



Neiva, 6 de junio de 2023

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Tito Hernando Pisso Suarez, con C.C. No. 1082155492

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o _____

Titulado Diagnóstico de un sistema de riego localizado para el cultivo de melón de la finca rancho Tepeyac, en la vereda Sartenejo, en el municipio de Grzón

presentado y aprobado en el año 2023 como requisito para optar al título de Ingeniero Agrícola.



Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA					
	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS					
DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA 1 de 4

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Diagnóstico de un sistema de riego localizado para el cultivo de melón de la finca rancho Tepeyac, en la vereda sartenejo, en el municipio de Garzón

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
PISSO SUAREZ	TITO HERNANDO

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
VARGAS HOYOS	JHON JAIRO

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO AGRICOLA

FACULTAD: INGENIERIA

PROGRAMA O POSGRADO: AGRICOLA

CIUDAD: GARZON

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2023



NÚMERO DE PÁGINAS: 72

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas ___ Fotografías X Grabaciones en discos ___ Ilustraciones en general ___ Grabados
 Láminas ___ Litografías ___ Mapas ___ Música impresa ___ Planos ___ Retratos ___ Sin ilustraciones
 Tablas o Cuadros X

Vigilada mieducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA					
	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS					
DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA 1 de 4

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento: WORD

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. <u>Balance Hídrico</u>	<u>Water balance</u>
2. <u>Diagnóstico</u>	<u>Diagnosis</u>
3. <u>Distribución</u>	<u>Distribution</u>
4. <u>Uniformidad</u>	<u>Uniformity</u>

RESUMEN DEL CONTENIDO:

El desarrollo del diagnóstico permite definir cómo y dónde intervenir para obtener mejores resultados disminuyendo los riesgos encontrados y optimizando los recursos.

Para la realización de este proyecto, se llevó a cabo la revisión del estado operacional y descripción de las unidades que conforman el sistema de riego por goteo implementado en 3.2 hectáreas de melón en la finca rancho Tepeyac, vereda Sartenejo, municipio de Garzon del HuiLa.

La fuente de agua es superficial donde se bombea al sistema de conducción y distribución. Los estudios técnicos se realizaron teniendo en cuenta el balance hídrico. Cada dosis de entrada fue verificada a través de la capacidad con el método volumétrico. Asimismo, se realizó una medición de la uniformidad del riego utilizando la teoría de Merrian y Keller, 1978.

Por último, el sistema de riego en objeto de estudio no cumple satisfactoriamente con el diagnóstico realizado para operar en excelentes condiciones



ABSTRACT:

The development of the diagnosis allows to define how and where to intervene to get better results reducing the risks found and optimizing resources.

for the realization of this project, it carried out the review of operational status and the description of the units that shape the irrigation system implemented in 3.2 hectares of melon at the rancho Tepeyac farm, Sartenejo village, Garzon municipality, Huila department.

The water source is superficial, where it is pumped to the conduction and distribution system in order to establish the water requirements of the crop. Technical studies were carried out taking into account water balance, each entrance irrigation dose was verified through the capacity with the volumetric method. Also, a measurement of irrigation uniformity was carried out using the theory of Merriam and Keller, 1978.

Finally, the irrigation system in study object does not full fill satisfactorily with the diagnosis made to operate in excellent conditions.

Nombre Jurado: JOHN JAIRO ARÉVALO HERNÁNDEZ

Firma:

Nombre Jurado: MARLIO BEDOYA CARDOSO

Firma:

**DIAGNÓSTICO DE UN SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO PARA EL CULTIVO
DE MELÓN DE LA FINCA RANCHO TEPEYAC, EN LA VEREDA SARTENEJO,
EN EL MUNICIPIO DE GARZÓN**

TITO HERNANDO PISSO SUAREZ

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
GARZÓN HUILA
2022

**DIAGNÓSTICO DE UN SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO PARA EL CULTIVO
DE MELÓN DE LA FINCA RANCHO TEPEYAC, EN LA VEREDA SARTENEJO,
EN EL MUNICIPIO DE GARZÓN**

Tito Hernando Pisso Suarez
CÓDIGO: 20131119568

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrícola

Director
Jhon Jairo Vargas Hoyos
Ing. Agrícola

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
GARZÓN HUILA
2022

Tabla de contenido

Tabla de contenido	3
RESUMEN	9
ABSTRACT	11
1. Introducción	13
1.1. Justificación	14
1.2. Antecedentes	15
1.3. Planteamiento del problema	16
1.4. Objetivos	18
1.4.1. Objetivo general	18
1.4.2. Objetivos específicos	18
2. Marco teórico	18
2.1. El agua como recurso	18
2.2. Riego	19
2.3. Sistemas de riego	¡Error! Marcador no definido.
2.4. Riego localizado	20
2.5. Riego por goteo	21
2.5.1. Componentes del sistema de riego por goteo	22
2.6. Coeficiente de uniformidad	29
3. Metodología	30



