



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

HIDRÁULICA

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN DE LA
FINCA LA ALEXANDRA DEL SECTOR LA MARGARITA – EL
EMPALME, GUAYAS.

AUTOR: KLEDDY MELANIE MORÁN PINARGOTE

TUTOR: ING. CHRISTIAN ALMENDARIZ RODRIGUEZ, M.Sc

GUAYAQUIL, OCTUBRE 2022

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a Dios por permitirme culminar una de las etapas más importantes en mi vida, a mis padres Roslin y Víctor por su apoyo incondicional, a los docentes que me brindaron sus conocimientos y a la Fundación Children International por el apoyo en toda mi carrera universitaria.

Kleddy Melanie Morán Pinargote

Dedicatoria

A mi padre celestial y padres terrenales por guiar mi camino y acompañarme siempre.

Kleddy Melanie Morán Pinargote

Declaración Expresa

Artículo XI.- del Reglamento Interno de Graduación de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.

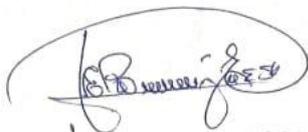
La responsabilidad de los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este trabajo de titulación corresponden exclusivamente al autor y al Patrimonio Intelectual de la Universidad de Guayaquil.



Kleddy Melanie Morán Pinargote

C.I. 0955554019

Tribunal de Graduación



ING. JOSUÉ RODRIGUEZ SANTOS, MSc.

Presidente de Tribunal



ING. GUSTAVO RAMIREZ ZAMBRANO, MSc.

Miembro de Tribunal



ING. MANUEL GOMEZ DE LA TORRE, MSc.

Miembro de Tribunal

Estudiantes: MORAN PINARGOTE KLEDDY MELANIE



ANEXO VI. - CERTIFICADO DEL DOCENTE - TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

Guayaquil, 5 de septiembre de 2022

Ingeniero
Guillermo Pacheco Q., MSc.
DIRECTOR DE LA CARRERA CIVIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
Ciudad.-

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN DE LA FINCA LA ALEXANDRA DEL SECTOR LA MARGARITA - EL EMPALME, GUAYAS de la estudiante KLEDDY MELANIE MORAN PINARGOTE, indicando que han cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que los estudiantes están aptos para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
CHRISTIAN EDUARDO
ALMENDARIZ
RODRIGUEZ

ING. CHRISTIAN ALMENDARIZ RODRIGUEZ, MSc.
C.C.: 0916587728
FECHA: 5 DE SEPTIEMBRE DE 2022



ANEXO VII. CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

Habiendo sido nombrado ING. CHRISTIAN ALMENDARIZ RODRIGUEZ, MSc. Tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por KLEDDY MELANIE MORAN PINARGOTE con C.C. 0955554019, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de: INGENIERO CIVIL.

Se informa que el trabajo de titulación: EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN DE LA FINCA LA ALEXANDRA DEL SECTOR LA MARGARITA - EL EMPALME, GUAYAS, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio TURNITIN quedando el 8% de coincidencia.

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN DE LA
 FINCA LA ALEXANDRA DEL SECTOR LA MARGARITA – EL
 EMPALME, GUAYAS

INFORME DE ORIGINALIDAD



Firmado electrónicamente por:
 CHRISTIAN EDUARDO
 ALMENDARIZ
 RODRIGUEZ

ING. CHRISTIAN ALMENDARIZ RODRIGUEZ, MSc.
C.C.: 0916587728
FECHA: 5 DE SEPTIEMBRE DE 2022



ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR

FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

Guayaquil, 26 de septiembre de 2022

Ingeniero

Guillermo Pacheco Quintana, MSc.
DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
FACULTAD CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la **REVISIÓN FINAL** del trabajo de Titulación: **EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN DE LA FINCA LA ALEXANDRA DEL SECTOR LA MARGARITA – EL EMPALME, GUAYAS** de la estudiante **MORÁN PINARGOTE KLEDDY MELANIE**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de 19 palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad. La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo 5 años.

La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que la estudiante **MORÁN PINARGOTE KLEDDY MELANIE** están aptos para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



Firmado digitalmente por:
GUSTAVO XAVIER
RAMIREZ
ZAMBRANO

ING. GUSTAVO XAVIER RAMIREZ ZAMBRANO MS.c.

C.C. 0915024434

FECHA: 26/09/2022



**DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE
Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS**

**FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON
FINES NO ACADÉMICOS

Yo, Kleddy Melanie Morán Pinargote, con C.I. No. 0955554019, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es “Evaluación de del sistema de riego por aspersión de la finca La Alexandra del sector La Margarita – El Empalme, Guayas” son de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN*, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

A handwritten signature in blue ink, reading "Kleddy Morán", is positioned above a horizontal line. The signature is fluid and cursive.

Kleddy Melanie Morán Pinargote

0955554019

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

Generalidades

1.1 Introducción.....	1
1.2 Situación Problemática.....	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Delimitación del Tema.....	3
1.5 Justificación.....	3
1.6 Ubicación del Proyecto.....	3

CAPÍTULO II

Marco Teórico

2.1 Antecedentes	6
2.2 Bases Teórico-Científicas.....	7
2.2.1 Métodos de Riego.....	7
2.2.1.1 Riego por Presión.....	7
2.2.1.2 Riego por Aspersión.....	7
2.2.2 Propiedades Físicas del Suelo.....	8
2.2.2.1 Textura.....	8
2.2.2.2 Densidad Aparente.....	9

2.2.3 Estados de Humedad del Suelo.....	12
2.2.3.1 Saturación.....	12
2.2.3.2 Capacidad de Campo (CC).	12
2.2.3.3 Punto de Marchitez Permanente (PMP).	12
2.2.3.4 Umbral de Riego (UR).....	14
2.2.3.5 Infiltración.....	14
2.2.4 Clima.	15
2.2.4.1 Evapotranspiración.....	15
2.2.4.2 Determinación de la ETc.	15
2.2.4.3 Evapotranspiración de Referencia.....	16
2.2.5 Datos del Cultivo.....	16
2.2.5.1 Cacao.....	16
2.2.5.2 Coeficientes del Cultivo (Kc).....	17
2.2.5.3 Profundidad Efectiva.	17
2.2.6 Aspersores.	18
2.3 Definición de Términos Básicos	21
2.3.1 Pérdidas de Cargas en Tuberías.	21
2.3.1.1 Pérdida de Carga en la Lateral.....	22
2.3.1.2 Pérdida de Carga en la Principal.....	24
2.3.2 Bomba.	25

CAPÍTULO III

Marco Metodológico

3.1 Tipo de Estudio	26
3.2 Variables	26
3.3 Métodos Técnicas e Instrumentos	27
3.4 Plan de Procesamiento y Análisis	27

CAPÍTULO IV

Desarrollo del Tema

4.1 Diseño Actual	28
4.2 Datos del Suelo	28
4.3 Diseño Agronómico	29
4.4 Diseño Hidráulico	30

CAPÍTULO V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones.....	34
5.2 Recomendaciones.....	35

Bibliografía

Anexos

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Ubicación del cantón El Empalme.....	4
Ilustración 2: Ubicación de la finca “La Alexandra”.....	4
Ilustración 3: Triángulo de texturas	8
Ilustración 4: Estados de humedad del suelo.....	12
Ilustración 5: Tipos de cacao	17
Ilustración 6: Aspersor 5022	18
Ilustración 7: Especificaciones técnicas de aspersor 5022.....	19
Ilustración 8: Aspersores 3023 – 4023 – 5023	19
Ilustración 9: Especificaciones técnicas de los aspersores 3023 – 4023 -5023.	20
Ilustración 10: Aspersor 5023 – 2	20
Ilustración 11: Especificaciones técnicas del aspersor 5023 – 2.....	21

Índice de Tablas

Tabla 1: Coordenadas de la finca “La Alexandra”	5
Tabla 2: Eficiencia de aplicación de los sistemas de riego	8
Tabla 3: Datos de densidad aparente según la clase textural del suelo	11
Tabla 4: Propiedades físicas de los suelos.....	13
Tabla 5: Porcentajes de Umbral de riego	14
Tabla 6: Valores de ET_0 calculados de acuerdo a cada zona climática	16
Tabla 7: Valores del coeficiente C de Hazen-Williams	22
Tabla 8: Valores del factor F	23
Tabla 9: Coeficiente F para laterales de plástico	24
Tabla 10: Observaciones realizadas del sistema de riego actual	28
Tabla 11: Parámetros del suelo para realizar el diseño agronómico e hidráulico	29



RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (ESPAÑOL)
FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

Título del trabajo de titulación: EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN DE LA FINCA LA ALEXANDRA DEL SECTOR LA MARGARITA – EL EMPALME, GUAYAS.

Autor: Kleddy Melanie Morán Pinargote

Tutor: Ing. Christian Almendáriz Rodríguez, MS.c.

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se realizó la evaluación del sistema de riego por aspersión presente en la finca conocida como “La Alexandra” ubicada en la ciudad El Empalme en la provincia del Guayas, en la cual una vez determinado los problemas que presenta el diseño se propuso un prediseño para cubrir la demanda y las necesidades del cultivo, que consta del diseño agronómico e hidráulico. Dicho diseño se basa en las recomendaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (ONUAA más conocida como la FAO) y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).

Palabras claves: RIEGO – ASPERSORES – DISEÑO – AGRONÓMICO - HIDRÁULICO.



**RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (INGLÉS)
FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

Title Of The Degree Project: **EVALUATION OF THE SPRINKLER
IRRIGATION SYSTEM OF THE LA MARGARITA
SECTOR – EL EMPALME, GUAYAS.**

Author: Kleddy Melanie Morán Pinargote

Advisor: Ing. Christian Almendáriz Rodríguez, MS.c.

ABSTRACT

In the present titling work, the evaluation of the sprinkler irrigation system present in the farm known as “La Alexandra” located in the city of El Empalme in the province of Guayas was carried out, in which once determined the problems predisdesign to cover the demand and needs of the crop, consisting of agronomic and hydraulic design. The desing is base don the recommendations of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (UNOAA better known as FAO) and the United States Department of Agriculture (USDA).

Keywords: IRRIGATION – SPRINKLERS – DESIGN – AGRONOMIC -
HYDRAULIC.

CAPÍTULO I

Generalidades

1.1 Introducción

Nuestro país al tener tierra fértil es exportador de varias frutas y verduras, por lo que es necesario tener buenos y eficientes diseños de sistemas de riego para obtener una mejor calidad en los productos y poder así aumentar la producción de los diferentes cultivos.

En el cantón El Empalme el 53,5% del uso de la tierra son en cultivos, sean estos anuales, semipermanentes o permanentes, que representan 34.695,82 hectáreas, siendo una de las áreas predominantes (Guerrero et al., 2014). En vista de estos datos es necesario prestar mayor atención y poder mejorar los métodos de este sector productivo.

Al terminar este proyecto se espera evaluar el sistema de riego por aspersion presente en la finca conocida como La Alexandra ubicada en el sector La Margarita en el cantón El Empalme para poder determinar la efectividad del diseño empleado y saber así si es necesario recomendarle mejoras en el diseño.

1.2 Situación Problemática

La finca conocida como La Alexandra ubicada en el sector La Margarita del cantón El Empalme en la provincia del Guayas cuenta con un sistema de riego por aspersión creado por los agricultores del lugar de forma empírica dado sus conocimientos técnicos en el tema, por lo que resulta de gran interés conocer si el sistema presente está diseñado para operar en óptimas condiciones.

Al ser un sistema de riego por aspersión puede presentarse el caso de que exista exceso de agua en las orillas del terreno, ya que es una de las desventajas que generalmente tiene este tipo de sistemas de riego, lo cual puede dar como resultado el desperdicio de agua en ciertos sectores. ¿Cuál es el sistema hidráulico óptimo?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General.

Evaluar el sistema de riego por aspersión actual en la finca conocida como La Alexandra mediante un análisis hidráulico con aplicación de las normas adecuadas para garantizar el óptimo funcionamiento.

1.3.2 Objetivos Específicos.

Determinar las necesidades del riego mediante el diseño agronómico para conocer los parámetros a utilizar en el análisis hidráulico.

