, se utiliza la siguiente ecuación para su determinación:

$$(11) \dots \dots F_{mr} = \frac{L_n}{D}$$

Donde:

F_{mr} = Frecuencia máxima de riego

L_n = Lámina neta de riego

D = Demanda hídrica

10.4.7.5. Frecuencia real de riego (F_r)

Para definir la frecuencia real de riego (F_r), se consideró la operación de un riego semanal y considerando no sobrepasar los días calculados en la frecuencia máxima de riego.

10.4.7.6. Lámina neta de riego ajustada (L_{nj})

Es necesario realizar un ajuste para determinar lámina neta de riego, considerando la frecuencia real de riego, cuya determinación consiste en la aplicación de la siguiente expresión:

$$(12) \dots \dots L_{nj} = F_r \times D$$

Donde:

L_{nj} = Lámina neta de riego ajustada

F_r = Frecuencia real de riego

D = Demanda hídrica

10.4.7.7. Lámina bruta de riego (Lb)

La lámina bruta de riego se determina en función de la lámina neta de riego y la eficiencia de aplicación del riego por aspersión. Se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$(13) \dots Lb = \frac{Lnj}{Ea}$$

Donde:

Lb = Lámina bruta de riego

Lnj = Lámina neta de riego ajustada

Ea = Eficiencia de aplicación

10.4.7.8. Criterios para la selección del aspersor

Se consideró los siguientes aspectos o criterios para la selección del tipo de aspersor:

- tipo
- modelo
- tamaño de boquilla
- presión de operación
- caudal
- diámetro de humedecimiento

10.4.7.9. Espaciamiento entre aspersores y laterales

Según (Cadena, 2012), el espaciamiento máximo entre aspersores y laterales (Ea x El), según el porcentaje de diámetro húmedo, obedece a la siguiente tabla.

Tabla 6: Espaciamiento máximo entre aspersores y laterales

Viento en Km/h	En Cuadrado	En Rectángulo	En Triángulo
	(%)	(%)	(%)
0 – 5	55	50 x 60	60
6 – 12	50	45 x 60	55
13 – 19	45	40 x 60	50

Fuente: (Cadena, 2012)

10.4.7.10. Marco de riego (Mr)

Una vez definidos los espaciamientos entre aspersores y laterales, el marco de riego se determina mediante la siguiente expresión:

$$(14)..... Mr = Ea \times El$$

Donde:

Mr = Marco de riego (m²)

Ea = Espaciamiento entre aspersores (Ea)

El = Espaciamiento entre laterales (El)

10.4.7.11. Pluviometría o intensidad de aplicación del aspersor (Pas)

La pluviometría o intensidad de aplicación del aspersor (Pas), se determinó mediante la siguiente formula:

$$(15)..... Pas = \frac{qa}{Mr}$$

Donde:

Pas = Pluviometría del aspersor (mm/h)

qa = caudal del aspersor (l/h)

Mr = marco de riego (m²)

10.4.7.12. Tiempo de riego (Tr)

El tiempo de riego considera la siguiente expresión para su determinación:

$$(16)..... Tr = \frac{Lb}{Pas}$$

Donde:

Tr = tiempo de riego (h)

Lb = Lámina bruta (Lb)

Pas = Pluviometría del aspersor (mm/h)

10.4.7.13. Número de posiciones o zonas de riego (Np)

Se determinó el número de sectores o zonas de riego mediante la siguiente ecuación:

$$(17)..... Np = \frac{JER}{Tr}$$

Donde:

Np = Número de posiciones o sectores de riego

JER = Jornada efectiva de riego (h)

Tr = tiempo de riego (h)

10.4.7.14. Superficie de las zonas de riego (Zr)

De acuerdo al número de zonas y al área total del proyecto de riego, es posible determinar la superficie de cada zona de riego mediante la siguiente expresión:

$$(18)..... Zr = \frac{A}{Np}$$

Donde:

Zr = Superficie de la zona o sector de riego (ha)

A = Área del proyecto de riego (ha)

Np = Número de posiciones

10.4.7.15. Número máximo de aspersores por sector (Nasp)

$$(19)..... Nasp = \frac{Zr}{Mr}$$

Donde:

Nasp = Número máximo de aspersores

Zr = Superficie de la zona o sector de riego (ha)

Mr = marco de riego (ha)

10.4.7.16. Caudal por hectárea (Qha)

$$(20)..... Qha = Pas \left(\frac{10000}{3600} \right)$$

Donde:

Q_{ha} = Caudal por hectárea (l/s)

P_{as} = Pluviometría del aspersor (mm/h)

10.4.8. Metodología para diseño hidráulico.

El diseño hidráulico de riego por aspersión contempla las siguientes etapas:

10.4.8.1. Levantamiento topográfico.

Para la realización del levantamiento topográfico, se utilizó un equipo de precisión (RTK MAGELLAN), tomando las coordenadas y altitudes del contorno y de la parte interna del predio, realizando una malla de puntos cada 20 m.

10.4.8.2. Planimetría y altimetría.

La planimetría y altimetría se realizó a partir de la información levantada en campo, con lo cual se obtuvo el plano del contorno del predio y los desniveles geométricos por la diferencia de alturas. Además, se realizó la subdivisión del predio en los módulos o sectores que determinó el diseño agronómico.

10.4.8.3. Diseño geométrico de redes laterales, portalaterales y principal

El diseño geométrico comprende el trazado de tuberías laterales, portalaterales y principales en el plano obtenido en el levantamiento topográfico, considerando el espaciamiento entre aspersores y laterales determinados en el diseño agronómico.

10.4.8.4. Diseño hidráulico de redes laterales, portalaterales y principal

El diseño hidráulico en tuberías laterales y portalaterales comprende la determinación de: caudal; diámetro nominal; longitud; pérdida de carga por fricción; factor de salidas múltiples y pérdida de carga permisible. Para lo cual se consideró las siguientes expresiones:

- Caudal del lateral.

$$(21) \dots \dots q_l = q_a \times \#asp$$

Siendo:

q_l = Caudal del lateral (l/s)

q_a = Caudal del aspersor (l/s)

#asp = número de aspersores en el lateral

- Diámetro del lateral y portalateral, para una velocidad de flujo entre 1 y 2 m/s

$$(22) \dots D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

Siendo:

D = Diámetro (m)

Q = Caudal (m^3/s)

V = Velocidad (m/s)

- Longitud del lateral

$$(23) \dots L_l = (E_a \times \#asp) - E_a/2$$

Siendo:

L_l = Longitud del lateral (m)

E_a = Espaciamiento entre aspersores (m)

#asp = número de aspersores en el lateral

- Pérdida de carga por fricción (hr)

$$(24) \dots hr = \frac{K \times L \times Q^{1.852}}{D^{4.87} \times C^{1.852}}$$

Siendo:

hr = pérdida de carga por fricción (m)

K = constante (1.21×10^{10})

L = longitud de la tubería (m)

Q = caudal (m^3/s)

D = diámetro interno (mm)

C = constante del material de la tubería PVC (150)

- Factor de salidas múltiples

De acuerdo con (Cadena, 2012), el factor de salidas múltiples se determina de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 7: El factor de salidas múltiples

NÚMERO DE SALIDAS	x=S	x= S/2	NÚMERO DE SALIDAS	X=S	x= S/2
1	1,000	1,000	17	0,380	0,362
2	0,639	0,518	18	0,379	0,361
3	0,535	0,441	19	0,377	0,361
4	0,486	0,412	20	0,376	0,36
5	0,457	0,397	22	0,374	0,359
6	0,435	0,387	24	0,372	0,359
7	0,425	0,381	26	0,370	0,358
8	0,415	0,377	28	0,369	0,357
9	0,409	0,374	30	0,368	0,357
10	0,402	0,371	35	0,365	0,356
11	0,397	0,369	40	0,364	0,355
12	0,394	0,367	50	0,361	0,354
13	0,391	0,366	60	0,359	0,353
14	0,387	0,365	80	0,357	0,352
15	0,384	0,364	100	0,356	0,352
16	0,382	0,363	>100	0,351	0,351

Fuente: (Cadena, 2012)

- Pérdida de carga (h)

$$(25) \dots h = h_r \times F$$

Siendo:

h = pérdida de carga (m)

h_r = pérdida de carga por fricción (m)

F = factor de salidas múltiples

10.4.8.5. Diseño de equipo de bombeo.

(Cadena, 2012), para el diseño y selección del equipo de bombeo, para el sistema de riego por aspersión se consideraron los siguientes parámetros:

- Pérdida de carga en tuberías: tuberías laterales; portalaterales y principal
- Porcentaje de pérdidas por accesorios
- Desniveles geométricos: altura de la succión; altura estática entre la bomba y el aspersor más desfavorable y la altura de los elevadores
- Presión de trabajo del aspersor
- Altura manométrica que debe generar la bomba
- Caudal de bombeo requerido: es el caudal del módulo o sector de mayor demanda
- Potencia neta requerida a la bomba

$$(26)..... Pn = \frac{Q \times P}{270}$$

Siendo:

Pn = potencia neta (HP)

Q = caudal de bombeo (m³/s)

P = altura manométrica (mca)

- Potencia absorbida por la bomba

$$(27)..... Pa = \frac{Q \times P}{270 \times r}$$

Siendo:

Pn = potencia neta (HP)

Q = caudal de bombeo (m³/s)

P = altura manométrica (mca)

r = rendimiento de la bomba (curvas de rendimiento)

- Potencia del motor: es la potencia aumentada en un porcentaje de seguridad para compensar las pérdidas que se producen al acoplar el motor y la bomba de acuerdo a los siguientes rangos

Tabla 8: Porcentaje de aumento a la potencia absorbida por la bomba

Potencia absorbida por la bomba	Porcentaje de aumento
Menor a 5 HP	30 %
Entre 5 – 25 HP	20 %
Mayor a 25 HP	10 %

Fuente: (Cadena, 2012)

El tipo de motor determina la potencia del mismo, lo cual se indica en la siguiente tabla de eficiencias:

Tabla 9: Eficiencia del tipo de motor

Tipo de motor	Eficiencia (%)
Motor eléctrico	87
Motor térmico	77
Motor térmico (con caja de cambios)	67
Tractor con toma de fuerza	50

Fuente: (Cadena, 2012)

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

11.1. Resultados de los parámetros físicos del suelo

Se realizó el análisis de suelo en donde se implementó el sistema de riego por aspersión, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 10: Parámetros físicos del suelo

Parámetro	Valor	Unidad
Capacidad de campo (CC)	28.2	%
Punto de marchitez permanente (PMP)	9.8	%
Densidad aparente (Dap)	0.91	g/cc
Humedad gravimétrica (Hg)	42.5	%
Humedad volumétrica (Hv)	38.7	%
Arena	57	%
Limo	33	%
Arcilla	10	%
Clase textural	Franco arenoso	

Fuente: INIAP 2021

11.2. Resultados de los parámetros agrometeorológicos

La información agrometeorológica se tomó de la red de estaciones meteorológicas del INAMHI considerando la ubicación más cercana al proyecto de riego. La estación seleccionada contempla las siguientes características:

Tabla 11: Generalidades de la estación meteorológica

Tipo de estación	Meteorológica ordinaria
Código	MO124
Estado actual	Operativa
Provincia	Cotopaxi
Cantón	La Maná
Sector	Hacienda San Juan
Latitud	0° 54' 59" S
Longitud	79° 14' 44" W
Altitud	215 msnm