	4
3.1. Localización del área de estudio	30
3.2. Área de estudio y tipo de riego.....	30
3.3. Identificación de la infraestructura del sistema de riego implementado en el cultivo de melón.....	31
3.3.1. Fuente de abastecimiento de agua	31
3.3.2. Cabezal de riego	33
3.4. Cálculo de la demanda de agua aplicada al cultivo de melón.....	38
3.5. Determinación de la cantidad de agua requerida para el riego del cultivo de melón	39
3.6. Cálculo del grado de eficiencia de aplicación del riego	40
3.7. Determinación de la uniformidad de aplicación del sistema de riego.....	41
4. Resultados	42
4.1. Fuente de abastecimiento de agua	42
4.2. Equipo de bombeo.....	43
4.3. Equipo de filtrado	47
4.4. Unidad de fertirrigación.....	48
4.5. Sectores de riego.....	48
4.6. Medición de caudales y toma de presiones	50

4.7. Obtención de información secundaria sobre sistemas de riego localizado en cultivo de melón.....	51
4.8. Cálculo de la demanda de agua aplicada.....	55
4.9. Determinación de la cantidad de agua requerida para el riego del cultivo de melón	56
4.10. Calculo del grado de eficiencia de aplicación del riego	58
Conclusiones	63
Recomendaciones.....	64
Anexo fotográfico	65
Literatura citada	68

Lista de tablas

Tabla 1. Causas de las obturaciones.....	27
Tabla 2. Clasificación de emisores.....	28
Tabla 3. Indicadores del desempeño de sistemas de riego presurizado.	29
Tabla 4. Tiempos de Aforo.	42
Tabla 5. Parámetros de diseño equipo de bombeo.	43
Tabla 6. Pérdidas por fricción en cabezal de riego.	46
Tabla 7. Pérdidas de energía en sistema de fertilización.....	48
Tabla 8. Aforo de presiones y caudales.....	50
Tabla 9. Periodo de crecimiento del cultivo.....	53
Tabla 10. Valores de Kc para melón según periodo de crecimiento.....	53
Tabla 11. Valores Decadal (Kc) cultivo de melón.	54
Tabla 12. Valores ETP - KC para cultivo de melón.....	55
Tabla 13. Valores ETP y precipitación.	56
Tabla 14. Parámetros hidrodinámicos del suelo.....	56
Tabla 15. Resultados del promedio de los volúmenes del lateral.	60
Tabla 16. Relación caudal- presión cinta de riego.	61

Lista de figuras

Figura 1. Características de un buen emisor.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2. Medidas necesarias para determinar el área de un canal.	32
Figura 3. Curva característica de la motobomba Vs Curva de funcionamiento por sector... ..	44
Figura 4. Pérdidas por fricción en accesorios.	46
Figura 5. Componentes cabezal de riego	47
Figura 6. Climatograma, Garzón, Huila.....	52
Figura 7. Coeficiente del cultivo para melón.	54
Figura 8. Curva relación caudal - presión.	61

Lista de anexos

Anexo 1. Fuente de abastecimiento de agua.....	65
Anexo 2. Aforo fuente de abastecimiento método del flotador.....	65
Anexo 3. Cabezal de riego.....	65
Anexo 4. Aforo tubería secundaria, método volumétrico.....	65
Anexo 5. Aforo de tubería secundaria, método volumétrico.....	66
Anexo 6. Daño en tubería secundaria.....	66
Anexo 7. Daño en cinta de riego.....	66
Anexo 8. Instrumentos aforo lateral de riego.....	67
Anexo 9. Aforo lateral de riego.....	67

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Ubicación de la Finca Rancho Tepeyac, Vereda Sartenejo, Garzón - Huila....	30
Ilustración 2. Sectorización 3.2 Hectáreas cultivo de melón.....	49
Ilustración 3. Disposición lateral de riego.....	50

RESUMEN

El diagnóstico de un sistema de riego es un proceso que se realiza con el fin de solucionar un problema. El desarrollo del diagnóstico permite definir cómo y dónde intervenir para obtener mejores resultados disminuyendo los riesgos encontrados y optimizando los recursos. Para la realización de este trabajo, se llevó a cabo la revisión de estado operacional y descripción de las unidades que conforman el sistema de riego por goteo implementado en 3.2 hectáreas de melón en la Finca Rancho Tepeyac, Vereda Sartenejo, Municipio de Garzón, Departamento del Huila. La fuente de agua utilizada es superficial y proviene de una derivación de la quebrada Majo, ingresando a nuestro cabezal de riego con un caudal de 173. 618lt/s donde se bombea al sistema de conducción y distribución. Con el fin de establecer los requerimientos de agua del cultivo se elaboró un Balance Hídrico Decadal, posteriormente se verificó la dosis de riego entregada a cada sector mediante el aforo con el método volumétrico haciendo uso de un recipiente calibrado, un manómetro y un cronómetro, se realizó también una medición de la uniformidad del riego mediante la teoría de Merrian y Keller, 1978 para determinar si los caudales y presiones son uniformes, encontrando una medición del 95% el cual nos indica que coeficiente se mantuvo dentro de las precisiones que maneja la cinta implementada evidenciando una correcta aplicación y distribución del agua en el área bajo riego. Así mismo, midió la eficiencia del sistema para cuantificar el agua disponible para la planta, donde se obtuvo como resultado que, del agua aplicada, el 80% queda almacenada para su aprovechamiento. El resultado obtenido a partir de la información recolectada en campo es una mejora en la calidad del fruto y su rendimiento a causa del asesoramiento y tecnificación del sistema de riego en el cultivo. Se demuestra que la introducción de procedimientos técnicos en actividades agrarias permite la