Realizar el análisis hidráulico y el trazado de una red mediante la topografía en función de una red existente para comprobar valores de velocidades, caudales y presiones en los puntos de llegada de los aspersores.

Comprobar el diseño mediante la norma para ver el punto más crítico y los que se encuentran fuera de los parámetros de control.

1.4 Delimitación del Tema

En este proyecto se evaluará el funcionamiento del sistema de riego por aspersión presente en la finca conocida como La Alexandra que consta de 2.47 Ha, mediante la observación del funcionamiento, toma de datos e información proporcionada por el dueño y trabajadores del lugar, se realizará un prediseño considerando la toma de agua cruda existente, que constará en el diseño agronómico e hidráulico junto con el cálculo de la potencia de la bomba para poder obtener una comparación entre el diseño real con el diseño propuesto.

1.5 Justificación

En este proyecto se detallará parámetros de caudal de diseño, radio de cobertura del aspersor, red de diseño y velocidades de tuberías. Este proyecto busca determinar la efectividad del diseño del sistema de riego usado, además de establecer si existe o no el desperdicio de agua al momento del riego y plantear una propuesta de prediseño usando los parámetros y metodología correspondiente con el fin de garantizar la óptima operación del sistema de riego en caso de obtener un diseño deficiente para poder así aumentar la producción de los cultivos, además de ampliar el tema y métodos de estudio en la comunidad.

1.6 Ubicación del Proyecto

El presente proyecto se encuentra ubicado en el cantón El Empalme en la provincia del Guayas.

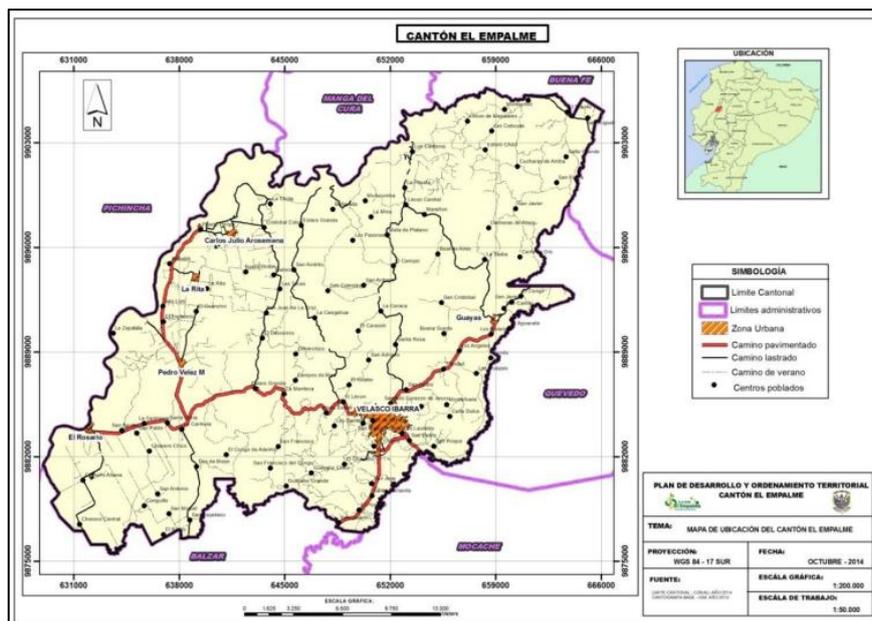


Ilustración 1: Ubicación del cantón El Empalme

Fuente: (Guerrero et al., 2014)

La finca conocida como “La Alexandra” está ubicada en la parroquia La Guayas sector La Margarita y cuenta con una superficie de 2,4747 Has.



Ilustración 2: Ubicación de la finca “La Alexandra”

Fuente: (Maxar Technologies, 2019)

Tabla 1: Coordenadas de la finca "La Alexandra"

COORDENADAS		
Vértice	X (m)	Y (m)
1	648105	9898600
2	648252	9898749
3	648320	9898815
4	648351	9898749
5	648379	9898676
6	648181	9898600
7	648150	9898596
Datos tomados con GPS		
Datum: PSAD56		
Proyección Cartográfica UTM		
Zona 17 Sur		

Fuente: (Bravo, 2009)

CAPÍTULO II

Marco Teórico

2.1 Antecedentes

Para realizar la evaluación del sistema de riego actual Nasimba (2017) propone que se debe considerar parámetros como: “el catastro realizado (tuberías, válvulas, accesorios), levantamiento topográfico, dotaciones en el sistema actual” (pág. 95). Para con dichos parámetros proponer un diseño que no se aleje de la red real, pero a la vez garantizando la eficiencia y mejora del mismo.

Es por esto que en Guatemala al realizar una evaluación de algunos parámetros como la intensidad de riego dio como resultado lo siguiente: “Al operar el sistema de riego con aspersores a dos metros de altura, implica una disminución de la intensidad de riego de 0.78 a 0.07 mm/hr” (Monterroso et al., 2019, pág. 273). Lo que indica que es de suma importancia realizar estas evaluaciones en los sistemas de riego para determinar la eficiencia del mismo.

Por otro lado, en Quito tras una evaluación determinaron que: “El sistema de riego carece de control y regulación de los caudales desde el canal principal a los canales secundarios debido a que las compuertas no fueron diseñadas para cumplir con este propósito” (Ortiz et al., 2021, pág. 7).

La eficacia que presenta el usar el sistema de riego por aspersión se menciona en la investigación realizada en la ciudad de Ambato por Caiza (2017):

La aplicación de esta tecnología nos brinda una eficiencia entre el 80%, con relación al sistema tradicional de irrigación por inundación que se ubica entre el 40 – 70 %, y siendo aplicable para la gran mayoría de suelos e incluso en los suelos

permeables que tienen la característica de necesitar mayor cantidad de agua en relación a los diferentes tipos de suelos utilizados para el cultivo. (pág. 24)

2.2 Bases Teórico-Científicas

2.2.1 Métodos de Riego.

Los métodos de riego pueden ser por gravedad y por presión. Estos a su vez se dividen en riego por inundación y canteros en el caso de ser por gravedad, y por aspersión y por goteo en el caso de ser por presión.

2.2.1.1 Riego por Presión.

Al ir el agua por tuberías necesita ir con presión. Si la toma se encuentra más de 10 metros arriba del terreno ésta funciona sola, esta altura se llama metros de columna de agua. Se usa equipos de bombeo si es menos de 10 metros (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2014).

2.2.1.2 Riego por Aspersión.

Una de las ventajas del riego por aspersión es que al ir el agua por tuberías no se desperdicia, además de tener una eficiencia del 85%. El viento fuerte o mucho calor que llega a evaporar el agua es lo que hace reducir la eficiencia. Para escoger el aspersor se debe conocer la cantidad de agua y la presión que se necesita el área a regar (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2014).

La eficiencia de los sistemas de riego se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 2: Eficiencia de aplicación de los sistemas de riego

SISTEMA DE RIEGO	EFICIENCIA DE APLICACIÓN
Riego por surcos	0.50 – 0.70
Riego por inundación	0.60 – 0.80
Riego por inundación permanente (arroz)	0.30 – 0.40
Riego por aspersión	0.65 – 0.85
Riego por goteo	0.75 – 0.90

Fuente: (Soto, 2002)

2.2.2 Propiedades Físicas del Suelo.

2.2.2.1 Textura.

La textura del suelo está definida por la proporción de las partículas de arena, limo y arcilla que se encuentran en el suelo, la cual se determina mediante el triángulo de textura (Carrazón, 2007).

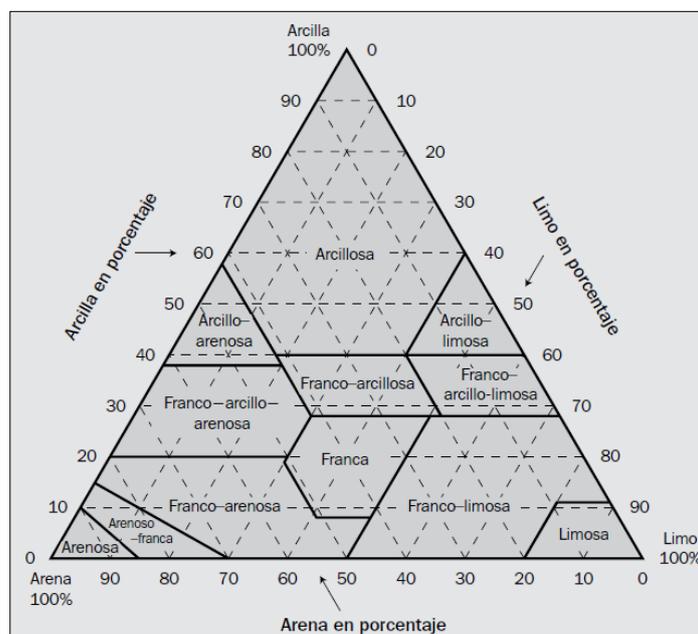


Ilustración 3: Triángulo de texturas

Fuente: (Carrión, 2007)

Los tipos básicos de suelo en función de su textura según Carrazón (2007) son:

- Arenosos, ligeros o de textura gruesa: las propiedades coloidales y reservas de nutrientes son bajas, su estructura es mala, tiene buena aireación, muy alta permeabilidad y nula retención de agua.
- Arcillosos, pesados o de textura fina: ricos en nutrientes, tienen buena estructura, son impermeables y retienen mucha agua.
- Limosos: no tienen propiedades coloidales ni estructura, tienen mala aireación y son impermeables.
- Francos, medios: las proporciones de arena, limo y arcilla exhiben propiedades equilibradas.

2.2.2.2 Densidad Aparente.

La densidad aparente o peso específico aparente es una medida de la porosidad del suelo, la cual se obtiene de dividir el peso del suelo seco (P_s) y el volumen total (V_t), por lo que un valor mayor de densidad aparente indica una porosidad menor (Carrazón, 2007).

$$d_a = \frac{P_s}{V_t} \quad (1)$$

Según Cadena (2016) la densidad aparente generalmente va de 1.0 a 1.8 gr/cm³ teniendo los suelos arenosos valores superiores. Se consideran valores altos de densidad aparente los superiores a 1.3 gr/cm³ en suelos arcillosos, en suelos de textura media superiores a 1.4 gr/cm³ y a 1.6 gr/cm³ en arenosos; mientras que los suelos orgánicos o volcánicos presentan densidades desde 0.7 gr/cm³.

Es importante conocer la densidad aparente ya que establece la compactación y facilidad de circulación del agua y aire, además caracteriza la capacidad de

almacenaje de agua en el suelo. Para efecto de diseño una aproximación es suficiente, por lo que en la tabla 4 se muestran valores medios y rangos de variación para diferentes texturas del suelo (Carrazón, 2007). Según la United States Department of Agriculture (USDA) es posible aproximar la densidad aparente si se cuenta con la clase textural del suelo, cuyos datos se muestran a continuación:

Tabla 3: Datos de densidad aparente según la clase textural del suelo

Clases texturales	da (g/cm³)
Arena	1.70 – 1.80
Arena gruesa	1.60 – 1.70
Arena y arena fina	1.55 – 1.65
Arena muy fina	
Arena franca	1.60 – 1.70
Arena franca gruesa	1.55 – 1.65
Arena franca, Arena franca fina	1.55 – 1.60
Arena franca muy fina	
Franco arenosa	1.55 – 1.60
Franco arenosa gruesa, Franco arenosa y Franco arenosa fina	1.50 – 1.60
Franco arenosa muy fina	1.45 – 1.55
Franca y franco limosa	1.45 – 1.55
Limo	1.40 – 1.50
Franco arcillosa	1.40 – 1.50
Franco arcillo arenosa y franco arcillo limosa	1.45 – 1.55
Arcilla arenosa	1.35 – 1.45
Arcilla limosa	1.40 – 1.50
Arcilla (35 – 50%)	1.35 – 1.45
(50 – 65%)	1.25 – 1.35

Fuente: (United States Department of Agriculture, s.f.)