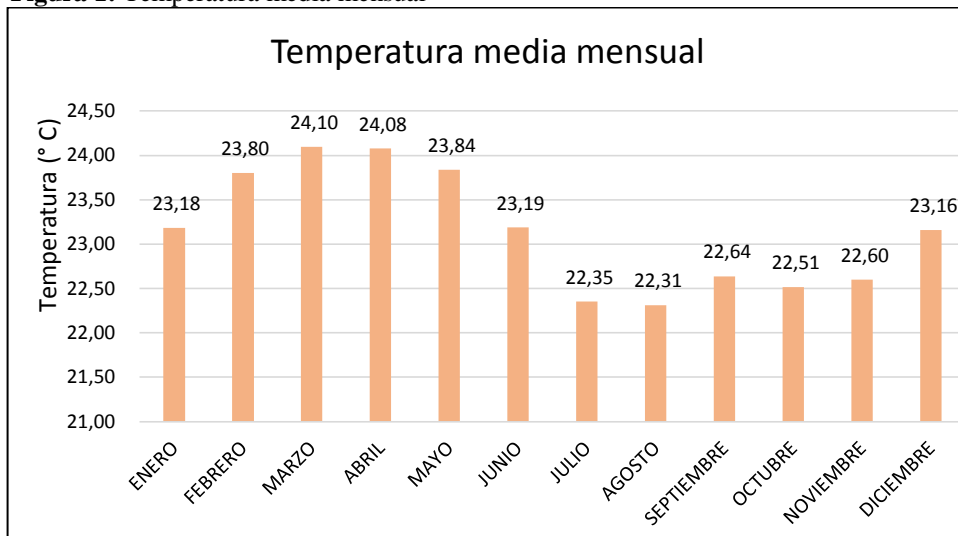
Elaborado: Caiza & Cuchipe, 2022

El diseño agronómico de riego por aspersión, requiere del análisis de algunos elementos agrometeorológicos, para la presente investigación se analizaron los siguientes parámetros: temperatura media mensual; humedad relativa media mensual; velocidad del viento y precipitación media mensual.

Para determinar los datos medios mensuales de los parámetros indicados, se consideró la información correspondiente a un periodo de 10 años registrados en la estación meteorológica MO124.

11.2.1. Temperatura media mensual

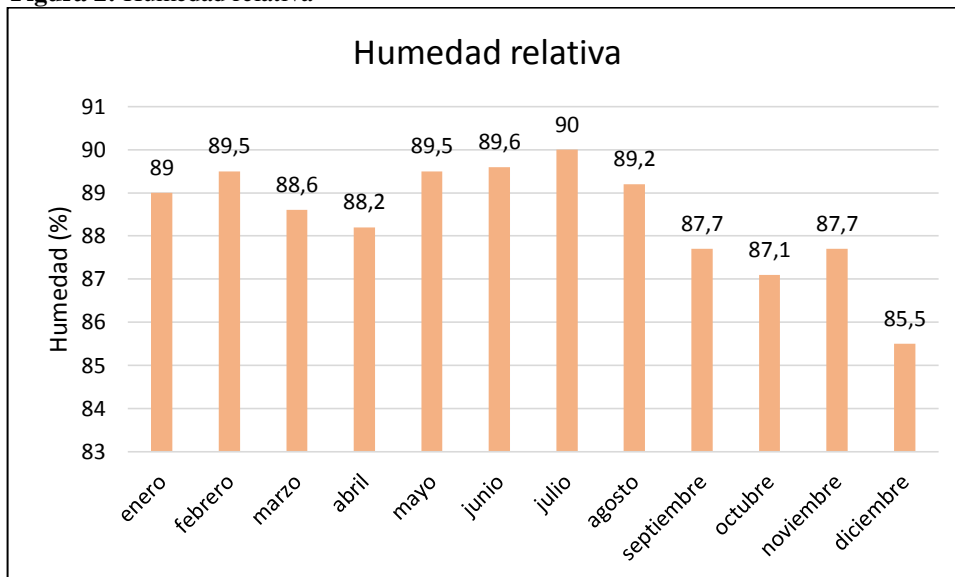
Los valores de temperatura media mensual se obtuvieron desde mayo 2010 hasta junio 2021 más altos corresponden a los meses de marzo y abril con 24.10 ° C y 24.08 ° C respectivamente y los más bajos corresponden a los meses de julio y agosto con valores de 22.35 ° C y 22.31 ° C.

Figura 1: Temperatura media mensual

Fuente: (INAMHI, 2021). (mayo 2010 junio 2021)

11.2.2. Humedad Relativa

De la información analizada, desde mayo 2010 hasta junio 2021 se puede identificar que se tienen valores altos de humedad relativa durante los meses de junio y julio con 89.6% y 90 %, mientras que existen valores bajos en los meses de octubre y diciembre con 87.1%, y 85.5% respectivamente.

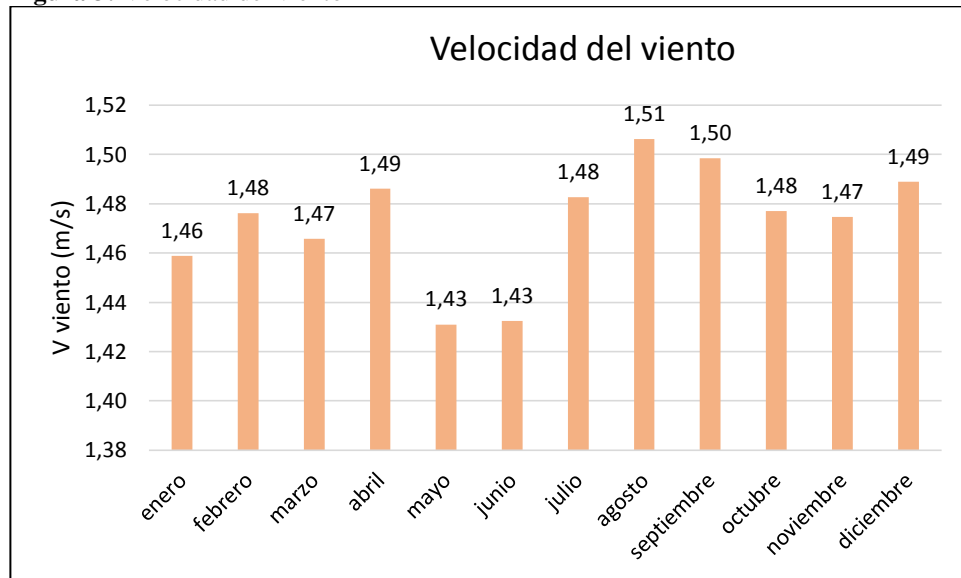
Figura 2: Humedad relativa

Fuente: (INAMHI, 2021). Mayo 2010 junio 2021

11.2.3. Velocidad del viento

La información se analizó desde mayo 2010 hasta junio 2021. Los valores más altos de velocidad del viento se presentan en los meses de agosto y septiembre con 1.51 y 1.50 m/s, mientras que los valores más bajos de velocidad del viento en los meses de mayo y junio con 1.43 m/s.

Figura 3: Velocidad del viento

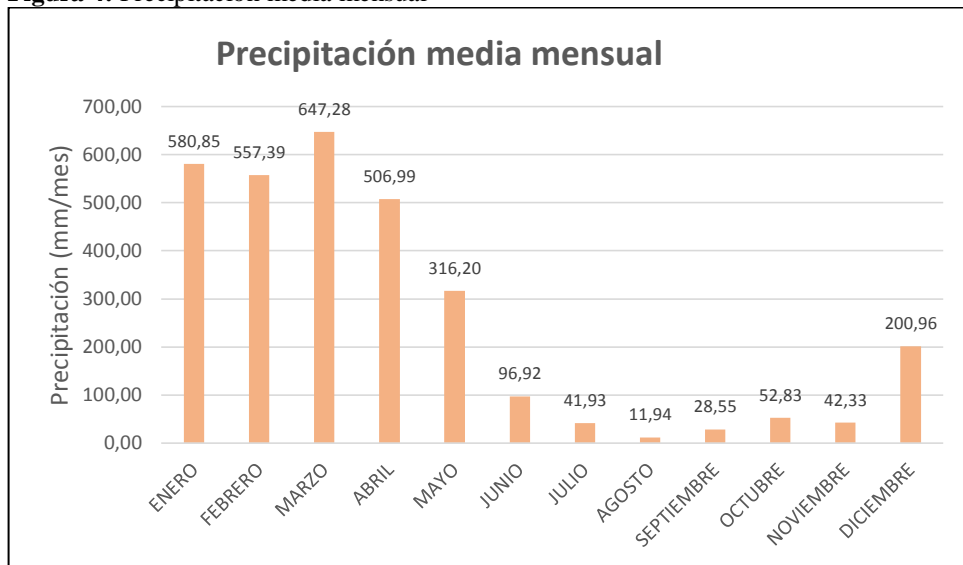


Fuente: (INAMHI, 2021). (mayo 2010 junio 2021)

11.2.4. Precipitación

La información se analizó desde mayo 2010 hasta junio 2021. Se diferencian los meses de altas, medias y bajas precipitaciones, se puede apreciar que en los meses de enero a mayo las precipitaciones presentan valores altos, mientras que desde junio a noviembre los niveles de precipitación registrados son bajos.

Los valores más altos de precipitación media mensual corresponden a los meses de enero y marzo con 580.85 y 647.28 mm/mes, mientras que los meses de agosto y septiembre presentan los valores de precipitación más bajos con 11.94 y 28.55 mm/mes.

Figura 4: Precipitación media mensual

Fuente: (INAMHI, 2021). (mayo 2010 junio 2021)

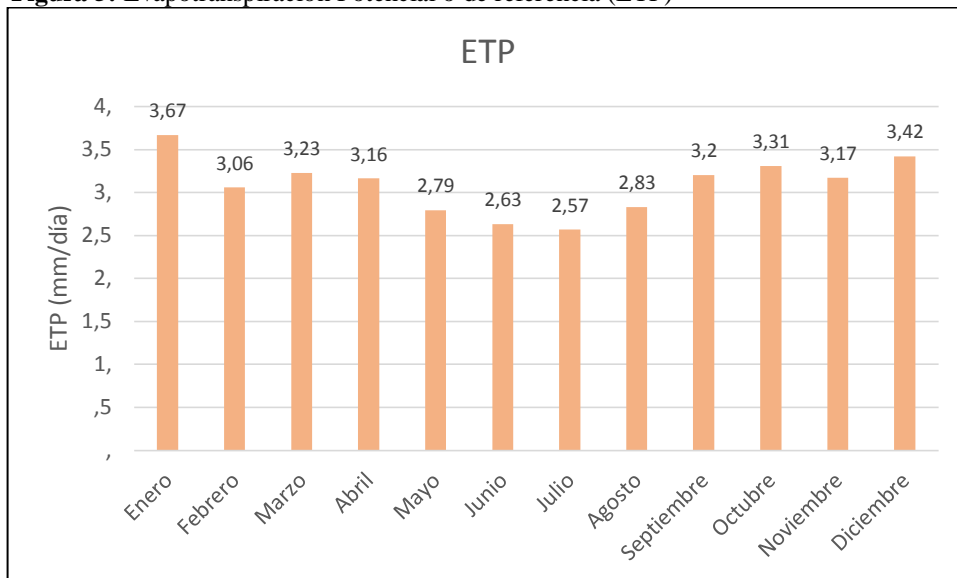
11.3. Evapotranspiración Potencial o de referencia (ETP)

Desarrollada la metodología para la determinación de la Evapotranspiración potencial (ETP), por el método de Hargreaves, se tienen los siguientes resultados.