2.2.3 Estados de Humedad del Suelo.

2.2.3.1 Saturación.

Este contenido de humedad en el suelo se da cuando llueve o se riega de forma abundante, o cuando se tiene una capa impermeable o poco profunda y se llenan de agua todos los poros. En este estado hay ausencia del aire, por lo que los cultivos no pueden soportar más de cinco días, exceptuando el arroz (Cadena, 2016).

2.2.3.2 Capacidad de Campo (CC).

Es el contenido de humedad máximo que el suelo puede retener luego de haber estado saturado. Los poros grandes están llenos de agua y aire, mientras que los pequeños siguen llenos de agua. Este estado se lo considera el ideal para el crecimiento del cultivo. Se expresa en porcentaje de volumen de agua (Carrazón, 2007).

2.2.3.3 Punto de Marchitez Permanente (PMP).

En este contenido de humedad la capacidad máxima de succión en el cultivo es igual a la tensión con que es retenida el agua en el suelo. En este estado el suelo aún contiene agua, pero las raíces no pueden extraerlas (Cadena, 2016).

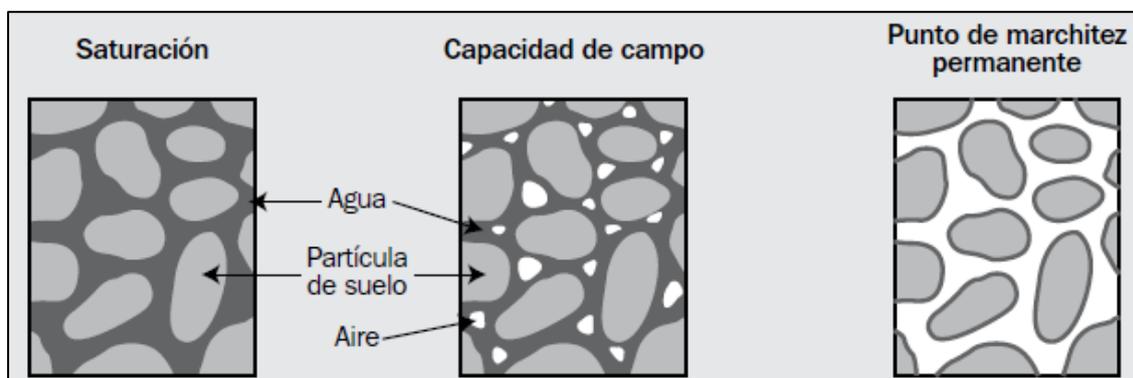


Ilustración 4: Estados de humedad del suelo

Fuente: (Carrión, 2007)

Los valores de la CC y PMP pueden ser calculados de un modo aproximado por las siguientes fórmulas:

$$CC = 0.48 Ac + 0.162 L + 0.023 Ar + 2.62 \text{ (Fórmula de Peele)} \quad (2)$$

$$PMP = 0.302 Ac + 0.102 L + 0.0147 Ar \text{ (Fórmula de Briggs)} \quad (3)$$

Dónde:

Ac = Contenido de arcilla

L = Contenido de limo

Ar = Contenido de arena

Los niveles de humedad de la CC y PMP dependen de la textura del suelo, pues se relaciona con la porosidad y esta es función del tipo de suelo, por lo que en la Tabla 4 se presentan valores medios expresados como θ_g para las diferentes texturas de suelo (Carrazón, 2007).

Tabla 4: Propiedades físicas de los suelos

Textura del suelo	Densidad aparente (g/cm³)	Capacidad de campo (% θ_g)	Punto de marchitez permanente (% θ_g)	Infiltración básica (mm/h)
Arenoso	1.65 (1.55 – 1.90)	9 (6 – 12)	4 (2 – 6)	50 (25 – 250)
Franco arenoso	1.50 (1.40 – 1.60)	14 (10 – 18)	6 (4 – 8)	25 (13 – 75)
Franco	1.40 (1.35 – 1.50)	22 (18 – 26)	10 (8 – 12)	13 (8 – 20)
Franco arcilloso	1.35 (1.30 – 1.40)	27 (23 – 31)	13 (11 – 15)	8 (2.5 – 15)
Arcilloso	1.25 (1.20 – 1.30)	35 (31 – 39)	17 (15 – 19)	5 (1.3 – 10)

Fuente: (Carrión, 2007)

2.2.3.4 Umbral de Riego (UR).

Según el CONADI (2017) dependiendo del tipo de suelo y el tipo de riego varía generalmente entre 20 a 60%, siendo que un suelo arcilloso puede tener un UR mayor en comparación con un suelo más arenoso, en la siguiente tabla se menciona los porcentajes más comunes en relación a la clase textural del suelo:

Tabla 5: Porcentajes de Umbral de riego

Clase textural	Umbral de riego	
	Riego tradicional	Riego tecnificado
Arenoso	20 – 40 %	20 – 30 %
Franco arcilloso	40 – 60 %	30 – 50 %
Franco	30 – 60 %	30 – 40 %

Fuente: (CONADI, 2017)

2.2.3.5 Infiltración.

La infiltración según Carrazón (2007) es cuando el agua se introduce en el suelo, mientras que la tasa o velocidad de infiltración es la rapidez con la que el agua se infiltra. Otros conceptos son:

- Infiltración acumulada (Z): cantidad de agua total que en un tiempo determinado se infiltra en el suelo.
- Infiltración básica (Ib): después de haber transcurrido un tiempo de lluvia o riego la tasa de infiltración adquiere un valor más o menos constante, el tiempo máximo de riego es determinado por este valor. Uno de los métodos para obtener este valor es mediante el infiltrómetro de doble anillo, pero aun así los valores más comunes se presentan en la Tabla 4.

2.2.4 Clima.

2.2.4.1 Evapotranspiración.

Es la velocidad con la que el agua se evapora de un terreno con cultivos, causada por: la evaporación del suelo y la transpiración de la vegetación que lo cubre. Esta generalmente está expresada en milímetros (mm) por unidad de tiempo, hora, día, década, mes o un ciclo de cultivo completo (Briceño et al., 2012).

Los factores que influyen en la evapotranspiración son varios según (Carrazón, 2007):

El clima: con el tiempo cálido, seco, existencia de viento y cielos despejados la evapotranspiración aumenta.

El propio cultivo: a mayor densidad de cultivo mayor evapotranspiración, y también en las fases medias y de maduración.

El suelo: a mayor humedad del suelo mayor evapotranspiración.

2.2.4.2 Determinación de la ET_c .

Carrazón (2007) detalla que cuando no existe ninguna restricción de agua en el suelo se presenta la evapotranspiración máxima de cultivo (ET_c). Para determinar este valor se utiliza el método de Doorenbos y Pruitt (1977) mediante la fórmula:

$$ET_c \text{ (mm/d)} = ET_o * Kc \quad (4)$$

donde:

ET_o = Evapotranspiración de referencia en mm/d

Kc = Coeficiente de cultivo (adimensional)

2.2.4.3 Evapotranspiración de Referencia.

Es la evapotranspiración de un cultivo con pasto de 8 – 10 cm de altura, con un buen regío, bien abonado y con buen estado sanitario. La determinación de este valor se puede dar a través de programas proporcionados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) como lo son CROPWAT que obtiene los datos de estaciones meteorológicas de CLIMWAT, también empleando fórmulas empíricas (Penman – FAO, Penman – Monteith, Hargreaves, Blaney – Criddle, métodos de radiación, etc.) graduadas localmente, o por el método del Evaporímetro de cubeta de clase A (Carrazón, 2007). Sin embargo, existen valores ya calculados de ET_0 dependiendo de la zona climática:

Tabla 6: Valores de ET_0 calculados de acuerdo a cada zona climática

Zona climática	Precipitación anual (mm)	Temperatura media diaria		
		< 15 °C	15 – 25 °C	> 25 °C
Árida	100 – 400	4 – 6	7 – 8	9 – 10
Semiárida	400 – 600	4 – 5	6 – 7	8 – 9
Subhúmeda	600 – 1200	3 – 4	5 – 6	7 – 8
Húmeda	> 1200	1 – 2	3 – 4	5 – 6

Fuente: (Carrión, 2007)

2.2.5 Datos del Cultivo.

2.2.5.1 Cacao.

Cultivo tropical desarrollado en latitudes de entre 10°N y 10°S del ecuador, extendido grandemente en África, Asia, Oceanía y América en plantaciones cuyos granos o almendras son utilizadas para producir chocolates y grasas por industrias alimentarias y cosmetológicas principalmente. Existen tres tipologías de cultivos de

los que se desprenden variedades, híbridos y clones: criollos, forasteros y trinitarios (Arvelo et al., 2017).



Ilustración 5: Tipos de cacao

Fuente: (Arvelo et al., 2017).

2.2.5.2 Coeficientes del Cultivo (Kc).

Según Cadena (2016) el Kc es el coeficiente del cultivo, cuyo valor es adimensional y se calcula mensualmente teniendo en cuenta el ciclo vegetativo que es de cuatro fases. En el caso del cacao se recomiendan valores únicos durante todo el año los cuales son:

- En suelo desnudo $Kc = 0.95$
- En suelo con hierba $Kc = 1.10$

2.2.5.3 Profundidad Efectiva.

Uno de los factores que determina la cantidad de agua capaz de ser almacenada en el suelo y disponible para las plantas es la profundidad del suelo. Para el cultivo del cacao en regiones cuyas precipitaciones superen los 3000 milímetros se considera una profundidad efectiva de 1.00 metro, ya que este valor además de asegurar una fijación estable de la planta también garantiza un buen suministro de agua a las raíces. Mientras que en regiones con épocas secas prolongadas se considera un mínimo de profundidad de 1.50 metros ya que así aumenta el suministro de agua a las raíces (Ibarra, 2019).

2.2.6 Aspersores.

Son aparatos utilizados para distribuir el agua de riego en forma de lluvia, cuentan con un mecanismo que les confiere movimiento, funcionan a presión lanzando chorros de agua al aire. Para el sistema de riego por aspersión este aparato es la parte más importante puesto que es el que distribuye el agua sobre el cultivo (Cadena, 2016).

En el mercado pueden encontrarse aspersores con un sin número de características, sin embargo, frecuentemente para agricultura extensiva se utilizan los rotatorios, de impacto, que rotan de 0.25 a 1 rpm, de una o dos boquillas de orificio circular con Φ entre 1/16" y 9/16" (1.5 y 15 mm), tienen un gasto de 0.25 a 24 m³ h⁻¹, presiones de trabajo de 0.15 y 0.7 Mpa, ángulo de chorro de unos 30° y diámetro efectivo mojado desde 10 a más de 60 m (Losada, 2005).