Tabla 12: Resultados de Evapotranspiración Potencial por el método de Hargreaves

Mes	MF	TMF (° F)	CH	CE	ETP (mm/mes)	ETP (mm/día)
Enero	2.788	73.72 °F	0.551	1.0052	113.79	3.67
Febrero	2.177	74.84 °F	0.538	1.0052	85.69	3.06
Marzo	2.354	75.38 °F	0.560	1.0052	100	3.23
Abril	2.197	75.34 °F	0.570	1.0052	94.91	3.16
Mayo	2.137	74.91 °F	0.538	1.0052	86.59	2.79
Junio	1.900	73.74 °F	0.535	1.0052	78.99	2.63
Julio	2.091	72.23 °F	0.525	1.0052	79.72	2.57
Agosto	2.216	72.16 °F	0.546	1.0052	87.71	2.83
Septiembre	2.256	72.75 °F	0.582	1.0052	96.08	3.20
Octubre	2.358	72.52 °F	0.596	1.0052	102.51	3.31
Noviembre	2.234	72.68 °F	0.582	1.0052	95.05	3.17
Diciembre	2.265	73.69 °F	0.632	1.0052	106.08	3.42

Elaborado: Caiza & Cuchiye, 2022

Figura 5: Evapotranspiración Potencial o de referencia (ETP)

Elaborado: Caiza & Cuchipe, 2022

Los resultados obtenidos de ETP expresados en mm/día, muestra que en los meses de junio y julio se tienen valores bajos de 2.63 y 2.57 mm/día, mientras que en enero con un valor de 3.67 mm/día y diciembre es de 3.42 mm/día que corresponden a los meses con valores más altos.

11.4. Evapotranspiración del cultivo (ETC)

Para determinar la evapotranspiración del cultivo, se obtuvo el coeficiente de cultivo (kc) específico para el banano.

Tabla 13: Valores de kc para el cultivo de banano

Cultivo	kc inicio periodo	kc mediados periodo	kc final periodo
Banano	1	1.20	1.10

Elaborado: Caiza & Cuchipe, 2022

Para la ejecución de proyectos de riego, se toma el valor de kc más alto que corresponde a 1.20 ya que se trata de un cultivo de banano que ya fue establecido tiempo atrás, por lo que su etapa está en mediados de temporada.

La evapotranspiración del cultivo (ETC), considera la evapotranspiración potencial (ETP) y al coeficiente de cultivo (kc), los resultados obtenidos son los siguientes.

Tabla 14: Resultados de la Evapotranspiración de cultivo (ETC)

Mes	ETP (mm/mes)	Coefficiente de cultivo (kc)	ETC (mm/mes)	ETC (mm/día)
Enero	113.79	1.20	136.55	4.4
Febrero	85.69	1.20	102.83	3.32
Marzo	100.00	1.20	120	3.87
Abril	94.91	1.20	113.89	3.67
Mayo	86.59	1.20	103.9	3.35
Junio	78.99	1.20	94.79	3.06
Julio	79.72	1.20	95.67	3.09
Agosto	87.71	1.20	105.26	3.4
Septiembre	96.08	1.20	115.3	3.72
Octubre	102.51	1.20	123.02	3.97
Noviembre	95.05	1.20	114.06	3.68
Diciembre	106.08	1.20	127.3	4.11
			Promedio	3.64

Elaborado: Caiza & Cuchipe, 2022

Los valores calculados de la evapotranspiración del cultivo, indican que la ETC está entre un rango de 3.06 a 4.40 mm/día, y un valor promedio de 3.64 mm/día para la zona del proyecto y para el cultivo de banano.

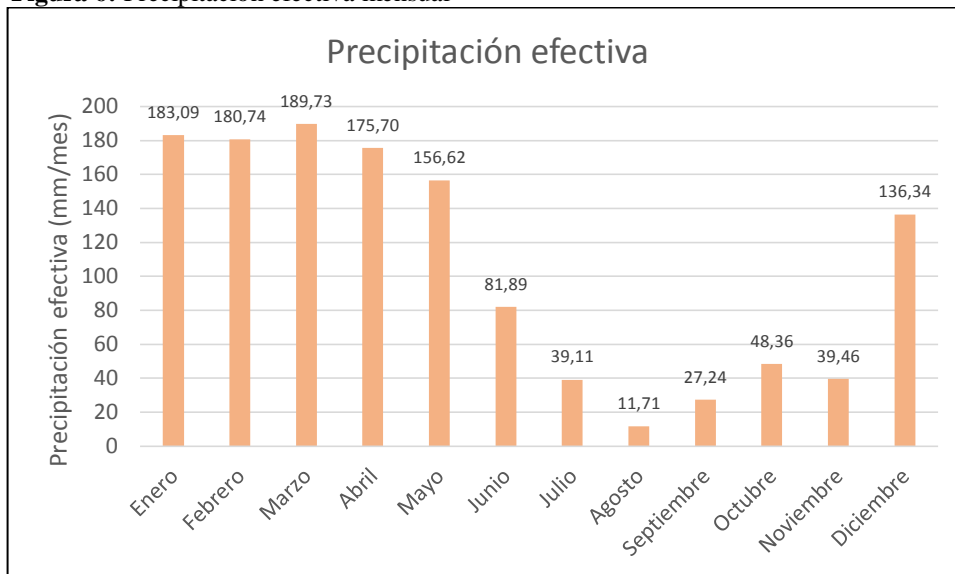
11.5. Precipitación efectiva (Pe)

Los resultados de la aplicación de la metodología propuesta por la “USDA Soil Conservation Service Method”, para la determinación de la precipitación efectiva, a partir de la información de precipitación media mensual de la estación meteorológica MO124, cuyos resultados se indica en lo siguiente.

Tabla 15: Valores de precipitación media mensual y precipitación efectiva

Mes	Precipitación media mensual	Precipitación Efectiva
Enero	580.85	183.08
Febrero	557.39	180.74
Marzo	647.28	189.73
Abril	506.99	175.70
Mayo	316.20	156.62
Junio	96.92	81.89
Julio	41.93	39.11
Agosto	11.94	11.71
Septiembre	28.55	27.24
Octubre	52.83	48.36
Noviembre	42.33	39.46
Diciembre	200.96	136.34

Elaborado: Caiza & Cuchipe, 2022

Figura 6: Precipitación efectiva mensual

Elaborado: Caiza & Cuchipe, 2022

Se puede apreciar que desde junio a noviembre se obtienen los valores de precipitación efectiva más bajos con respecto al resto de meses, lo que permite deducir que el requerimiento de riego es necesario para el cultivo en estos meses.

11.6. Demanda hídrica

Para determinar la demanda hídrica de un cultivo, se considera las pérdidas por evapotranspiración y los ingresos a través de la precipitación efectiva con lo cual se realiza un balance, cuyos resultados se indican a continuación

Tabla 16: Demanda hídrica mensual y diaria del cultivo.

Meses	ETc (mm/mes)	Precipitación Efectiva (mm)	Demanda hídrica mm/mes	Demanda hídrica mm/día
Enero	136.55	183.08	-46.54	-1.50
Febrero	102.83	180.74	-77.91	-2.78
Marzo	120.00	189.73	-69.72	-2.25
Abril	113.89	175.70	-61.80	-2.06
Mayo	103.90	156.62	-52.72	-1.70
Junio	94.79	81.89	12.90	0.43
Julio	95.67	39.11	56.55	1.82
Agosto	105.26	11.71	93.55	3.02
Septiembre	115.30	27.24	88.05	2.94
Octubre	123.02	48.36	74.66	2.41
Noviembre	114.06	39.46	74.60	2.49
Diciembre	127.30	136.34	-9.04	-0.29

Elaborado: Caiza & Cuchipe, 2022

Figura 7: Demanda hídrica de cultivo

Elaborado: Caiza & Cuchipe, 2022

Como se puede apreciar la demanda hídrica del cultivo presenta valores negativos lo que significa que la incidencia de la precipitación es mayor a la evapotranspiración para esta etapa del año, por lo que no hace falta regar el cultivo desde el mes de diciembre a mayo.

La demanda hídrica del cultivo presenta valores positivos desde el mes de julio a noviembre ya que los valores de evapotranspiración de cultivo son mayores a los de la precipitación efectiva generándose la necesidad de generar una programación de riego en esta etapa.

En agosto se presenta el valor más alto en cuanto a demanda hídrica con 3.02 mm/día, por lo que se considera este dato como la necesidad hídrica más alta para la determinación de los parámetros del diseño agronómico e hidráulico.

11.7. Resultados del diseño agronómico de riego por aspersión

11.7.1. Parámetros para el diseño agronómico de riego por aspersión

Tabla 17: Parámetros para el diseño agronómico de riego por aspersión.

Parámetro	Valor calculado
Lámina aprovechable (La)	102.14 mm
Lámina neta de riego (Ln)	35.75 mm
Frecuencia máxima de riego (Frm)	11.84 días
Frecuencia real de riego (Fr)	6 días
Lámina neta de riego ajustada (Lnj)	18.12 mm
Lámina bruta ajustada (Lbj)	24.16 mm

Elaborado: Caiza & Cuchipe, 2022

11.7.2. Especificaciones técnicas en el diseño agronómico de riego por aspersión.

Para determinar las especificaciones técnicas del diseño agronómico se seleccionó el tipo de aspersor que se ajusta a las condiciones del proyecto de riego, cuyas características se detallan en lo siguiente.

Tabla 18: Características del aspersor.

Tipo de aspersor	Impacto
Serie	5022
Tamaño de boquilla	4.0 x 2.5 mm
Presión de operación	2.5 bar
Caudal de trabajo	1.3 m ³ /h
Diámetro de cobertura	24.4 m

Elaborado: Caiza & Cuchipe, 2022

En función de los parámetros determinados y las características técnicas del aspersor seleccionado se presentan los siguientes resultados:

Tabla 19: Especificaciones técnicas del diseño agronómico.

Especificaciones técnicas del diseño agronómico.	Medidas
Espaciamiento entre aspersores (Ea)	12 m
Espaciamiento entre laterales (El)	14 m
Marco de riego (Mr)	168 m ²
Pluviometría del aspersor (Pasp)	7.74 mm/h
Tiempo de riego (Tr)	3 h
Número de sectores (Ns)	3
Área de riego (A)	1.2 ha
Sector de riego (Zr)	0.43 ha
Número máximo de aspersores por sector (Nasp)	25 aspersores
Caudal por hectárea (Qha)	21.5 l/s

Elaborado: Caiza & Cuchipe, 2022

11.8. Resultados del diseño hidráulico

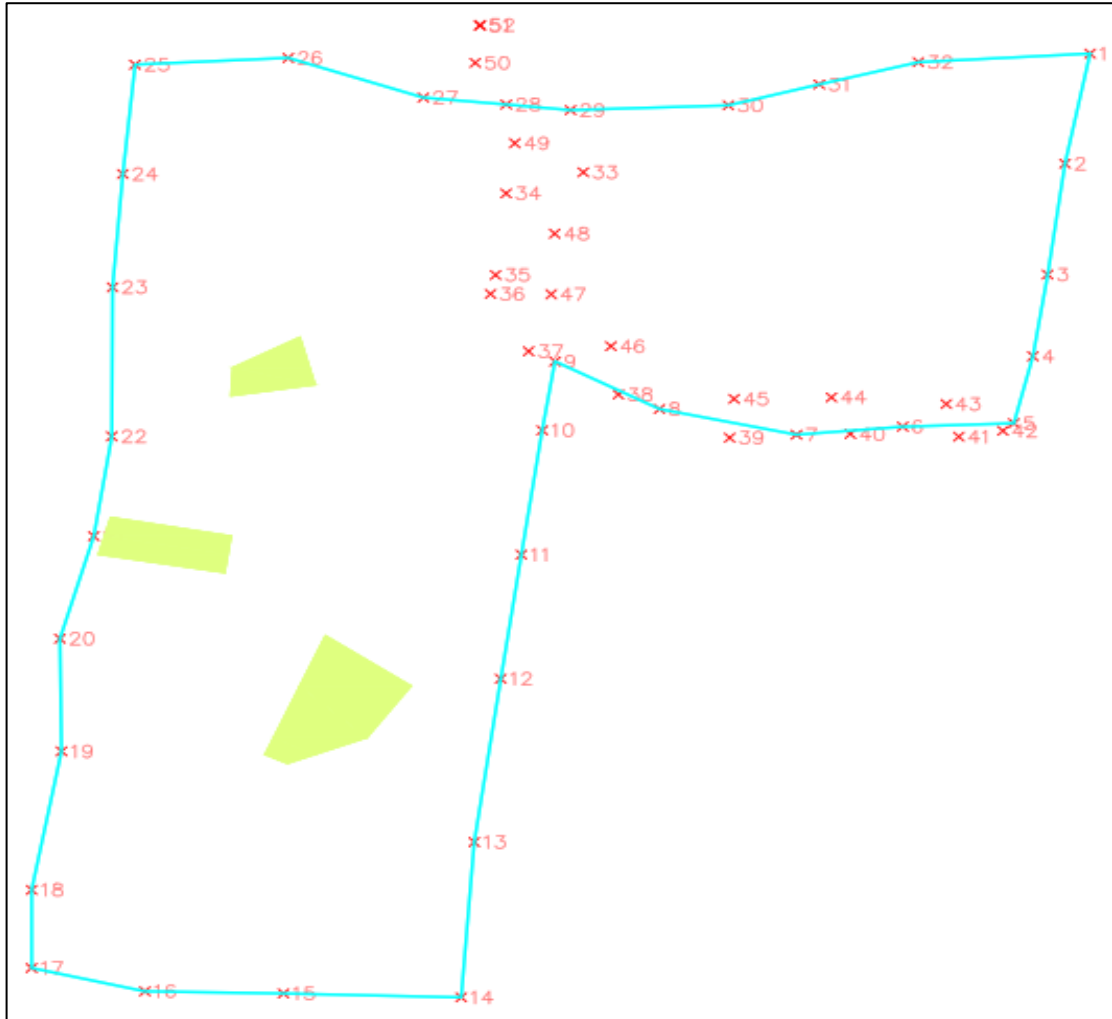
Para la realización del diseño hidráulico del proyecto de riego por aspersión, se desarrollaron los siguientes parámetros: planimetría y altimetría; modulación o sectorización; trazado de redes; dimensionamiento de la infraestructura.

11.8.1. Levantamiento Planimetría

Se realizó el levantamiento planimétrico del predio de riego, recogiendo los puntos del contorno del lote para trazar la planimetría cuya área es de 1.2 hectáreas, dentro del predio

también se ubicaron construcciones que se deben considerar en el trazado de las redes de riego.

Figura 8: Planimetría del proyecto de riego



Elaborado: Caiza & Cuchiye, 2022

11.8.2. Levantamiento altimétrico

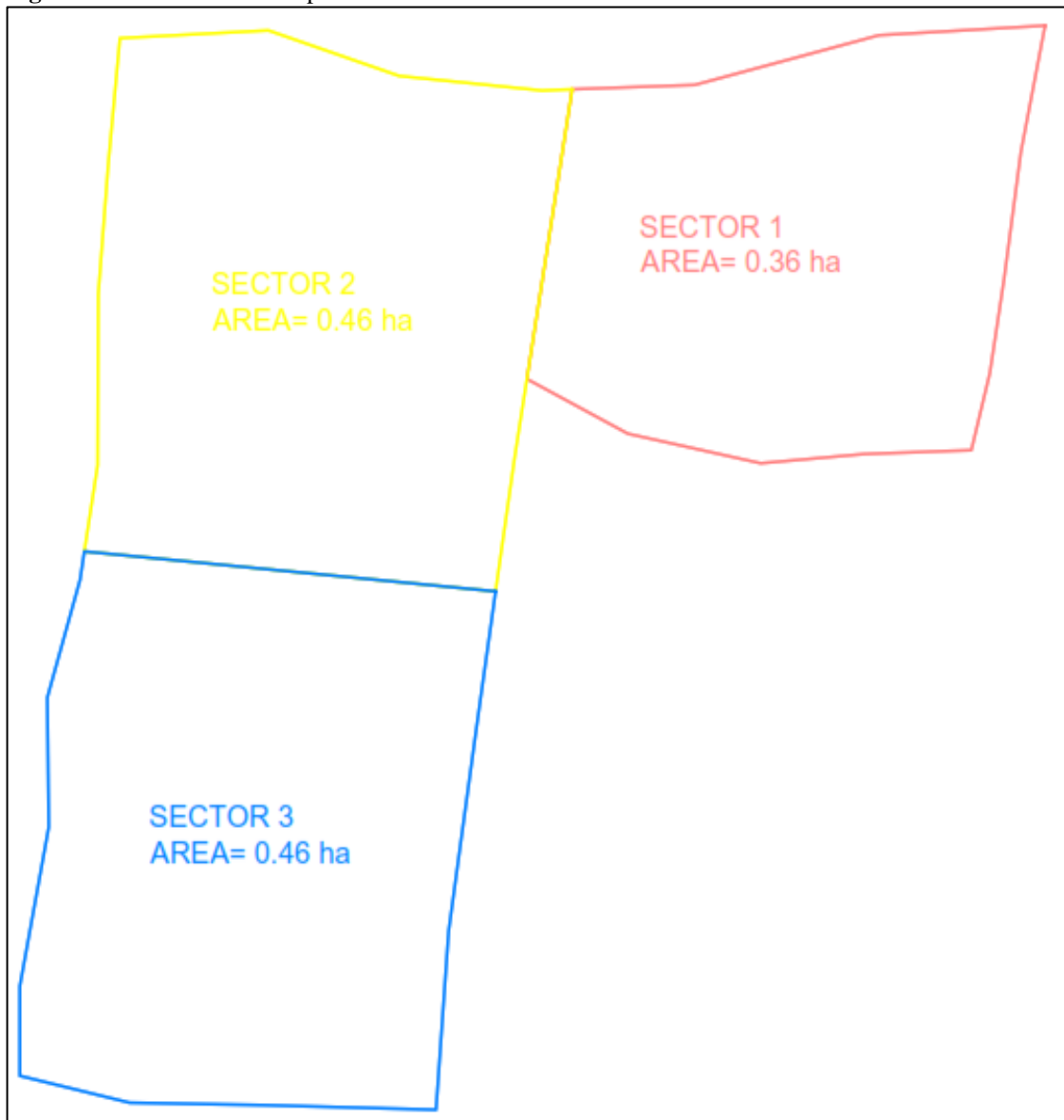
El levantamiento altimétrico, permitió considerar los desniveles geométricos del predio para la implementación del sistema de riego, ya que existe un desnivel natural entre la fuente agua y la parte más alta del lote de 15 m, esto permite disponer de un plano con curvas de nivel, como lo siguiente.

Figura 9: Planimetría del proyecto de riego

Elaborado: Caiza & Cuchipe, 2022

11.8.3. Sectorización o modulación del predio

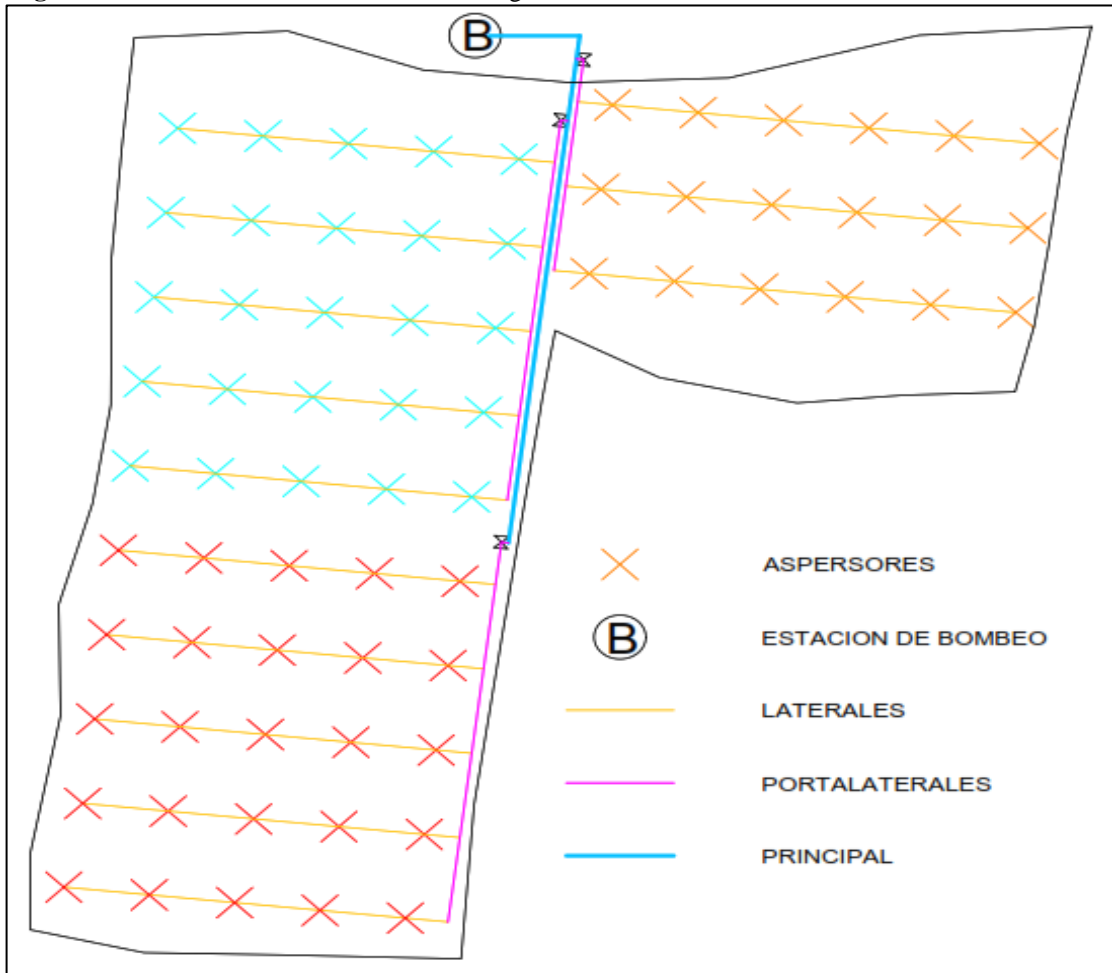
De acuerdo con los resultados del diseño agronómico el predio de riego permite una sectorización de riego en 3 zonas, lo cual permite trabajar en la aplicación del riego por aspersión por módulos, como se indica en el siguiente plano de sectorización.