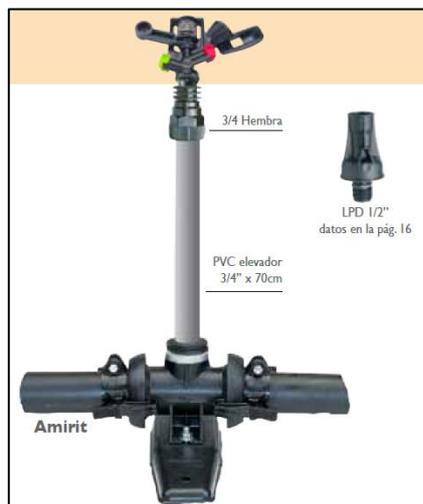


Ilustración 6: Aspersor 5022

Fuente: (NAANDANJAIN Irrigation, 2011)

5022SD TABLA DE PERFORMANCE - Boquilla Doble								
Color de boquilla (mm)	P (bar)	Q (m ³ /h)	D (m)	Espaciamento (m)				
				10x10	10x12	12x12	12x14	14x14
3.0x1.8 Rojo	2.5	0.760	21.0	7.6	6.3	5.3		
	3.0	0.840	22.0	8.4	7.0	5.8		
	3.5	0.900	23.0	9.0	7.5	6.3		
	4.0	0.970	22.0	9.7	8.1	6.7		
3.2x1.8 Verde	2.5	0.820	21.0	8.2	6.8	5.7		
	3.0	0.900	22.0	9.0	7.5	6.3		
	3.5	0.980	23.0	9.8	8.2	6.8		
	4.0	1.040	23.0	10.4	8.7	7.2		
3.5x1.8 Azul	2.5	0.890	23.0	8.9	7.4	6.2	5.3	
	3.0	0.990	23.0	9.9	8.3	6.9	5.9	
	3.5	1.060	24.0	10.6	8.8	7.4	6.3	
	4.0	1.150	24.0	11.5	9.6	8.0	6.8	
4.0x1.8 Negro	2.5	1.100	24.0	11.0	9.2	7.6	6.5	5.6
	3.0	1.220	25.0	12.2	10.2	8.5	7.3	6.2
	3.5	1.330	25.0	13.3	11.1	9.2	7.9	6.8
	4.0	1.430	26.0	14.3	11.9	9.9	8.5	7.3

Boquilla trcera: 1.8 - Verde brillante

Código de color - Uniformidad de distribución	CU < 85%	CU 85-88%	CU 88-92%	CU > 92%
---	----------	-----------	-----------	----------

Ilustración 7: Especificaciones técnicas de aspersor 5022

Fuente: (NAANDANJAIN Irrigation, 2011)



Ilustración 8: Aspersores 3023 – 4023 – 5023

Fuente: (PLASTIGAMA, 2015)

ASPERSORES	PRESIÓN EN LA BOQUILLA (PSI)							
	30	35	40	45	50	55	60	65
3023 - 2 - $\frac{3}{4}$ " M								
Boq # 8 x 6 ($\frac{1}{8}$ x $\frac{3}{32}$ ")								
Caudal (gpm)	3.84	4.14	4.43	4.70	4.95			
Diámetro a 0.50 m	25.33	25.94	26.25	26.55	26.86			
Diámetro a 2.00 m	26.25	26.55	26.86	27.16	27.47			
4023 - 2 - $\frac{3}{4}$ " M								
Boq # 12 x 6 ($\frac{3}{16}$ x $\frac{3}{32}$ ")								
Caudal (gpm)	6.89	7.54	8.07	8.55	9.02	9.46	9.88	
Diámetro a 0.50 m	28.08	29.00	29.60	30.21	30.82	31.13	31.43	
Diámetro a 2.00 m	29.60	30.21	30.82	31.43	32.04	32.65	32.96	
5023 - 2 - $\frac{3}{4}$ " M								
Boq # 16 x 8 ($\frac{1}{4}$ x $\frac{1}{8}$ ")								
Caudal (gpm)	11.50	12.40	13.30	14.10	14.80	15.50	16.20	16.90
Diámetro a 0.50 m	29.91	31.13	32.04	32.96	33.26	33.57	33.97	34.18
Diámetro a 2.00 m	31.43	32.65	33.87	34.79	35.40	36.01	36.62	37.23

Ilustración 9: Especificaciones técnicas de los aspersores 3023 – 4023 -5023

Fuente: (PLASTIGAMA, 2015)



Ilustración 10: Aspersor 5023 – 2

Fuente: (Senninger Irrigation Inc., 2015)

5023-2																	
Presión en la base del aspersor (psi)													(bar)				
	30	35	40	45	50	55	60	65		2.07	2.41	2.76	3.10	3.45	3.79	4.14	4.48
13x8 Boq. de Alcance #13 - Blanca (13/64") x Boq. Dispensora #8 (1/8")									13x8 Boq. de Alcance #13 - Blanca (5.16mm) x #8 Boq. Dispensora (3.18mm)								
Caudal (gpm)	8.23	8.88	9.50	10.1	10.6	11.1	11.6	12.1	Caudal (L/hr)	1869	2017	2158	2294	2408	2521	2635	2748
Diám. a 1.5' alt. (pies.)	92	95	98	100	102	103	104	105	Diám. a 0.46m alt. (m)	28.0	29.0	29.9	30.5	31.1	31.4	31.7	32.0
Diám. a 6.0' alt. (pies.)	99	102	104	106	108	110	112	114	Diám. a 1.83m alt. (m)	30.2	31.1	31.7	32.3	32.9	33.5	34.1	34.7
14x8 Boq. de Alcance #14 - Azul (7/32") x Boq. Dispensora #8 (1/8")									14x8 Boq. de Alcance #14 - Azul (5.56mm) x Boq. Dispensora #8 (3.18mm)								
Caudal (gpm)	9.35	10.1	10.8	11.5	12.1	12.7	13.2	13.8	Caudal (L/hr)	2124	2294	2453	2612	2748	2884	2998	3134
Diám. a 1.5' alt. (pies.)	94	98	101	103	105	106	107	108	Diám. a 0.46m alt. (m)	28.7	29.9	30.8	31.4	32.0	32.3	32.6	32.9
Diám. a 6.0' alt. (pies.)	101	104	107	110	112	114	116	118	Diám. a 1.83m alt. (m)	30.8	31.7	32.6	33.5	34.1	34.7	35.4	36.0
15x8 Boq. de Alcance #15 - Marrón oscuro (15/64) x Boq. Dispensora #8 (1/8")									15x8 Boq. de Alcance #15 - Marrón oscuro (5.95mm) x Boq. Dispensora #8 (3.18mm)								
Caudal (gpm)	10.3	11.2	11.9	12.7	13.4	14.0	14.6	15.2	Caudal (L/hr)	2339	2544	2703	2884	3043	3180	3316	3452
Diám. a 1.5' alt. (pies.)	96	100	103	106	107	108	109	110	Diám. a 0.46m alt. (m)	29.3	30.5	31.4	32.3	32.6	32.9	33.2	33.5
Diám. a 6.0' alt. (pies.)	102	106	109	112	114	116	118	120	Diám. a 1.83m alt. (m)	31.1	32.3	33.2	34.1	34.7	35.4	36.0	36.6
16x8 Boq. de Alcance #16 - Naranja (1/4") x Boq. Dispensora #8 (1/8")									16x8 Boq. de Alcance #16 - Naranja (6.35mm) x Boq. Dispensora #8 (3.18mm)								
Caudal (gpm)	11.5	12.4	13.3	14.1	14.8	15.5	16.2	16.9	Caudal (L/hr)	2612	2816	3021	3202	3361	3520	3679	3838
Diám. a 1.5' alt. (pies.)	98	102	105	108	109	110	111	112	Diám. a 0.46m alt. (m)	29.9	31.1	32.0	32.9	33.2	33.5	33.8	34.1
Diám. a 6.0' alt. (pies.)	103	107	111	114	116	118	120	122	Diám. a 1.83m alt. (m)	31.4	32.6	33.8	34.7	35.4	36.0	36.6	37.2
17x8 Boq. de Alcance #17 - Verde oscuro (17/64") x Boq. Dispensora #8 (1/8")									17x8 Boq. de Alcance #17 - Verde oscuro (6.75mm) x Boq. Dispensora #8 (3.18mm)								
Caudal (gpm)	12.5	13.5	14.4	15.3	16.1	16.9	17.7	18.4	Caudal (L/hr)	2839	3066	3271	3475	3657	3838	4020	4179
Diám. a 1.5' alt. (pies.)	99	104	107	110	111	112	113	114	Diám. a 0.46m alt. (m)	30.2	31.7	32.6	33.5	33.8	34.1	34.4	34.7
Diám. a 6.0' alt. (pies.)	104	108	112	115	118	120	122	124	Diám. a 1.83m alt. (m)	31.7	32.9	34.1	35.1	36.0	36.6	37.2	37.8
18x8 Boq. de Alcance #18 - Púrpura (9/32") x Boq. Dispensora #8 (1/8")									18x8 Boq. de Alcance #18 - Púrpura (7.14mm) x Boq. Dispensora #8 (3.18mm)								
Caudal (gpm)	13.7	14.8	15.8	16.7	17.6	18.5	19.3	20.1	Caudal (L/hr)	3112	3361	3589	3793	3997	4202	4384	4565
Diám. a 1.5' alt. (pies.)	100	105	109	112	113	114	115	116	Diám. a 0.46m alt. (m)	30.5	32.0	33.2	34.1	34.4	34.7	35.1	35.4
Diám. a 6.0' alt. (pies.)	105	109	113	116	119	122	124	126	Diám. a 1.83m alt. (m)	32.0	33.2	34.4	35.4	36.3	37.2	37.8	38.4

Ilustración 11: Especificaciones técnicas del aspersor 5023 – 2

Fuente: (Senninger Irrigation Inc., 2015)

2.3 Definición de Términos Básicos

2.3.1 Pérdidas de Cargas en Tuberías.

Según (Martínez, 2001) las pérdidas de carga que presentan las tuberías son:

- Pérdidas de carga continuas, hr, producidas por la fricción del fluido dentro del conducto.

- Pérdidas de carga localizadas, hs, que se producen por los accesorios dentro del conducto, como los codos, estrechamientos, etc.

Estas pérdidas pueden ser calculadas con fórmulas empíricas o exponenciales, o con fórmulas logarítmicas. Las pérdidas de carga continuas pueden expresarse con la siguiente fórmula:

$$h_r = J * L \quad (5)$$

L = longitud de tubería en metros

La fórmula de Hazen-Williams es una de las fórmulas empíricas más usadas:

$$J = 1.131 * 10^9 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} * D^{-4.872} \quad (6)$$

Los valores del coeficiente c están dados en la siguiente tabla:

Tabla 7: Valores del coeficiente C de Hazen-Williams

Material	Fundición dúctil	Acero	Hormigón pretensado	Fibrocemento	PVC y PE
C_{TE}. C	135 – 150	152	150	140 – 150	150

Fuente: (Martínez, 2001)

2.3.1.1 Pérdida de Carga en la Lateral.

(Cadena, 2016) Menciona que la pérdida de carga se conoce como la disminución de la presión del agua debido al rozamiento de esta con la tubería. Cuando el diámetro de la tubería es pequeño las pérdidas de carga son mayores, mientras que, en tuberías con diámetros grandes las pérdidas son pequeñas, sin embargo, estas últimas son más caras y pesadas.

El cálculo de la pérdida de carga de la tubería lateral se da con la siguiente fórmula:

$$h = 1.1 * J * F * L \quad (7)$$

dónde:

h = pérdida de carga lateral (m.c.a.)

J = pérdida de carga unitaria

F = factor de reducción en relación al número de aspersores y la distancia entre ellos

L = longitud de la tubería (m)

Tabla 8: Valores del factor F

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, 2016)

Tabla 9: Coeficiente F para laterales de plástico

n	Plástico		
	(a) F1	(b) F2	(c) F3
5	0.469	0.337	0.410
10	0.415	0.350	0.384
12	0.406	0.352	0.381
15	0.398	0.355	0.377
20	0.389	0.357	0.373
25	0.384	0.358	0.371
30	0.381	0.359	0.370
40	0.376	0.360	0.368
50	0.374	0.361	0.367
100	0.369	0.362	0.366
200	0.366	0.363	0.365

(a) Cuando la distancia desde la entrada del lateral a la primera salida es E_a metros.
(b) Cuando la primera salida está cerca de la entrada del lateral.
(c) Cuando la distancia desde la entrada del lateral a la primera salida es $E_a/2$ metros.

Fuente: (Cadena, 2016)

Elaborado por: Kleddy Morán

2.3.1.2 Pérdida de Carga en la Principal.

Según Cadena (2016) el cálculo de la pérdida de carga para la tubería principal es semejante a la lateral, la fórmula a aplicar cuando se trabaje en un sistema semifijo es:

$$h = 1.1 * J * L \quad (8)$$

En caso de ser un sistema fijo se considera el factor F, puesto que el número de aspersores se reemplazaría el de laterales, siendo la fórmula:

$$h = 1.1 * J * F * L \quad (9)$$

2.3.2 Bomba.

De acuerdo con (Martínez, 2001) las bombas son aparatos que transforman generalmente energía mecánica o eléctrica en energía hidráulica, y estas abastecen un caudal determinado con la presión precisa.

El cálculo de la potencia según Cadena (2016) se realiza de la siguiente manera:

$$\text{Potencia de la bomba} = \frac{Q * P}{270 * r} \quad (10)$$

Dónde:

Q = caudal (m³/h)

P = presión (m.c.a.)

r = rendimiento de la bomba (decimales)

CAPÍTULO III

Marco Metodológico

3.1 Tipo de Estudio

El enfoque de la presente investigación es cuantitativo puesto que se evaluará y rediseñará un sistema de riego por aspersión, en el que están presentes parámetros como el caudal de diseño, radio de cobertura del aspersor y velocidad de tuberías. El enfoque cuantitativo según Neill & Cortez (2018): “Es aquel que se basa en los aspectos numéricos para investigar, analizar y comprobar información y datos” (pág. 69).