Figura 10: Sectorización del predio

Elaborado: Caiza & Cuchipe, 2022

11.8.4. Trazado geométrico de redes para riego por aspersión

Para la implementación de la infraestructura de riego es necesario realizar un trazado en donde se ubiquen en el plano los componentes del sistema de riego por aspersión, de acuerdo a los resultados obtenidos en el diseño agronómico, dichos componentes son: estación de bombeo; tuberías laterales; aspersores; tubería porta laterales y conducción principal. El trazado resultante se indica en el siguiente plano.

Figura 11: Trazado de la infraestructura de riego

Elaborado: Caiza & Cuchipe, 2022

11.8.5. Diseño de redes de riego del sector 1

Tabla 20: Resultados del diseño de laterales de riego para el sector 1

Diseño de laterales de riego para el sector 1	Medidas
Número de aspersores en el lateral	6
Caudal del lateral	2.17 l/s
Longitud del lateral	66 m
Material del lateral	PVC E/C
Diámetro de la tubería lateral	50 mm
Presión de trabajo de la tubería	0.80 MPa
Velocidad de flujo en lateral	1.27 m/s
Factor de salidas múltiples	0.387
Pérdida de carga por fricción	2.24 m
Pérdida de carga con salidas múltiples	0.86 m
Pérdida de carga permisible	< 2.55 m

Elaborado: Caiza & Cuchipe, 2022

Del cálculo hidráulico realizado se tiene que el diámetro para la tubería porta aspersores o laterales es de 50 mm con una presión de trabajo disponible en el mercado de 0.80 MPa y una

velocidad de flujo de 1.27 m/s, con la cual se tiene una pérdida de carga de 0.86 m que es inferior a la permisible de 2.55 m.

Tabla 21: Resultados del diseño de portlaterales de riego para el sector 1

Diseño de portlaterales de riego para el sector 1	Medidas
Número de laterales en el portlateral	3
Caudal del portlateral	6.60 l/s
Longitud del portlateral	35 m
Material de la porta lateral	PVC E/C
Diámetro de la tubería porta lateral	75 mm
Presión de trabajo de la tubería	0.63 MPa
Velocidad de flujo en el portlateral	1.64 m/s
Factor de salidas múltiples	0.441
Pérdida de carga por fricción	1.22 m
Pérdida de carga con salidas múltiples	0.54 m
Pérdida de carga permisible	< 2.55 m

Elaborado: Caiza & Cuchipe, 2022

El porta lateral tiene una longitud de 35 m y conduce un caudal de 6.60 l/s que abastece a 3 laterales, el diámetro determinado es de 75 mm con una presión de trabajo de 0.63 MPa y una velocidad de flujo de 1.64 m/s, obteniéndose una pérdida de carga de 0.54 m siendo inferior a la permisible que es de 2.55 m, por lo que se acepta del diámetro calculado para el porta lateral.

11.8.6. Diseño de redes de riego del sector 2 y 3

Tabla 22: Resultados del diseño de laterales de riego para el sector 2 y 3

Diseño de laterales de riego para el sector 2 y 3	Medidas
Número de aspersores en el lateral	5
Caudal del lateral	1.81 l/s
Longitud del lateral	54 m
Material del lateral	PVC E/C
Diámetro de la tubería lateral	40 mm
Presión de trabajo de la tubería	0.80 MPa
Velocidad de flujo en el portlateral	1.64 m/s
Factor de salidas múltiples	0.397
Pérdida de carga por fricción	3.98 m
Pérdida de carga con salidas múltiples	1.58 m
Pérdida de carga permisible	< 2.55 m

Elaborado: Caiza & Cuchipe, 2022

En los sectores 2 y 3 del predio de riego, los porta aspersores o laterales contienen 5 aspersores con una longitud de 54 m, en el cálculo hidráulico se tiene un diámetro de 40 mm

con una presión de operación de 0.80 MPa y una velocidad de flujo de 1.64 m/s, se determinó una pérdida de carga de 1.58 m inferior a la permisible que es de 2.55 m

Tabla 23: Resultados del diseño de porta laterales de riego para el sector 2 y 3

Resultados del diseño de porta laterales de riego para el sector 2 y 3	Medidas
Número de laterales en el porta lateral	5
Caudal del porta lateral	9.03 l/s
Longitud del porta lateral	63 m
Material del porta lateral	PVC E/C
Diámetro de la tubería porta lateral	90 mm
Presión de trabajo de la tubería	0.63 MPa
Velocidad de flujo en el porta lateral	1.56 m/s
Factor de salidas múltiples	0.397
Pérdida de carga por fricción	1.62 m
Pérdida de carga con salidas múltiples	0.64 m
Pérdida de carga permisible	< 2.55 m

Elaborado: Caiza & Cuchipe, 2022

La tubería portallateral para los sectores 2 y 3 abastecen a 5 laterales con un caudal de operación de 9.03 l/s, la longitud del lateral es de 63 m con un diámetro calculado de 90 mm para una presión de operación de 0.63 MPa y una velocidad de flujo de 1.56 m/s. La pérdida de carga determinada en el portallateral es de 0.64 m valor inferior a la pérdida de carga permisible de 2.55 m.

11.8.7. Diseño de la conducción principal

Tabla 24: Resultados del diseño de porta laterales de riego para el sector 2 y 3

Resultados del diseño de porta laterales de riego para el sector 2 y 3	Medidas
Caudal de conducción principal	9.03 l/s
Longitud de conducción	97 m
Material de la conducción	PVC E/C
Diámetro de la conducción	90 mm
Presión de trabajo de la tubería	0.63 MPa
Velocidad de flujo en el porta lateral	1.56 m/s
Pérdida de carga por fricción	2.50 m
Pérdida de carga permisible	< 2.55 m

Elaborado: Caiza & Cuchipe, 2022

La conducción principal se acopla desde la estación de bombeo y tiene una longitud de 97 m para conducir un caudal de 9.03 l/s requerido para un número máximo de 25 aspersores, el

diámetro calculado es de 90 mm con una presión de operación de 0.63 MPa y una velocidad de circulación de flujo de 1.56 m/s, la pérdida de carga por fricción es de 2.50 m.

11.8.8. Diseño del equipo de bombeo

Tabla 24: Resultados de la determinación de la altura manométrica para el equipo de bombeo

Pérdidas de carga en conducciones	
Pérdida de carga en tubería lateral	1.58 m
Pérdida de carga en tubería portallateral	0.64 m
Pérdida de carga en tubería principal	2.50 m
10% de la tubería principal por succión inicial	0.25 m
Total en pérdidas de carga en tuberías	4.97 m
10% perdidas en accesorios de tuberías	0.50 m
Total de pérdidas de carga	5.47 m
Desniveles geométricos	
Altura de la succión	3 m
Altura estática entre la bomba y aspersor más desfavorable	9.5 m
Altura de elevadores (25 aspersores)	20 m
Total desniveles geométricos	32.50 m
Altura manométrica	
Presión de trabajo del aspersor	25 m
Altura manométrica	57.50 m
10 % por desgaste de la bomba	5.75 m
Altura manométrica total que debe generar la bomba	63.25 m

Elaborado: Caiza & Cuchiye, 2022

Considerando las pérdidas de carga en la red de tuberías y accesorios que componen el sistema, los desniveles geométricos sujetos a la topografía del predio y la presión de trabajo de los aspersores, se determinó la altura manométrica de 70 mca, que el equipo de bombeo debe generar para el adecuado funcionamiento del sistema de riego.

Tabla 25: Cálculo de la potencia de la bomba

Cálculo de la potencia de la bomba	Medidas
Potencia neta requerida a la bomba	7.61 HP
Potencia absorbida por la bomba (55% rendimiento)	13.91 HP
Potencia del motor (% de seguridad acoplamiento motor-bomba=20%)	16.69 HP

Elaborado: Caiza & Cuchiye, 2022

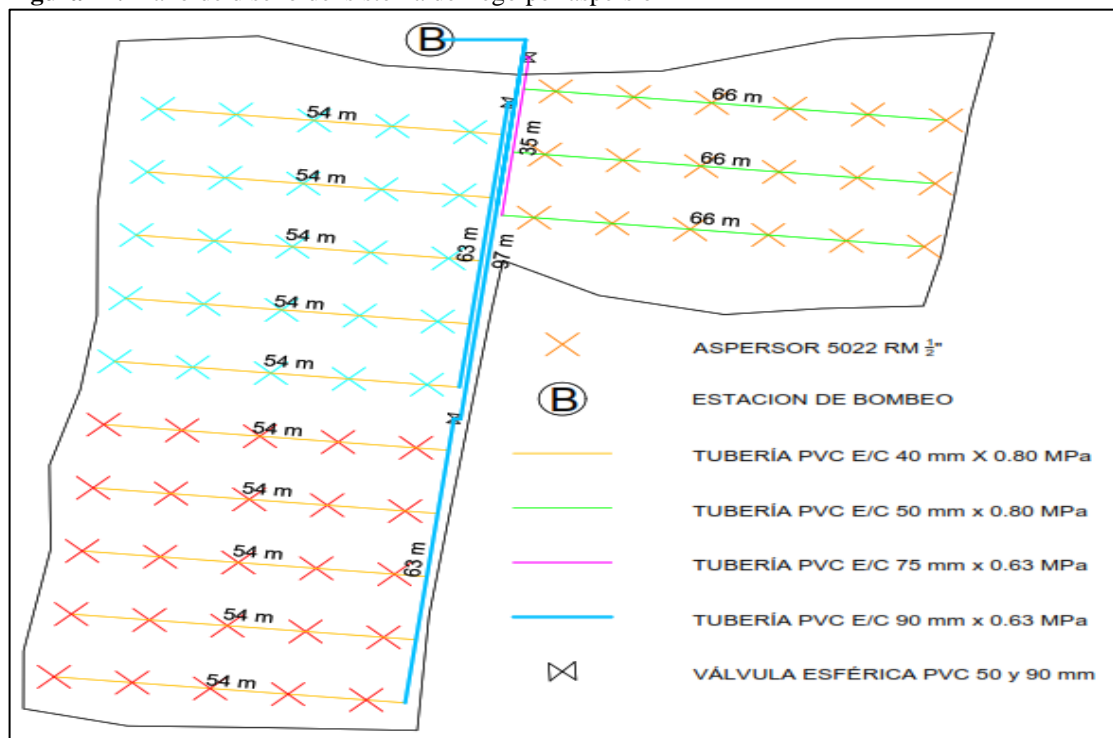
Para determinar la potencia del equipo de bombeo, se ha considerado la altura manométrica de 70 mca, el caudal de impulsión correspondiente a 9,03 l/s, el rendimiento de la bomba y la eficiencia del motor a combustión, con estos requerimientos se ha calculado una potencia de 16.69 HP, para el adecuado funcionamiento del sistema se debe instalar una bomba con una potencia igual o superior al valor determinado.

11.8.9. Dimensionamiento del sistema de riego por aspersión

El diseño hidráulico del sistema de riego determinó que para las tuberías laterales o portaaspersores los diámetros adecuados son de 50 mm x 0.80 MPa para los laterales que portan 6 aspersores y para los que llevan 5 aspersores el diámetro es de 40 mm x 0.80 MPa.

Las tuberías portlaterales tienen un diámetro de 75 mm x 0.63 MPa para servir a 3 laterales, mientras que las portlaterales que abastecen a 5 laterales tienen un diámetro de 90 mm x 0.63 MPa, al igual que la tubería de conducción principal con el mismo dimensionamiento. La bomba requerida corresponde a una potencia superior a 16.69 HP para un caudal de 9.03 l/s y altura manométrica de 70 mca.

Figura 12. Plano de diseño del sistema de riego por aspersión



Elaborado: Caiza & Cuchipe, 2022

12. IMPACTO AMBIENTAL

Social y económico: Que este proyecto del sistema de riego es creado para brindar a los agricultores oportunidad para que puedan generar mayores ingresos y a su vez obtener los mejores beneficios al utilizar los recursos eficientes que brinda la zona para la producción agrícola.

Ambiental: Este proyecto está basada en la información existente sobre estudios realizados de los sistemas de riego con el aumento en la eficiencia en el uso de agua, recuperación de la capacidad de transporte de agua en canales y drenajes.

Técnico: Esta investigación está enfocado en la aplicación de tecnología en el sector agrícola o llamado agrotecnología, por esta razón se diseñó un sistema el riego lo cual disminuye la gran parte las cargas de trabajo pesado para los agricultores y estos aumenta la producción de los cultivos.

13. PRESUPUESTO PARA LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RIEGO

En el presente proyecto de riego se realizó la inversión de 4426.27USD que corresponde al costo de materiales, accesorios y equipos para la implementación de un sistema de riego por aspersion en una superficie de 1.2 hectáreas para el cultivo de Banano, el monto no considera rubros como excavación e instalación ya que fueron actividades asumidas por los estudiantes como parte de la formación profesional en el presente trabajo de titulación.

Tabla 26: Presupuesto de materiales para la implementación del sistema de riego por aspersión

MATERIAL	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Acople de aluminio 3 plg	2	18.75	37.50
Adaptador flexible 3 plg	1	2.90	2.90
Adaptador h 20 mm x 1/2 plg	68	0.37	25.16
Adaptador m 90 mm x 3 plg	2	4.00	8.00
Aspersor 5022 rm 1/2 plg	68	3.50	238.00
Bomba combustion 20 hp 10 l/s 70 m	1	700	700.00
Buje reductor 40 x 20 mm	50	0.50	25.00
Buje reductor 50 x 20 mm	18	0.60	10.80
Buje reductor 90 x 75 mm	1	1.50	1.50
Codo pvc 40 mm x 90 grados	10	0.80	8.00
Codo pvc 50 mm x 90 grados	3	0.95	2.85
Codo pvc 75 mm x 90 grados	4	1.20	4.80
Codo pvc 90 mm x 90 grados	12	1.50	18.00
Limpiador 1/4 galón	2	10.83	21.66
Pega pvc 1/4 galón	3	16.73	50.19
Tee pvc 40 mm	40	1.00	40.00
Tee pvc 50 mm	15	1.19	17.85
Tee pvc 90 mm	3	1.60	4.80
Teflón 1/2 plg	10	0.44	4.40
Tubería pvc 20 mm x 1.60 mpa	12	2.00	24.00
Tubería pvc 40 mm x 0.80 mpa	95	7.00	665.00
Tubería pvc 50 mm x 0.80 mpa	35	7.87	275.45
Tubería pvc 75 mm x 0.63 mpa	7	8.28	57.96
Tubería pvc 90 mm x 0.63 mpa	40	9.60	384.00
Unión universal 90 mm	1	21.00	21.00
Válvula de pie 3 plg	1	45.72	45.72
Válvula esférica pvc 75 mm	1	15.73	15.73
Válvula esférica pvc 90 mm	2	20.50	41.00
Válvula esférica pvc rh 3 plg	1	25.00	25.00
Mano de obra (instalación)	1	1000.00	1000.00
Levantamiento topográfico	1	500.00	500.00
Análisis de suelo	1	150.00	150.00
		TOTAL	4426.27

Elaborado: Caiza & Cuchipe, 2022

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1. Conclusiones

- Para el presente proyecto de riego se determinó que bajo las condiciones agrometeorológicas en el recinto San Eduardo existe demanda hídrica para el cultivo de banano (*Musa paradisiaca*) en los meses comprendidos entre julio y noviembre, existiendo una demanda en el rango de 1.82 a 3.02 mm/día.
- Considerando que el método de riego por aspersión tiene una eficiencia de aplicación del 75%, se determinó una lámina bruta de aplicación 24.16 mm que deben reponerse en cada riego con una frecuencia de cada 6 días.
- De acuerdo al diseño agronómico se determinó un espaciamiento entre aspersores de 12 m y entre laterales de 14 m dando un marco de riego de 168 m², se estableció 3 sectores o módulos de riego con un tiempo de riego de 3 horas por sector y con un número máximo de 25 aspersores en funcionamiento.
- El sistema de riego está constituido por un equipo de bombeo; la conducción principal que abastece el caudal a las tuberías porta laterales que conducen el agua a cada sector de riego y el riego se aplica a través de aspersores ubicados en tuberías laterales o porta aspersores. Se utilizan válvulas de control en cada sector para regular el riego en función de los tiempos de aplicación.
- El diseño hidráulico determinó el dimensionamiento de la infraestructura de riego, la tubería de conducción principal es de 90 mm x 0.63 MPa, la tubería porta lateral del sector 1 es de 75 mm x 0.63 MPa y las tuberías laterales son de 50 mm x 0.80 MPa para la operación de 6 aspersores por lateral. En sector 2 y 3 la tubería porta lateral es de 90 mm x 0.80 MPa y las tuberías laterales son de 40 mm x 0.80 MPa para el funcionamiento de 5 aspersores.
- Para definir las especificaciones técnicas del equipo de bombeo, se consideró una altura manométrica de 70 m y un caudal de 9.03 l/s, requiriéndose una bomba con una potencia de motor a combustión superior a 16.69 HP.
- El costo de materiales, equipos y accesorios para la implementación del sistema de riego por aspersión es de 4426.27 USD para una superficie de 1.2 hectáreas en el cultivo de banano.

14.2. Recomendaciones

- Realizar investigaciones que comparen el rendimiento del cultivo de banano bajo riego tecnificado y producciones convencionales sin riego.
- Se recomienda la implementación de sistemas de riego por aspersión para cubrir las necesidades hídricas de los cultivos de acuerdo a las condiciones agrometeorológicas de cada zona específica.
- Establecer un calendario de riego en función de los resultados del diseño agronómico para evitar por un lado el estrés hídrico del cultivo y por otros excesivos niveles de humedad en el suelo debidos frecuencias y láminas de riego acumuladas.

15. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario. (2018). Manual de Aplicabilidad de Buenas Prácticas Agrícolas de Banano. Quito: MAG.
- Aguiñaca, D. (2020). Repositorio Digital de la Universidad Nacional de Loja. Retrieved from Diseño, instalación y evaluación de un sistema de riego por goteo y micro aspersión en el predio "La Dolorosa" de la parroquia Chuquiribamba, cantón y provincia de Loja: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/23303>
- Amaya, W. (2011). Repositorio Digital de la Universidad Técnica de Machala. Retrieved from Fertigación del cultivar banano *Musa sapientum* en un sistema de riego por aspersión subfoliar en Arenillas El Oro: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/487>
- Cadena, V. (2012). Hablemos de Riego. Ibarra: Creadores Gráficos.
- Caicedo, O., Balmaseda, C., & Jaime, P. (2015). Programación del riego del banano (*Musa paradisiaca*) en finca San José 2, Los Ríos, Ecuador. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 5.
- Condori, H. (2015). Repositorio Institucional de la Universidad Mayor de San Andrés. Retrieved from Levantamiento topografico georeferenciado para el diseño final de un proyecto de riego de acuerdo a normas vigentes: <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/13757>
- Demin, P. E. (2014). Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego. Ediciones del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), 1-20.
- Escobar, C., & Farfán, K. (2018). Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil. Retrieved from Diseño de un sistema de riego para la implementación de cultivos automatizados en el recinto playa seca del cantón el triunfo: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/36909>
- FAO 56. (2006). Evapotranspiración del cultivo, Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Garcia, I., & Gregorio, B. (2009). Sistemas de riego por aspersión y goteo. Ciudad de México: Editorial TRILLAS.
- Gómez, M. (2017). Repositorio de la Universidad Santiago de Guayaquil. Retrieved from Efectos de la suma térmica en el desarrollo de racimos de banano (*Musa acuminata* AAA) en dos zonas productoras distintas: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/7714/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-119.pdf>
- Grassi, C. J. (2000). Diseño y operación de riego por superficie. Mérida, Venezuela: Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT).

- Hendriks, J. (1994). Manual del Riego por Bombeo. Lima: Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo (SNV).
- Herrera, R. (2020). Centro de Información Agraria de la Universidad Agraria del Ecuador. Retrieved from INCIDENCIA DE LA PROGRAMACIÓN DEL RIEGO EN LA PRODUCCIÓN DE BANANO DE LA FINCA SANTA MARTHA: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/HERRERA%20FLORES%20ROSA%20VICTORIA.pdf>
- INAMHI. (2021). Anuarios Meteorológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Quito: INAMHI.
- INEC. (2020). Información Agroambiental y Tecnificación Agropecuaria. Quito: Dirección de Estadísticas Agropecuarias y Ambientales.
- Jaya, P. (2011). Repositorio Digital de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Retrieved from Diseño de un sistema de riego por aspersión para el óvalo correspondiente al barrio la Merced-San Antonio de la parroquia de Belisario Quevedo.: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/752>
- León, A., Pertuz, J., & Lizarazo, J. (2019). Repositorio Institucional de las Unidades Tecnológicas de Santander. Retrieved from Cálculo de las pérdidas de carga de un sistema de redes hidráulicas en una planta de tratamiento de agua industrial en Barrancabermeja, Santander: <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/4783>
- Loor, J., Jarre, C., & Vega, E. (2013). Bases técnicas para el riego presurizado. New York-United States: Publish DreamsMagnet.
- Mejia, J., & Flores, J. (2015). Repositorio Institucional Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua - Managua. Retrieved from Levantamiento topográfico para un Diseño de Mini Acueducto por gravedad (M.A.G). Comunidad el Bosqueron, Municipio de Teustepe-Departamento de Boaco: <http://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/1277>
- Mena, M. (2014). Repositorio de la Universidad Internacional SEK Ecuador . Retrieved from Diseño de un sistema de riego parcelario para el sistema de riego Pastora Alomia, en el Cantón Montufar, parroquia La Paz, Provincia del Carchi: <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/964>
- Monge, M. (2018). Diseno agronómico e hidraulico de riegos agrícolas a presión. Madrid: Editorial Agricola Espanola, S.A.
- Ordinola, J., Bravo, C., & Peña, V. (2011). Repositorio Institucional Instituto Nacional de Innovación Agraria. Retrieved from Riego INIA en la region de Lambayeque: https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/749/1/Ordinola-Riego_INIA_regi%c3%b3n_Lambayeque.pdf
- Ortega, L. (2002). Riego por Aspersión. Retrieved from Biblioteca digital del Instituto de Investigaciones Agropecuarias : <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/27055>

- Prado, J. (2021). Centro de Información Agraria de la Universidad Agraria del Ecuador. Retrieved from EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE BANANO (Musa cavendish AAA.) EN LA PARROQUIA EL CAMBIO PROVINCIA DE EL ORO: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PRADO%20MAZA%20JUAN%20JOSE.pdf>
- Ramos, M., & Baéz, D. (2013). Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. Retrieved from Diseño y Construcción de un Sistema de Riego por Aspersión en una Parcela Demostrativa en el Cantón Cevallos: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2677>
- Revilla, F. (2010). Riego por Aspersión. Junta de Castilla y León: Servicio de Formación Agraria e Iniciativas.
- Rodríguez, J. (2017). Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa . Retrieved from Infraestructura hidraulica menor del proyecto de irrigación Tomepampa – Cotahuasi – Piro: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2472>
- Saltos, D. (2011). Repositorio Universidad Técnica de Ambato. Retrieved from El agua de riego y su incidencia en la producción agrícola de un terreno en la parroquia Santa Rosa de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/1595>
- Sarango, A. (2019). Repositorio Digital Universidad Nacional de Loja. Retrieved from Evaluación del sistema de riego por goteo en la finca Shaguindo de la parroquia San Pedro de la Bendita.: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/22691>
- Tapia, D. (2014). Universidad Central del Ecuador. Retrieved from Manual de diseño de sistemas de riego tecnificado: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2581/1/T-UC-0011-96.pdf>
- Tarjuelo, J. (2005). El riego por aspersión, Diseño y funcionamiento. Albacete: Ediciones de la Universidad Castilla La Mancha.
- Vasquez, A. (2017). Fundamentos de la Ingeniería de Riegos. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Villafuerte, S. (2010). Repositorio de Tesis de Grado y Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Retrieved from Diseño de captación, conducción principal, reservorio y redes secundarias del proyecto de riego Cariacu - Romerillos: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/2666>
- Zapata, A. (2020). Dimensionamiento hidráulico de obras de regadío. Almería: Editorial de Universidad de Almería.