El diseño que presenta esta investigación es no experimental, puesto que: “Son aquellas en las cuales el investigador no tiene el control sobre la variable independiente, que es una de las características de las investigaciones experimentales y cuasi experimentales, como tampoco conforma a los grupos del estudio” (Neill & Cortez, 2018, pág. 73).

3.2 Variables

Variable	Concepto	Indicador
Caudal de diseño	Es la cantidad de agua que cubre toda la demanda necesaria, en un cuerpo determinado.	Análisis hidráulico
Radio de cobertura	Es el área máxima que cubre el radio del aspersor.	Ficha técnica
Red de diseño	Seleccionar las tuberías para la conducción del agua hasta el lugar de demanda.	Plano hidráulico Topografía
Velocidades	Es el espacio que recorre un cuerpo en un determinado tiempo.	Norma hidráulica

3.3 Métodos Técnicas e Instrumentos

El método a aplicar en este proyecto es el deductivo y tiene un alcance explicativo. Se presentan técnicas como la observación y el análisis documental con uso de instrumentos como: documentos de control (fichas), notas de campo, mapas, planos, documentos, además programas como AutoCAD, CROPWAT 8.0 y CLIMWAT 2.0.

3.4 Plan de Procesamiento y Análisis

- 1.- Investigación del tema.
- 2.- Planos topográficos.
- 3.- Estudios de suelo.
- 4.- Evaluación de la red existente.
- 5.- Identificar los problemas en la red.
- 6.- Elaborar el diseño agronómico.
- 7.- Elaborar el diseño hidráulico.
- 8.- Verificar el cumplimiento de normas para un diseño eficiente.

CAPÍTULO IV

Desarrollo del Tema

4.1 Diseño Actual

Tabla 10: Observaciones realizadas del sistema de riego actual

Obra de Toma	Pozo de agua cruda de 45 metros de profundidad, presenta una pendiente de 0.65 con respecto al resto del terreno, la bomba es de 15 Kw de potencia.
Red de distribución	Una parte de la red cuenta con tuberías obsoletas. Ver ilustración 21.
Aspersores	Los aspersores necesitan mantenimiento o en su defecto el cambio de los mismos.

Elaborado por: Kleddy Morán

4.2 Datos del Suelo

Tabla 11: Parámetros del suelo para realizar el diseño agronómico e hidráulico

Parámetro	Unidad	Valor	Obtenido de:
Textura del suelo		Arcillosa	Ensayo
Capacidad de campo (CC)	%	35	Tabla 4
Punto de marchitez permanente (PMP)	%	17	Tabla 4
Densidad aparente (ρ_a)	g/cm ³	1.03	Ensayo
Umbral de Riego (Ur)	%	40	Tabla 5
Evapotranspiración de referencia (Eto)	mm/día	3.21	Programa CROPWAT
Eficiencia de aplicación (Ea)	%	75	Tabla 2
Infiltración básica (Ib)	mm/hora	12.57	Ensayo
Cultivo		Cacao	
Profundidad efectiva del cultivo (D)	cm	100	
Coefficiente del cultivo (Kc)		1.1	

Elaborado por: Kleddy Morán

4.3 Diseño Agronómico

Necesidades de agua

$$E_t = E_{to} * Kc = 3.21 * 1.1 = 3.53 \text{ mm/día}$$

$$dn = \frac{CC - PMP}{100} * D * \rho_a * Ur$$

$$dn = \frac{35 - 17}{100} * \left(100\text{cm} * \frac{10\text{mm}}{1\text{cm}}\right) * 1.03 * 40\% = 74.2 \text{ mm Lámina neta}$$

$$db = \frac{dn}{Ea} = \frac{74.2}{0.75} = 98.88 \text{ mm Lámina bruta}$$

Parámetros de riego

$$Fr = \frac{dn}{Et} = \frac{74.2}{3.53} = 21.02 \text{ días} \approx 21 \text{ días}$$

$$dn \text{ ajustada} = Fr * Et = 21 * 3.53 - 3 = 71.13 \text{ mm}$$

$$db \text{ ajustada} = \frac{dn}{Ea} = \frac{71.13}{0.75} = 94.84 \text{ mm}$$

4.4 Diseño Hidráulico

Aspersor: Senninger 5023 – 2 – 3/4" M Boquilla #16 x 8 (1/4 x 1/8") *Ilustración 9

$$Po = 2.76 \text{ bar} = 40 \text{ PSI}$$

$$q = 3020.76 \text{ Lt/Hr} = 13.3 \text{ gpm}$$

$$Dc = 33.87 \text{ m}$$

Marco de riego

$$Ea = 0.5 * Dc = 0.5 * 33.87 = 16.94 \text{ m} = 18 \text{ m}$$

$$El = 0.6 * Dc = 0.6 * 33.87 = 20.32 \text{ m} = 18 \text{ m}$$

$$I_{ap} = \frac{q}{Ea * El} = \frac{3020.76}{18 * 18} = 9.32 \frac{\text{mm}}{\text{hr}} \leq Ib = 12.57 \frac{\text{mm}}{\text{hr}}$$

Riego

$$tr = \frac{db}{I_{ap}} = \frac{94.84}{9.32} = 10.17 \text{ hr} \approx 10.20 \text{ hr}$$

$$to = 11 - 10.20 = 0.80 \text{ hr} = 48 \text{ min}$$

$$No. \frac{Riego}{día} = \frac{10}{10.20 + 0.80} = 0.9 \text{ riego/día}$$

No. Riego o Módulos = 0.9 riego/día * 6 días = 5 Módulos

Laterales de riego

$$N \text{ aspersores} = \frac{36.04}{18} = 2 \text{ aspersores}$$

$$Q = 3.021 \text{ m}^3/\text{hr} * 2 = 6 \text{ m}^3/\text{hr} = 26.6 \text{ gpm}$$

F2 = 0.639 De la Tabla 8

$$L = 2 * 18 = 36 \text{ m}$$

Pérdida Hr = 0.2 * 28.152 m = 5.63 m.c.a.

$$Hr = 1.131 * 10^9 * L * F * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} * d^{-4.872}$$

$$5.63 = 1.131 * 10^9 * 36 * 0.639 * \frac{6}{150}^{1.852} * d^{-4.872}$$

$$5.63 = \frac{67893533.59}{d^{4.872}}$$

D = 28.41 mm D comercial = 40 mm

Pt = 0.63 MPa Hr = 7.11 m V = 1.62 m/s *Datos del catálogo Anexo 15

$$he = 28.152 + \frac{3}{4} * 7.11 - 0.8 = 32.68 \text{ m. c. a.}$$

$$hd = 32.70 - 7.11 = 25.59 \text{ m. c. a.}$$

$$\Delta h = 28.152 - \frac{1}{4} * 7.11 + 0.8 = 27.175 \text{ m. c. a.}$$

Lateral

$$N = \frac{23.065}{18} = 1.28 = 1$$

$$Q = 1 * 3.021 = 3.0208 \text{ m}^3/\text{h} = 13.3 \text{ gpm}$$

$$L = 1 * 18 = 18 \text{ m}$$

$$F1 = 0.469 \text{ De la tabla 9}$$

$$\Delta h = 0.2 * 28.152 = 5.63 \text{ m.c.a.}$$

$$Hr = 1.131 * 10^9 * L * F * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} * d^{-4.872}$$

$$5.63 = 1.131 * 10^9 * 18 * 0.469 * \frac{3}{150}^{1.852} * d^{-4.872}$$

$$5.63 = \frac{6901807.618}{d^{4.872}}$$

$$D = 17.77 \text{ mm}$$

$$D \text{ comercial} = 32 \text{ mm}$$

$$Hr = 6.32 \text{ m.c.a.} \quad V = 1.31 \text{ m/s} * \text{Datos del catálogo Anexo 16}$$

$$Q = 3.02 \text{ m}^3/\text{h}$$

Principal

$$Qt = 1 * 3.021 * 2 * 2 = 12.083 \text{ m}^3/\text{h}$$

Caudal sub unidad Qs

$$Qs = 12.083 \text{ m}^3/\text{h} = 3.36 \text{ L/s}$$

$$\text{Tubería 75 mm} \quad hr = 1.03 \text{ m.c.a.} \quad V = 0.86 \text{ m/s} * \text{Datos del catálogo Anexo 17}$$

$$He = 28.152 + \frac{3}{4} * 6.32 - 0.8 = 32.092 \text{ m.c.a.}$$

$$Hd = 28.152 - \frac{1}{4} * 6.32 + 0.8 = 27.372 \text{ m.c.a.}$$

$$H \text{ bomba} = (Ho + hr * L * n)$$

$$H \text{ bomba} = 28.152 + 1.03 * 317.55 (0.65)$$

$$H \text{ bomba} = 240.75 \text{ m.c.a.}$$

$$Potencia \text{ de la bomba} = \frac{Q * P}{270 * r}$$

$$Potencia \text{ de la bomba} = \frac{12.083 * 240.75}{270 * 0.65} = 16.575 \text{ HP}$$

$$Potencia \text{ bomba} = 18 \text{ HP} = 13.423 \text{ Kw}$$

CAPÍTULO V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

Realizado el diseño agronómico usando los parámetros de riego necesarios y obtenidos previamente se determinó la frecuencia de riego cuyo resultado fue de 21 días, una lámina neta de 71.13 mm y una lámina bruta de 94.84 mm.

Al realizar el diseño hidráulico se constató que el diámetro tanto de la tubería principal como la secundaria debería ser de 75 mm con una pérdida de carga de 1.03 m.c.a. y una longitud 317.55 metros lineales, mientras que la lateral de riego es de 40 mm con una pérdida de carga de 7.11 m.c.a., las tuberías de los aspersores de 32 mm con una pérdida de carga de 6.32 m.c.a., y la bomba necesitaría una presión de 18 HP para su debido funcionamiento.

El diseño se realizó tomando en consideración que la Intensidad de aplicación debe ser menor o igual a la Infiltración básica, además las tuberías seleccionadas se constataron que cumplan con el requerimiento de cuya velocidad sea menor a 2 m/s para así evitar el desgaste de dichas tuberías.

Al realizar las visitas de campo y evaluación del sistema de riego usado se determinó y presencié la falta de mantenimiento del sistema de riego, por lo que parte de las tuberías son obsoletas.

5.2 Recomendaciones

Al tratarse de un sistema de riego para cultivo se recomienda realizar un análisis de calidad del agua, para determinar si hay salinidad presente.

Realizar una planta potabilizadora de ser necesario para que la captación de dicha agua sea de mejor calidad.

Realizar continuo mantenimiento al sistema de riego para evitar el daño o desgaste de las tuberías, además de evaluaciones periódicas para constatar el buen y óptimo funcionamiento del sistema.

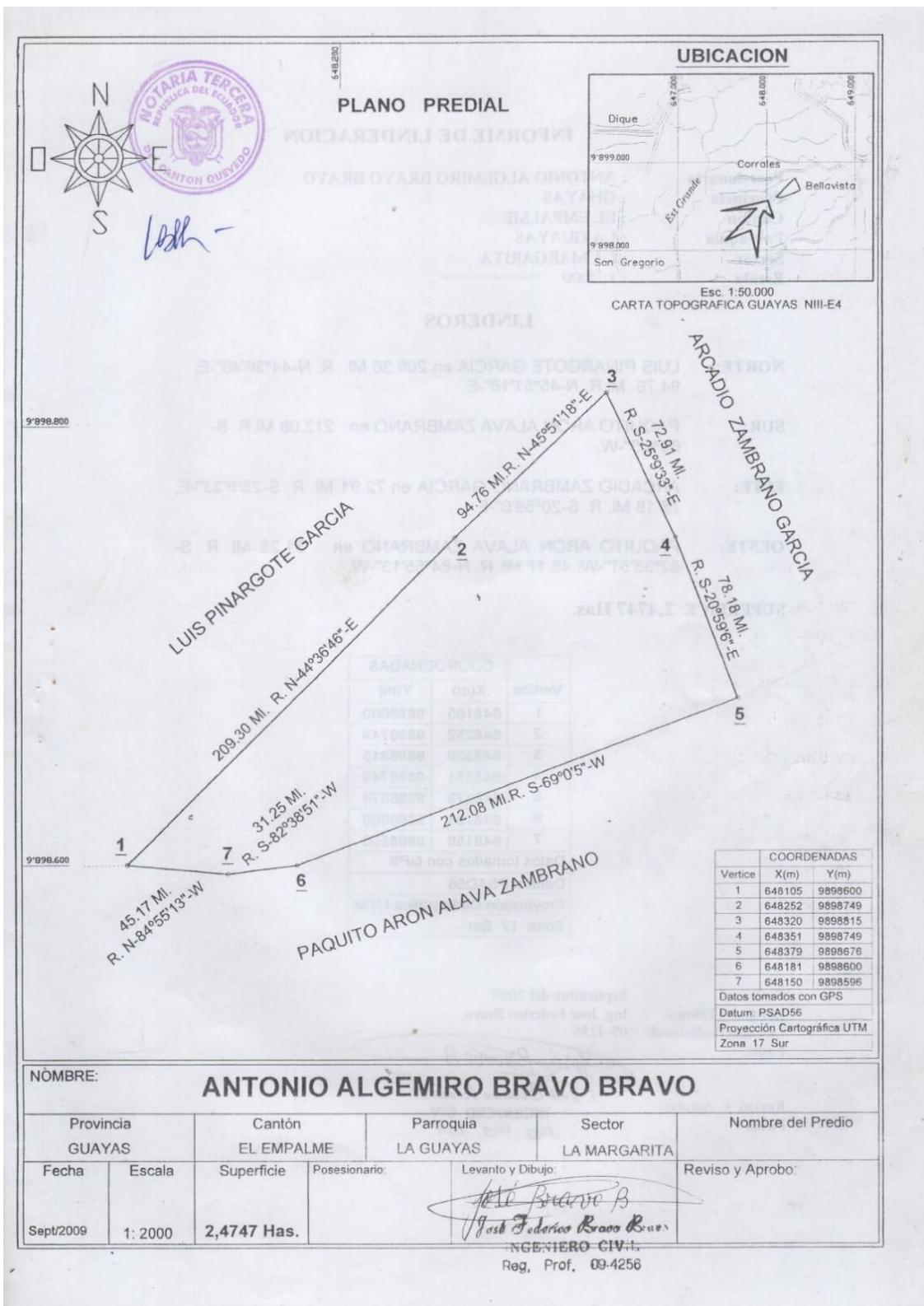
Bibliografía

- Alan Neill, D., & Cortéz Suárez, L. (2018). *Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica*. Machala, Ecuador: UTMACH.
- Arvelo Sánchez, M. Á., González León, D., Maroto Arce, S., Delgado López, T., & Montoya Rodríguez, P. (2017). *Manual Técnico del Cultivo de Cacao Prácticas Latinoamericanas*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Bravo, J. (Septiembre de 2009). Plano Predial. El Empalme, Guayas, Ecuador: Bravo, José.
- Briceño, M., Álvarez, F., & Barahona, U. (2012). *Manual de Riego y Drenaje*. El Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana.
- Cadena, V. H. (2016). *Hablemos de riego*. Quito: El Telégrafo.
- Caiza Changoluisa, A. M. (2017). *Diseño de un sistema de riego por aspersión, incorporando estructuras de tratamiento preventivo, con un manual de operación y mantenimiento, en la comunidad "El Galpón", cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Carrión Alocén, J. (2007). *Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego*. Honduras: Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA).
- CONADI. (2017). *Cómo determinar; cuánto y cuándo regar. Promoción, elaboración y evaluación de proyectos de riego para organizaciones y personas indígenas de la región de Atacama 2017*, 16.
- Guerrero, F., Basurto, F., Carchi, F., Chasiloa, S., Márquez, P., & Araujo, F. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial El Empalme 2015 - 2024*. EL Empalme: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal El Empalme.
- Ibarra Velásquez, A. (2019). *Análisis de la cadena de cacao en la provincia de los Ríos, Ecuador*. Los Ríos: Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana.
- Losada, A. (2005). *El Riego II. Fundamentos de su hidrología y de su práctica*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Martínez, F. J. (2001). *Introducción al Riego*. Valencia: Universidad Politécnica de València.
- Maxar Technologies. (19 de Agosto de 2019). *Google Earth*. Obtenido de Google Earth: https://earth.google.com/web/@-0.91935564,-79.6694897,82.97319848a,657.22817941d,35y,7.24797851h,1.51108226t,35.9.99999885r?utm_source=earth7&utm_campaign=vine&hl=es-419
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2014). *Manual de Riego Parcelario. Hombro a Hombro*, 5-6.

- Monterroso, H., Chang, M., Calderón, J., & Montejó, V. (2019). *Evaluación de calidad de riego de aspersores de mediana presión y estrategia para mejorar su operación*. Guatemala: Cengicaña.
- NAANDANJAIN Irrigation. (2011). *Catálogo NAANDANJAIN*. NAANDANJAIN .
- Nasimba Loya, J. A. (2017). *Evaluación y rediseño del sistema de agua potable entre el parque central de Cotogchoa y la cooperativa Eloy Alfaro, cantón Rumiñahui*. Sangolquí.
- Ortiz Calle, R., Pazmiño Mayorga, J., & Chile Asimbaya, M. (2021). *Eficiencias en el sistema de riego Tumbaco, Ecuador*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- PLASTIGAMA. (2015). *Catálogo Agrícola*. Ecuador: Mexichem.
- Senninger Irrigation Inc. (3 de Octubre de 2015). *SlideShare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/raulyv/catalogo-senningerespaol-53495182>
- Soto, J. (2002). *Manual para el diseño y gestión de pequeños sistemas de riego por aspersión en laderas*. Cusco: MASAL.
- United States Department of Agriculture. (s.f.). *Natural Resources Conservation Service*. Obtenido de <https://www.nrcs.usda.gov/>

Anexos

Anexo 1: Plano predial de la Finca La Alexandra



INFORME DE LINDERACION

Poseionario : ANTONIO ALGEMIRO BRAVO BRAVO
Provincia : GUAYAS
Cantón : EL EMPALME
Parroquia : LA GUAYAS
Sector : LA MARGARITA
Escala : 1: 2000

LINDEROS

NORTE: LUIS PINARGOTE GARCIA en 209.30 MI. R. N-44°36'46"-E;
94.76 MI. R. N-45°51'18"-E.

SUR: PAQUITO ARON ALAVA ZAMBRANO en 212.08 MI. R. S-
69°0'5"-W.

ESTE: ARCADIO ZAMBRANO GARCIA en 72.91 MI. R. S-25°9'33"-E;
78.18 MI. R. S-20°59'6"-E.

OESTE: PAQUITO ARON ALAVA ZAMBRANO en 31.25 MI. R. S-
82°38'51"-W; 45.17 MI. R. N-84°55'13"-W.

SUPERFICE: 2,4747 Has.

COORDENADAS		
Vertice	X(m)	Y(m)
1	648105	9898600
2	648252	9898749
3	648320	9898815
4	648351	9898749
5	648379	9898676
6	648181	9898600
7	648150	9898596
Datos tomados con GPS		
Datum: PSAD56		
Proyección Cartográfica UTM		
Zona 17 Sur		

Fecha: Septiembre del 2009
Levantó y Dibujo: Ing. José Federico Bravo
Licencia Profesional: 09-4256
Firma:

Revisó y Aprobó:
Firma

José Federico Bravo
INGENIERO CIV.
Reg. Prof. 09.4

Anexo 2: Ensayo para determinar la textura del suelo – Muestra 1

FREDY BANEGAS BUSTAMANTE

ING. CIVIL REG. PROF. 09-5230
URBANOR MZ L1 - V. 38; TELF: 042315971 - 0994340172



PROYECTO: Finca "La Alexandra" FECHA: 15/8/2022
MUESTRA: 1
DESCRIPCION DEL MATERIAL: Suelo arcilloso color café oscuro

ALTURA DE LA MEZCLA EN EL VASO = 22 cm
PESO SECO INICIAL = 100 gr
PESO SECO FINAL (SEDIMENTADO) = 57.6 gr
PESO DEL SUELO SINFONEADO = 42.4 gr

TAMIZ	PESO PARCIAL	RETENIDO	MATERIAL
N° 10	0	0.0%	GRAVILLA
N°60	0.77	0.8%	ARENA GRUESA
N°200	24.04	24.0%	ARENA FINA
FONDO	32.79	32.8%	LIMO
TOTAL SEDIMENTADO	57.6		
SINFONEADO	42.4	42.4%	ARCILLA
TOTAL INICIAL	100		

Rafael Andrade
OPERADOR:

Kleddy Moran

REALIZADO POR:

Fredy H. Banegas B.
ING. CIVIL 09-5230
REG. PROF: 09 - 5230

VERIFICADO POR:

ING. FREDY BANEGAS B.
REG. PROF: 09 - 5230

Anexo 3: Ensayo para determinar la textura del suelo – Muestra 2

FREDY BANEGAS BUSTAMANTE

ING. CIVIL REG. PROF. 09-5230

URBANOR MZ L1 - V. 38; TELF: 042315971 - 0994340172



PROYECTO: Finca "La Alexandra" FECHA: 15/8/2022
MUESTRA: 2
DESCRIPCION DEL MATERIAL: Suelo arcilloso color café oscuro

ALTURA DE LA MEZCLA EN EL VASO = 22 cm
PESO SECO INICIAL = 100 gr
PESO SECO FINAL (SEDIMENTADO) = 58.1 gr
PESO DEL SUELO SINFONEADO = 41.9 gr

TAMIZ	PESO PARCIAL	RETENIDO	MATERIAL
N° 10	0	0.0%	GRAVILLA
N°60	2.9	2.9%	ARENA GRUESA
N°200	25.92	25.9%	ARENA FINA
FONDO	29.28	29.3%	LIMO
TOTAL SEDIMENTADO	58.1		
SINFONEADO	41.9	41.9%	ARCILLA
TOTAL INICIAL	100		

Rafael Andrade
OPERADOR:

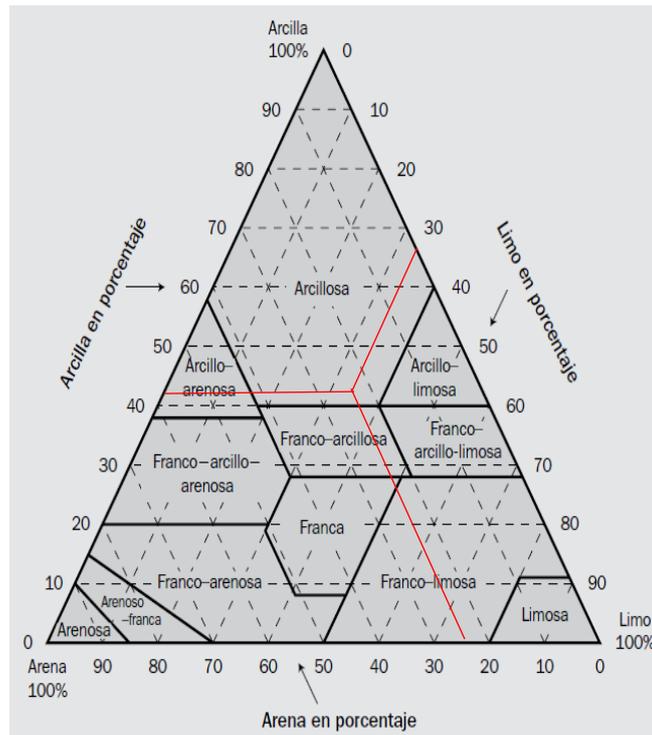
Kleddy Moran
REALIZADO POR:

Fredy H. Banegas B.
ING. CIVIL REG. PROF. 09-5230
ING. FREDY BANEGAS B.
REG. PROF: 09 - 5230

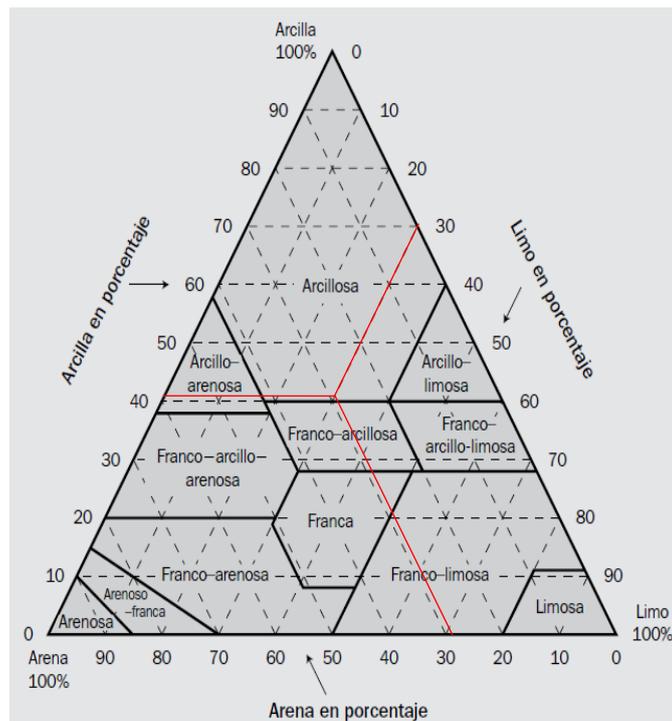
VERIFICADO POR:

ING. FREDY BANEGAS B.
REG. PROF: 09 - 5230

Anexo 4: Triángulo textural para la Muestra 1



Anexo 5: Triángulo textural para la Muestra 2



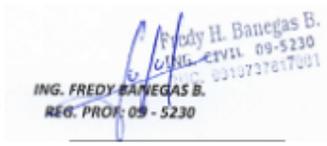
Anexo 6: Realización del sifoneado de la Muestra 1 y 2



Anexo 7: Obtención del peso seco de las muestras para determinar la *da*



Anexo 8: Ensayo para determinar de la densidad aparente (da)

FREDY BANEGAS BUSTAMANTE						
ING. CIVIL REG. PROF. 09-5230 URBANOR MZ L1 - V. 38; TELF: 042315971 - 0994340172						
DENSIDAD APARENTE						
PROYECTO: Finca "La Alexandra" PERFORACIÓN: 1 - 3			FECHA: 15/8/2022 MUESTRA: 1, 2, 3			
MUESTRA N°	1	2	3			
RECIPIENTE N°	65	H-3	N-4			
PESO EN gr	RECIPIENTE + PESO HUMEDO	488.5	539	502		
	RECIPIENTE + PESO SECO	382	429.5	406.5		
	AGUA	106.5	109.5	95.5		
	PESO DEL RECIPIENTE	30	59	59.2		
	PESO SECO	352	370.5	347.3		
CONTENIDO DE AGUA		30.26	29.55	27.50		
		29.10				
$\rho_{ah} = \frac{Ms}{Vt} = \frac{356.6}{347.5} = 1.03 \text{ g/cm}^3$ $Vt = \pi * r^2 * h = 347.5 \text{ cm}^3$						
Observaciones:						
<u>Rafael Andrade</u> OPERADOR:			 REALIZADO POR:			
 VERIFICADO POR:						
ING. FREDY BANEGAS B. REG. PROF: 09 - 5230						

Anexo 9: Selección de la estación cercana en el programa CLIMWAT

CLIMWAT 2.0 - Local Station Distribution

Exit Export New Location Stations Display Zoom In Zoom Out Export Selected Stations Colors Disclaimer About

21	-78,53	-0,21	2818	QUITO-OBSERVATOR	ECUADO
22	-78,5	-0,2	2870	QUITO-UNIVERSIDA	ECUADO
23	-78,26	0,23	2856	OTAVALO	ECUADO
24	-78,5	-0,4	2725	UVUMBICO	ECUADO
25	-78,55	-0,36	3058	IZOBAMBA-SANTA-CATALINA	ECUADO
26	-79,35	0,3	300	LA-CONCORDIA	ECUADO
27	-89,55	-0,9	250	EL-PROGRESO-(GAL.)	ECUADO
28	-89,6	-0,9	6	SAN-CRISTOBAL-(GALAPAGOS)	ECUADO
29	-79,36	-0,55	260	PUERTO-ILA	ECUADO
30	-79,63	0,96	8	ESMERALDAS-TACHINA	ECUADO
31	-79,2	-0,93	223	SAN-JUAN-LA-MANA	ECUADO
32	-79,2	-0,25	660	STO.-DGO.-DE-LOS-COLORAD	ECUADO
33	-80,43	-1,03	44	PORTO-VIEJO-GRANJA	ECUADO
34	-77,95	-1,5	950	EL-FUYO	ECUADO
35	-77,9	-1,85	970	SANGAY	ECUADO
36	-78,4	-1,4	1843	BANOS	ECUADO
37	-78,56	-1,2	2530	AMBATO-CHACHOAN	ECUADO
38	-78,55	-1,15	2805	PILLARO	ECUADO
39	-78,38	-1,06	3615	PISAYAMBO	ECUADO
40	-78,5	-1,3	2360	PATATE	ECUADO
41	-78,66	-1,63	2796	RIOBAMBA-CHIMBORAZO	ECUADO
42	-78,85	1,26	40	SAN-LORENZO	ECUADO
43	-78,96	-1,61	2600	SAN-SIMON	ECUADO
44	-79,53	-1,8	7	BABAHYO-I. MARIA	ECUADO
45	-79,7	-1,15	40	BALZAR-C. ROBUSTA	ECUADO
46	-79,95	-1,85	20	DAULE	ECUADO
47	-79,46	-1,1	73	PICHILINGUE	ECUADO
48	-79,55	-1,8	7	ISABEL-MARIA	ECUADO
49	-80,98	-2,2	8	SALINAS-GENERAL-ULPIANO-	ECUADO
50	-77,5	-2,38	510	TAISHA	ECUADO
51	-79,95	-2,85	2562	CUENCA-RICAUERTE	ECUADO
52	-78,93	-2,55	3140	CANAR	ECUADO
53	-78,16	-2,48	910	SUCUA	ECUADO

Anexo 10: Determinación de la ETo por el programa CROPWAT

ETo Penman-Monteith Mensual - C:\Program Files (x86)\CROPWAT\BALZAR-C_ROBUSTA.pen

País Estación

Altitud m. Latitud °S Longitud °W

Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/día	horas	MJ/m²/día	mm/día
Enero	21.4	30.2	81	130	2.9	13.5	3.18
Febrero	22.0	30.6	82	138	3.3	14.6	3.37
Marzo	22.4	31.4	85	147	3.5	15.0	3.46
Abril	22.4	31.1	83	121	4.1	15.4	3.47
Mayo	21.9	30.8	84	104	3.2	13.2	3.02
Junio	20.8	28.7	84	112	2.5	11.6	2.65
Julio	20.0	28.6	84	121	2.4	11.8	2.66
Agosto	20.0	29.6	79	138	3.2	13.5	3.19
Septiembre	20.0	30.3	77	147	3.1	14.1	3.43
Octubre	20.4	30.0	78	164	2.3	12.9	3.32
Noviembre	20.0	30.1	76	156	2.8	13.4	3.40
Diciembre	21.1	30.7	77	147	2.8	13.2	3.34
Promedio	21.0	30.2	81	135	3.0	13.5	3.21

Anexo 11: Tuberías y obra de toma del sistema de riego actual



Anexo 12: Determinación de la I_b por medio del ensayo de doble anillo



Anexo 13: Ensayo para determinar la Infiltración Básica – Muestra 1

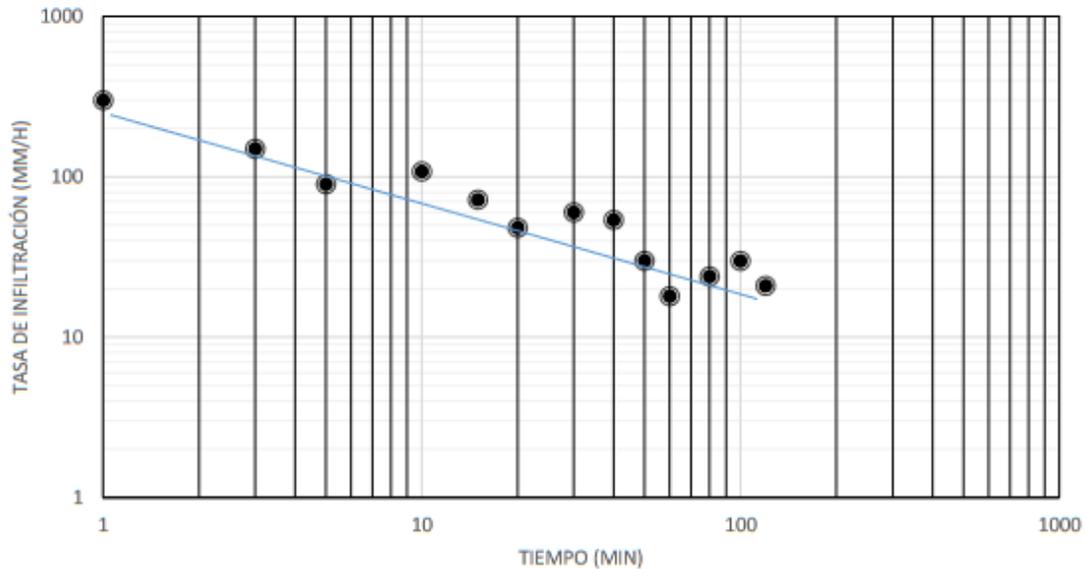
FREDY BANEGAS BUSTAMANTE					
<small>ING. CIVIL REG. PROF. 09-5230 URBANOR MZ L1 - V. 38; TELF: 042315971 - 0994340172</small>					
INFILTRACIÓN BÁSICA					
PROYECTO: <u>Finca "La Alexandra"</u>			FECHA: <u>15/8/2022</u>		
MUESTRA: <u>1</u>					
Hora	Tiempo		Lámina de agua (mm)		Tasa de infiltración (mm/h)
	Diferencia (min)	Acumulado (min)	Lectura	Diferencia	
16:34			138		
	1	1		5	300
16:35			133		
	2	3		5	150
16:37			128		
	2	5		3	90
16:39			125		
	5	10		9	108
16:44			116		
	5	15		6	72
16:49			110		
	5	20		4	48
16:54			106		
	10	30		10	60
17:04			96		
	10	40		9	54
17:14			87		
Rellenado			144		
	10	50		5	30
17:24			139		
	10	60		3	18
17:34			136		
	20	80		8	24
17:54			128		
	20	100		10	30
18:14			118		
	20	120		7	21
18:34			111		

FREDY BANEGAS BUSTAMANTE

ING. CIVIL REG. PROF. 09-5230
URBANOR MZ L1 - V. 38; TELF: 042315971 - 0994340172



Interpretación gráfica de las lecturas de la infiltración.



$$K = 250$$

$$n = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{4.4}{7.7} = -0.57$$

$$Ib = K * (-600 * n)^n$$

$$Ib = 250 * (-600 * (-0.57))^{-0.57}$$

$$Ib = 8.99 \text{ mm/h}$$

Keddy Moran

REALIZADO POR:

Fredy H. Banegas B.
ING. FREDY BANEGAS B.
REG. PROF: 09 - 5230

VERIFICADO POR:

ING. FREDY BANEGAS B.
REG. PROF: 09 - 5230

Anexo 14: Ensayo para determinar la Infiltración Básica – Muestra 2

FREDY BANEGAS BUSTAMANTE

ING. CIVIL REG. PROF. 09-5230
URBANOR MZ L1 - V. 38; TELF: 042315971 - 0994340172



INFILTRACIÓN BÁSICA

PROYECTO: Finca "La Alexandra"
MUESTRA: 2

FECHA: 15/8/2022

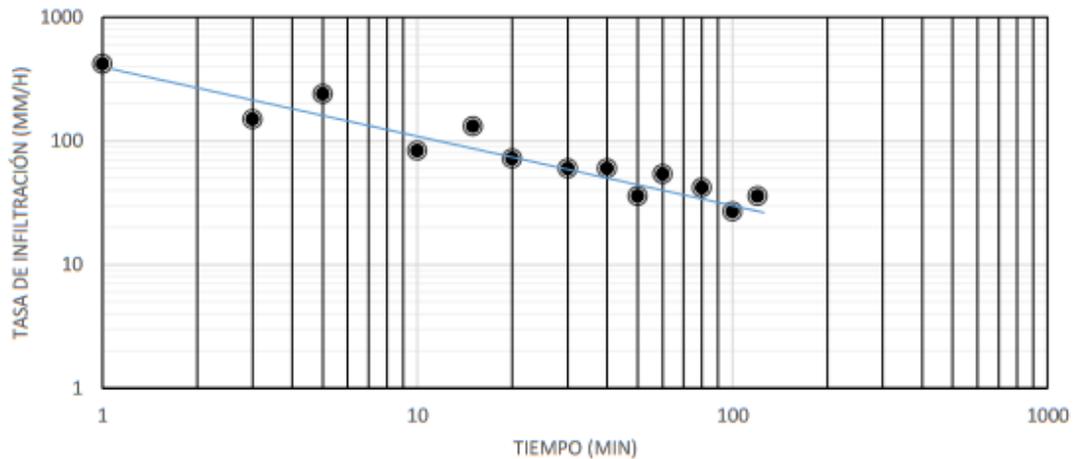
Hora	Tiempo		Lámina de agua (mm)		Tasa de infiltración (mm/h)
	Diferencia (min)	Acumulado (min)	Lectura	Diferencia	
15:30			142		
	1	1		7	420
15:31			135		
	2	3		5	150
15:33			130		
	2	5		8	240
15:35			122		
	5	10		7	84
15:40			115		
	5	15		11	132
15:45			104		
	5	20		6	72
15:50			98		
	10	30		10	60
16:00			88		
	10	40		10	60
16:10			78		
Rellenado			146		
	10	50		6	36
16:20			140		
	10	60		9	54
16:30			131		
	20	80		14	42
16:50			117		
	20	100		9	27
17:10			108		
	20	120		12	36
17:30			96		

FREDY BANEGAS BUSTAMANTE

ING. CIVIL REG. PROF. 09-5230
URBANOR MZ L1 - V. 38; TELF: 042315971 - 0994340172



Interpretación gráfica de las lecturas de la infiltración.



$$K = 320$$

$$n = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{4.5}{8.7} = -0.52$$

$$Ib = K * (-600 * n)^n$$

$$Ib = 320 * (-600 * (-0.52))^{-0.52}$$

$$Ib = 16.15 \text{ mm/h}$$

Promedio de Ib = 12.57 mm/h

Kreddy Moran

REALIZADO POR:

Fredy H. Banegas B.
ING. FREDY BANEGAS B.
REG. PROF: 09 - 5230

VERIFICADO POR:

ING. FREDY BANEGAS B.
REG. PROF: 09 - 5230

Anexo 15: Datos de presión de trabajo, pérdida y velocidad

Diámetro Nominal (mm)		Diámetro Interior	Espesor Nominal	
UNIÓN U/Z	UNIÓN E/C	mm	mm	MPa
	20	17,6	1,2	1,25
		17,4	1,3	1,60
		17,0	1,5	2,00
	25	22,6	1,2	1,00
		22,4	1,3	1,25
		22,0	1,5	1,60
	32	29,6	1,2	0,80
		29,4	1,3	1,00
		29,0	1,5	1,25
	40	37,6	1,2	0,63
		37,4	1,3	0,80
		37,0	1,5	1,00
		36,2	1,9	1,25

D. Nominal (mm)		20		25		32		40	
Caudal		Pc	V	Pc	V	Pc	V	Pc	V
lps	gpm								
0,01	0,2	0,02	0,04						
0,02	0,3	0,07	0,08	0,02	0,05				
0,04	0,6	0,25	0,16	0,07	0,10				
0,06	1,0	0,53	0,25	0,16	0,15				
0,08	1,3	0,90	0,33	0,27	0,20				
0,10	1,6	1,36	0,41	0,40	0,25				
0,20	3,2	4,90	0,82	1,45	0,50	0,39	0,29		
0,30	4,8	10,39	1,23	3,07	0,75	0,83	0,44		
0,40	6,3	17,70	1,64	5,24	1,00	1,41	0,58		
0,50	7,9	26,75	2,06	7,92	1,25	2,13	0,73	0,66	0,45
0,60	9,5	37,50	2,47	11,10	1,50	2,98	0,87	0,93	0,54
0,70	11,1	49,89	2,88	14,76	1,74	3,97	1,02	1,24	0,63
0,80	12,7			18,90	1,99	5,08	1,16	1,58	0,72
0,90	14,3			23,51	2,24	6,32	1,31	1,97	0,81
1,00	15,9			28,58	2,49	7,68	1,45	2,40	0,90
1,20	19,0			40,06	2,99	10,76	1,74	3,36	1,08
1,40	22,2					14,32	2,03	4,47	1,26
1,60	25,4					18,34	2,33	5,72	1,44
1,80	28,5					22,81	2,62	7,11	1,62

Fuente: Catálogo PLASTIGAMA

Anexo 16: Datos de velocidad y pérdidas de carga de la lateral de riego

D. Nominal (mm)		20		25		32	
Caudal		Pc	V	Pc	V	Pc	V
lps	gpm						
0,01	0,2	0,02	0,04				
0,02	0,3	0,07	0,08	0,02	0,05		
0,04	0,6	0,25	0,16	0,07	0,10		
0,06	1,0	0,53	0,25	0,16	0,15		
0,08	1,3	0,90	0,33	0,27	0,20		
0,10	1,6	1,36	0,41	0,40	0,25		
0,20	3,2	4,90	0,82	1,45	0,50	0,39	0,29
0,30	4,8	10,39	1,23	3,07	0,75	0,83	0,44
0,40	6,3	17,70	1,64	5,24	1,00	1,41	0,58
0,50	7,9	26,75	2,06	7,92	1,25	2,13	0,73
0,60	9,5	37,50	2,47	11,10	1,50	2,98	0,87
0,70	11,1	49,89	2,88	14,76	1,74	3,97	1,02
0,80	12,7			18,90	1,99	5,08	1,16
0,90	14,3			23,51	2,24	6,32	1,31

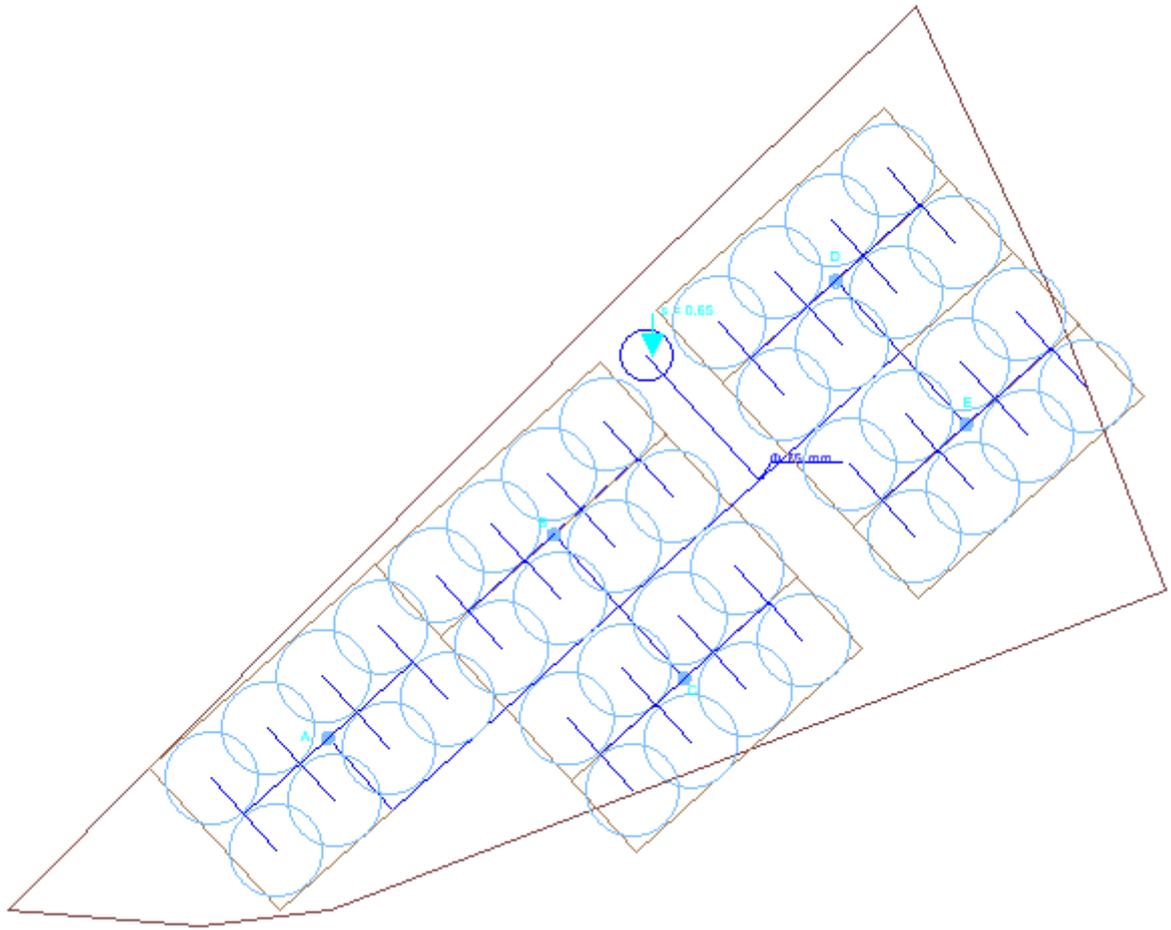
Fuente: Catálogo PLASTIGAMA

Anexo 17: Datos de pérdida de carga y velocidad de la tubería principal

D. Nominal (mm)		75	
Caudal		Pc	V
lps	gpm		
3,0	48	0,77	0,74
3,5	55	1,03	0,86

Fuente: Catálogo PLASTIGAMA

Anexo 18: Diseño propuesto para la finca “La Alexandra”



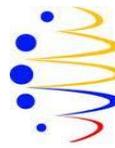
Elaborado por: Kleddy Morán



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT

SECRETARÍA NACIONAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR,
CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: Evaluación del Sistema de Riego por Aspersión de la Finca La Alexandra del Sector La Margarita – El Empalme, Guayas.	
AUTOR/ES: Kleddy Melanie Morán Pinargote	TUTOR: Ing. Christian Almendáriz Rodríguez, M.Sc
	REVISORES: Ing. Gustavo Ramírez Zambrano, M.Sc
INSTITUCIÓN: Universidad de Guayaquil	FACULTAD: Ciencias Matemáticas y Físicas
CARRERA: Ingeniería Civil	
FECHA DE PUBLICACIÓN: Octubre 2022	No. DE PÁGS: 35
TÍTULO OBTENIDO: Ingeniero Civil	
ÁREAS TEMÁTICAS: Hidráulica, Sistema de Riego por Aspersión	
PALABRAS CLAVE: RIEGO, ASPERSORES, DISEÑO, AGRONÓMICO, HIDRÁULICO.	
RESUMEN: En el presente trabajo de titulación se realizó la evaluación del sistema de riego por aspersión presente en la finca conocida como “La Alexandra” ubicada en la ciudad El Empalme en la provincia del Guayas, en la cual una vez determinado los problemas que presenta el diseño se propuso un prediseño para cubrir la demanda y las necesidades del cultivo, que consta del diseño agronómico e hidráulico. Dicho diseño se basa en las recomendaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (ONUAA más conocida como la FAO) y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).	
No. DE REGISTRO (en base de datos):	No. DE CLASIFICACIÓN:
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0979768890 E-mail: kleddy.moranp@ug.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Secretaría General
	Teléfono: 2-283348
	E-mail: fmatematicas@ug.edu.ec