16. ANEXOS

Anexo 1. Aval de traducción

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que:

La traducción del resumen al idioma inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: “DISEÑO AGRONÓMICO E HIDRÁULICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa paradisiaca*) EN EL CANTÓN LA MANA RECINTO SAN EDUARDO”, presentado por: Caiza Punina Jessy Maribel y Cuchiye Changoluisa Luis Alfredo, egresados de la Carrera de: Ingeniería Agronómica, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

La Maná, abril del 2022

Atentamente,



Firmado electrónicamente por
JOSE FERNANDO
TOAQUIZA
CHANCUSIG

Mg. Fernando Toaquiza

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC

CI: 0502229677

Anexo 2. Contrato de cesión no exclusiva de derechos de autor

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte: Caiza Punina Jessy Maribel con C.C. 0504056722 y Cuchipec Changoluisa Luis Alfredo con C.C. 0504096769, de estado civil soltera/os y con domicilio en La Maná, a quien en lo sucesivo se denominará **LOS CEDENTES**; y, de otra parte, el Ing. PhD. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - LAS CEDENTES es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería Agronómica**, titulares de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado: **“Diseño agronómico e hidráulico para la implementación de un sistema de riego por aspersión en el cultivo de banano (*Mussa paradisiaca*) en el cantón la mana recinto san Eduardo”** la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico. Abril 2016 – Agosto 2021.

Aprobación HCA. -

Tutor. - Ing. Cristian Santiago Tapia Ramírez MSc.

Tema: **“Diseño agronómico e hidráulico para la implementación de un sistema de riego por aspersión en el cultivo de banano (*Mussa paradisiaca*) en el cantón la mana recinto san Eduardo”**

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LOS CEDENTES** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LOS CEDENTES**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LOS CEDENTES** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LOS CEDENTES** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LAS CEDENTES** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga a los 24 días del mes de Septiembre del 2020.



Caiza Punina Jessy Maribel

EL CEDENTE



Cuchipe Changoluisa Luis Alfredo

LA CEDENTE

Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez PhD

EL CESIONARIO

Anexo 3. Hoja de vida docente tutor

CRISTIAN SANTIAGO TAPIA RAMÍREZ



INFORMACION PERSONAL

Fecha de nacimiento: 25 de marzo de 1984
Celular: 0995544478.
E-mail: cristian.tapia4416@utc.edu.ec

INSTRUCCIÓN FORMAL

MAESTRÍA EN RIEGO Y DRENAJE.

Fecha: junio 2017

Lugar: Universidad Agraria, Guayaquil (Ecuador)

Título de Tesis: Estudio para la tecnificación de un sistema de riego por goteo para 60 hectáreas.

INGENIERO AGRÓNOMO.

Fecha: octubre 2009

Lugar: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba (Ecuador).

Título Tesis: “Establecimiento de una red de monitoreo participativo de caudales en los afluentes de la microcuenca alta del Rio Guargualla para conocer la Oferta Hídrica”.

BACHILLER EN FÍSICA Y MATEMÁTICAS.

Fecha: Julio 2002.

Lugar: Colegio Particular Técnico Industrial “Hermano Miguel”. Latacunga (Ecuador).

EXPERIENCIA PROFESIONAL

Octubre 2018 – Septiembre 2020.

Cargo: Docente Tiempo Completo

Institución: Universidad Técnica de Cotopaxi

Actividades Desempeñadas:

- Docente de la Carrera de Ingeniería Agronómica en las Asignaturas de:
- Riego y Drenaje.
- Agrometeorología
- Hidráulica
- Topografía

Anexo 4. Hoja de vida de los estudiantes investigadores

CURRICULUM VITAE

DATOS PERSONALES:

Nombres : Jessy Maribel
Apellidos : Caiza Punina
Cédula de Ciudadanía : 0504056722
Estado civil : Soltera
Dirección : Recinto Jesús Del Gran Poder
Teléfono : 0986382781
Correo electrónico : jessymaribel_1995@hotmail.com



ESTUDIOS REALIZADOS:

PRIMARIOS:

- Escuela Fiscal Mixta “Guapara”

SECUNDARIOS:

- Unidad Educativa “Guapara”

UNIVERSITARIOS:

- Actualmente cursando la Ingeniería Agronómica en la Universidad Técnica de Cotopaxi. Extensión La Maná.

TÍTULOS OBTENIDOS:

- Servicios Aplicaciones Informáticos - Unidad Educativa “Guapara”

SEMINARIOS REALIZADOS:

- “III EXPOFERIA UTCiencia Nivelación La Maná”. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- “Segundas Jornadas Agronómicas” Universidad Técnica de Cotopaxi.
- “III Congreso Internacional de Investigación Científica UTC- La Maná.
- “Seminario III Jornadas Agronómicas La Maná”. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- “III CONGRESO SOBRE LA MOSCA DE LA FRUTA”. Universidad Técnica de Cotopaxi.

CURRICULUM VITAE

DATOS PERSONALES:

Nombres: Luis Alfredo
Apellidos: Cuchipe Changoluisa
Cédula de Ciudadanía: 0504096769
Estado civil: Soltero
Dirección: La Maná parroquia el Carmen
Teléfono: 0939418728
Correo electrónico: luis.cuchipe6769@utc.edu.ec



ESTUDIOS REALIZADOS:

PRIMARIOS:

- Escuela Fiscal Narciso Cerda Maldonado

SECUNDARIOS:

- Unidad Educativa Ciudad de Valencia

UNIVERSITARIOS:

- Actualmente cursando la Ingeniería Agronómica en la Universidad Técnica de Cotopaxi. Extensión La Maná.

TÍTULOS OBTENIDOS:

- Técnico Agropecuario - Unidad Educativa Ciudad de Valencia

SEMINARIOS REALIZADOS:

- “III EXPOFERIA UTCiencia Nivelación La Maná”. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- “Segundas Jornadas Agronómicas” Universidad Técnica de Cotopaxi.
- “III Congreso Internacional de Investigación Científica UTC- La Maná”.
- “Seminario III Jornadas Agronómicas La Maná”. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- “III CONGRESO SOBRE LA MOSCA DE LA FRUTA”. Universidad Técnica de Cotopaxi.

Anexo 5. Evidencia fotográfica

Fotografía 1: Toma de muestra de suelo





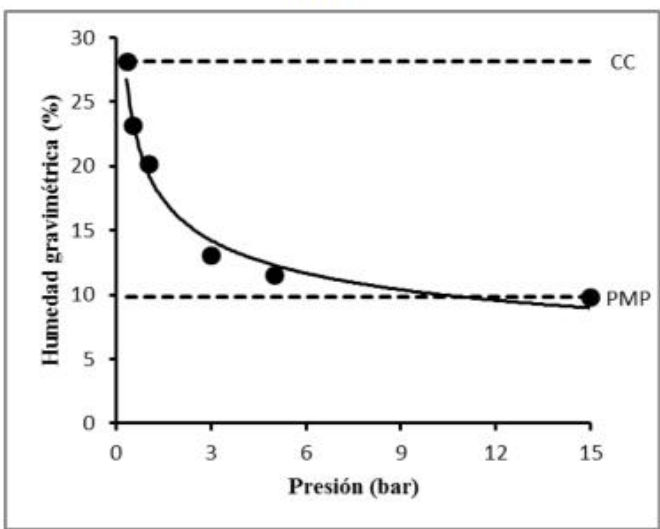


Elaborado: Caiza & Cuchiye, 2022

Fotografía 2: Levantamiento topográfico



Elaborado: Caiza & Cuchiye, 2022

Fotografía 3: Análisis de las propiedades del suelo.

	<p>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACIÓN EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA" LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua. Teléfono: (02) 3007284 / (02)2504240. Email: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec</p>																																																				
<p>REPORTE CURVA DE RETENCIÓN DE HUMEDAD DEL SUELO INFORME DE ENSAYO No: 21-0392</p>																																																					
<p>DATOS DEL PROPIETARIO</p>		<p>DATOS DE LA PROPIEDAD</p>																																																			
<p>NOMBRE DEL CLIENTE: Cuchipe Chagoluisa Luis A.</p>		<p>FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 13/05/2021</p>																																																			
<p>PETICIONARIO: Cuchipe Chagoluisa Luis A.</p>		<p>HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 10:05</p>																																																			
<p>EMPRESA / INSTITUCIÓN: Cuchipe Chagoluisa Luis A.</p>		<p>FECHA DE ANÁLISIS: 07/06/2021</p>																																																			
<p>DIRECCIÓN: Cantón La Mana/ El Carmen</p>		<p>FECHA DE EMISIÓN: 14/06/2021</p>																																																			
<p>E-MAIL:</p>		<p>ANÁLISIS SOLICITADO: Curva de retención de humedad del suelo</p>																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Presión (bar)</th> <th>Humedad gravimétrica</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.33</td><td>28.2</td><td>%</td></tr> <tr><td>0.50</td><td>23.2</td><td>%</td></tr> <tr><td>1.00</td><td>20.2</td><td>%</td></tr> <tr><td>3.00</td><td>13.1</td><td>%</td></tr> <tr><td>5.00</td><td>11.5</td><td>%</td></tr> <tr><td>15.00</td><td>9.8</td><td>%</td></tr> <tr><td>CC</td><td>28.2</td><td>%</td></tr> <tr><td>PMP</td><td>9.8</td><td>%</td></tr> <tr><td>Da</td><td>0.91</td><td>g/cc</td></tr> <tr><td>Hg</td><td>42.5</td><td>%</td></tr> <tr><td>Hv</td><td>38.7</td><td>%</td></tr> <tr><td>MO</td><td>3.4</td><td>% A</td></tr> <tr><td>Arena</td><td>57</td><td>%</td></tr> <tr><td>Limo</td><td>33</td><td>%</td></tr> <tr><td>Arcilla</td><td>10</td><td>%</td></tr> <tr><td>Clase textural</td><td colspan="2">Franco Arenoso</td></tr> </tbody> </table>	Presión (bar)	Humedad gravimétrica	Unidad	0.33	28.2	%	0.50	23.2	%	1.00	20.2	%	3.00	13.1	%	5.00	11.5	%	15.00	9.8	%	CC	28.2	%	PMP	9.8	%	Da	0.91	g/cc	Hg	42.5	%	Hv	38.7	%	MO	3.4	% A	Arena	57	%	Limo	33	%	Arcilla	10	%	Clase textural	Franco Arenoso		<p>GRAFICO</p> 	
Presión (bar)	Humedad gravimétrica	Unidad																																																			
0.33	28.2	%																																																			
0.50	23.2	%																																																			
1.00	20.2	%																																																			
3.00	13.1	%																																																			
5.00	11.5	%																																																			
15.00	9.8	%																																																			
CC	28.2	%																																																			
PMP	9.8	%																																																			
Da	0.91	g/cc																																																			
Hg	42.5	%																																																			
Hv	38.7	%																																																			
MO	3.4	% A																																																			
Arena	57	%																																																			
Limo	33	%																																																			
Arcilla	10	%																																																			
Clase textural	Franco Arenoso																																																				
<p style="text-align: center;">Simbología</p> <p>PS: Punto de saturación. CC: Capacidad de campo. PMP: Punto Marchitez Permanente. Da: Densidad aparente. MO: Materia Orgánica.</p>		<p style="text-align: center;">Metodología</p> <p>Curva de retención de humedad: Ollas de presión de Richards. P.S: Pasta de saturación. Textura: Bouyoucos. M.O: Combustión - TOC</p>																																																			
<p>Humedad Aprovechable (H.A.) Es la humedad entre Capacidad de Campo (CC) 0.33 bares y el Punto de Marchitez Permanente (PMP) 15 bares.</p>																																																					
 <p>IVAN RODRIGO SAMANIEGO MATEGUA Dr. Iván Samaniego RESPONSABLE DEL LABORATORIO</p>		 <p>ANIBAL RAFAEL PARRA BURGOS Ing. Rafael Parra LABORATORISTA</p>																																																			
<p>Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensay</p>																																																					

Fotografía 4: Planilla de toma de datos del 2021 de la estación meteorológica San Juan

INAMHI				ESTACION SAN JUAN			
MES ENERO				AÑO 2021			
DÍA VIERNES 01				DÍA SABADO-02			
OBSERVACIÓN CON VENTILADOR		SI	/	OBSERVACIÓN CON VENTILADOR		SI	/
		NO				NO	
TEMPERATURA				TEMPERATURA			
MÁXIMA °C	27.5	MÍNIMA °C	20.5	MÁXIMA °C	27.5	MÍNIMA °C	18.5
HORA	TERMÓMETRO SECO °C	TERMÓMETRO HÚMEDO °C		HORA	TERMÓMETRO SECO °C	TERMÓMETRO HÚMEDO °C	
07	22.4	21.6		07	22.4	21.6	
13	25.2	23.4		13	26.8	24.6	
19	24.2	23.2		19	24.6	23.2	
PRECIPITACIÓN		ANEMÓMETRO		PRECIPITACIÓN		ANEMÓMETRO	
HORA	CANTIDAD mm	m/s	Km/h	HORA	CANTIDAD mm	m/s	Km/h
07	0.0			07	4.5		
13	0.0			13	0.0		
19	0.0			19	0.0		
EVAPORACIÓN				EVAPORACIÓN			
HORA	AGUA SACADA cm	AGUA AÑADIDA cm	MICRÓMETRO mm	HORA	AGUA SACADA cm	AGUA AÑADIDA cm	MICRÓMETRO mm
07				07			
13				13			
19				19			
HORA	NUBOSIDAD OCTAVOS	VIENTO - VELETA		HORA	NUBOSIDAD OCTAVOS	VIENTO - VELETA	
		DIRECCIÓN	VELOCIDAD m/s			DIRECCIÓN	VELOCIDAD m/s
07	8	N	1	07	8	SO	1
13	6	SE	2	13	6	NE	2
19	8	NE	2	19	7	NE	1
OBSERVACIONES				OBSERVACIONES			

Fotografía 5: Planilla de toma de datos del 2010 de la estación meteorológica San Juan

ESTACIÓN <u>SAN JUAN</u> MES <u>MAYO</u> AÑO <u>2010</u>									
DÍA <u>SABADO: 1</u>				DÍA <u>DOMINGO: 2</u>					
OBSERVACION CON VENTILADOR			SI	<input checked="" type="checkbox"/>	OBSERVACIÓN .CON VENTILADOR			SI	<input checked="" type="checkbox"/>
			NO					NO	
TEMPERATURA				TEMPERATURA					
MAXIMA °C	<u>31.0</u>	MINIMA °C	<u>21.4</u>	MAXIMA °C	<u>30.5</u>	MINIMA °C	<u>21.6</u>		
HORA	TERMOMETRO SECO °C	TERMOMETRO HUMEDO °C		HORA	TERMOMETRO SECO °C	TERMOMETRO HUMEDO °C			
07	<u>29.6</u>	<u>27.9</u>		07	<u>27.8</u>	<u>27.4</u>			
13	<u>29.4</u>	<u>27.2</u>		13	<u>29.0</u>	<u>26.6</u>			
19	<u>26.8</u>	<u>25.6</u>		19	<u>27.9</u>	<u>25.4</u>			
PRECIPITACIÓN				PRECIPITACIÓN					
HORA	CANTIDAD mm	ANEMOMETRO		HORA	CANTIDAD mm	ANEMOMETRO			
		m/s	Km/h			m/s	Km/h		
07	<u>14.5</u>			07	<u>0.5</u>				
13	<u>0.0</u>			13	<u>0.0</u>				
19	<u>0.0</u>			19	<u>0.0</u>				
EVAPORACIÓN				EVAPORACIÓN					
HORA	AGUA SACADA cm	AGUA AÑADIDA cm	MICROMETRO mm	HORA	AGUA SACADA cm	AGUA AÑADIDA cm	MICROMETRO mm		
07				07					
13				13					
19				19					
HORA	NUBOSIDAD OCTAVOS	VIENTO		HORA	NUBOSIDAD OCTAVOS	VIENTO			
		DIRECCIÓN	VELOCIDAD m/s			DIRECCIÓN	VELOCIDAD m/s		
07	<u>8</u>	<u>SE</u>	<u>1</u>	07	<u>8</u>	<u>N</u>	<u>1</u>		
13	<u>5</u>	<u>SO</u>	<u>3</u>	13	<u>5</u>	<u>O</u>	<u>2</u>		
19	<u>6</u>	<u>NO</u>	<u>1</u>	19	<u>7</u>	<u>NO</u>	<u>2</u>		
OBSERVACIONES				OBSERVACIONES					

Fotografía 6: Excavación de calicata para medir la profundidad radicular del banano



Elaborado: Caiza & Cuchiye, 2022

Fotografía 7: Excavación de zanjas para la colocación de tubería



Elaborado: Caiza & Cuchiye, 2022

Fotografía 8: Tendido de tuberías principales y porta laterales en las zanja



Elaborado: Caiza & Cuchiye, 2022

Fotografía 9: Colocación de tuberías laterales o porta aspersores



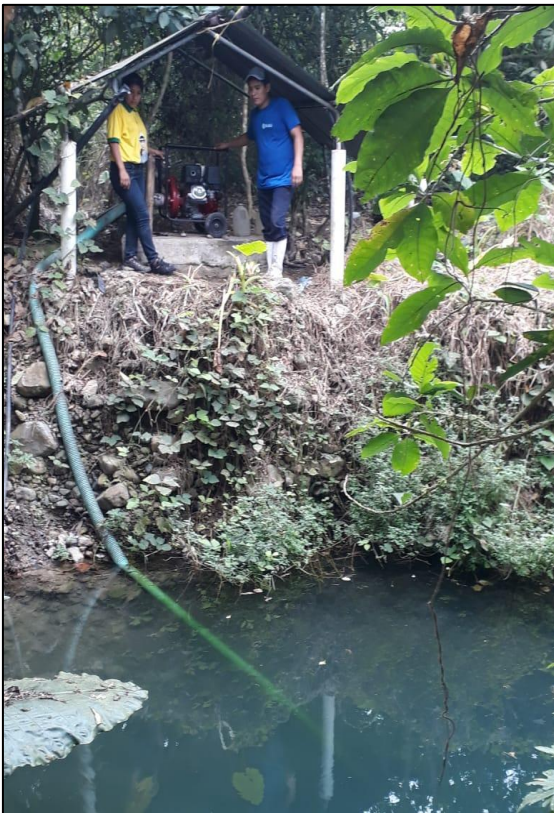
Elaborado: Caiza & Cuchiye, 2022

Fotografía 10: Anclaje para elevadores donde se colocaron los aspersores



Elaborado: Caiza & Cuchiye, 2022

Fotografía 10: Instalación de la estación de bombeo



Elaborado: Caiza & Cuchiye, 2022


Fotografía 11: Pruebas de funcionamiento del sistema de riego



Elaborado: Caiza & Cuchiye, 2022

Anexo 6. Análisis de anti-plagio













Fotografía 12: Reporte anti-plagio



Document Information

Analyzed document	TESIS CORREGIDO (J&L).pdf (D132960601)
Submitted	2022-04-07T18:37:00.0000000
Submitted by	
Submitter email	kleber.espinosa@utc.edu.ec
Similarity	6%
Analysis address	kleber.espinosa.utc@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	TAREA FINAL-GRUPO 2. Cálculo de la la tasa de riego.pdf Document TAREA FINAL-GRUPO 2. Cálculo de la la tasa de riego.pdf (D129486525)		4
SA	INFORME FINAL Llatas Delgado Enrique.pdf Document INFORME FINAL Llatas Delgado Enrique.pdf (D44592845)		5
SA	TESIS DE CARMEN FINAL (1) (1).docx Document TESIS DE CARMEN FINAL (1) (1).docx (D104586298)		1
SA	TESIS DE GRADO JC- UNIFICADA - OCTUBRE-2015.pdf Document TESIS DE GRADO JC- UNIFICADA - OCTUBRE-2015.pdf (D17583309)		2
SA	TESIS CETRE BARRIOS JULIO DOUGLAS UTELVT 2015.pdf Document TESIS CETRE BARRIOS JULIO DOUGLAS UTELVT 2015.pdf (D18563131)		2
W	URL: https://docplayer.es/91150942-Proyecto-de-diseno-e-instalacion-de-un-sistema-de-riego-de-32-ha-de-tuberia-total-enterrada-en-fromista-palencia.html Fetched: 2020-03-22T14:10:44.3530000		1
SA	TESIS.docx Document TESIS.docx (D55091970)		2
SA	TESIS DE GRADO JC- UNIFICADA - OCTUBRE-2015.pdf Document TESIS DE GRADO JC- UNIFICADA - OCTUBRE-2015.pdf (D18433089)		1
SA	ROMERO GALARZA LUIS FELIPE 7.docx Document ROMERO GALARZA LUIS FELIPE 7.docx (D15185471)		3
SA	Tesis arreglada.....2222.docx Document Tesis arreglada.....2222.docx (D14400257)		1
SA	submission.xlsx Document submission.xlsx (D113506639)		2
SA	Laz Torres Lister Ariel.docx Document Laz Torres Lister Ariel.docx (D126312248)		2