obtención de muchos beneficios para la producción agrícola en el departamento del Huila, demostrando e incentivando a los diferentes productores para que inicien su proceso de tecnificación como salida a los problemas que se están presentando por la racionalización del líquido además de obtener mejores rendimientos en sus cosechas.

Palabras clave: Alta frecuencia, localizado, melón, diagnóstico, balance hídrico

ABSTRACT

The diagnosis of an irrigation system is a process carried out in order to solve a problem. The development of the diagnosis allows defining how and where to intervene in order to obtain better results, reducing the risks encountered and optimizing resources. In order to carry out this work, a review and description of the units that make up the drip irrigation system implemented in 3.2 hectares of melon in the Rancho Tepeyac Farm, Vereda Sartenejo, Municipality of Garzón, Department of Huila, was carried out. The water source used is superficial and comes from a derivation of the Majo stream, entering our irrigation head with a flow of 173. 618lt/s where it is pumped to the conduction and distribution system. In order to establish the water requirements of the crop, a Decadal Water Balance was elaborated, then the irrigation dose delivered to each sector was verified by gauging with the volumetric method using a calibrated container, a manometer and a chronometer, A measurement of irrigation uniformity was also made using the theory of Merrian and Keller, 1978 to determine if the flow rates and pressures are uniform, finding a measurement of 95%, which indicates that the coefficient was maintained within the precision of the tape implemented, evidencing a correct application and distribution of water in the area under irrigation. It also measured the efficiency of the system to quantify the water available for the plant, where it was obtained as a result that 80% of the water applied is stored for its use. The result obtained from the information collected in the field is an improvement in the quality of the fruit and its yield as a result of the advice and technification of the irrigation system in the crop. It is demonstrated that the introduction of technical procedures in agricultural activities allows obtaining many benefits for agricultural production in the

department of Huila, demonstrating and encouraging the different producers to initiate the process of technification as a solution to the problems that are arising from the rationalization of the liquid in addition to obtaining better yields in their crops.

Key words: High frequency, localized, melon, diagnosis, water balance

1. Introducción

La implementación de sistemas de riego en la agricultura es una práctica muy antigua desarrollada con el fin de proveer agua a diferentes cultivos en épocas secas con el propósito de minimizar el estrés hídrico que se puede presentar en las plantaciones, manteniendo un nivel de humedad óptimo para el desarrollo de todos los procesos fisiológicos.

Anteriormente el sistema para riego se basaba en el riego por gravedad, debido a su simplicidad de instalación e infraestructura omitiendo gastos energéticos, esta práctica se deja de implementar por los inconvenientes que genera menor eficiencia de aplicación. Posibles inundaciones, pérdidas de suelo debido a la erosión y escorrentía, dificultad de aplicar dosis bajas, etc. Por ello se hace viable la posibilidad instalar sistemas de riego de alta frecuencia con el objetivo de generar una distribución uniforme, eficiente y controlada del agua de acuerdo con las necesidades del cultivo, y un uso racional de la misma. (Navarro Vásquez, Vinicius, da Silva, & F. de Sousa, 2006)

En el departamento del Huila y en diferentes zonas del país, muchos agricultores no tienen conocimiento sobre la tecnificación del riego, y aplican el agua a sus cultivos de manera empírica sin tener en cuenta las condiciones del suelo, condiciones meteorológicas de la zona y los requerimientos del cultivo, lo cual genera niveles bajos de calidad y producción generando así pocas ganancias al productor.

—El riego por goteo es un método muy eficiente de alto grado, su trabajo es cargar el suelo de agua mediante gotas por medio de goteros, situando el agua en la raíz de la planta

La definición de riego localizado desde el punto de vista agronómico se adjudica por el humedecimiento generado a la planta en la zona de raíces de forma constante y controlada. Este sistema llamado también de alta frecuencia permite realizar actividades de riego la cantidad de

veces necesarias durante el día dependiendo del tipo de suelo y los requerimientos del cultivo.
(Liotta, 2015)

El principal problema en el sistema de riego por goteo es el taponamiento de los emisores, por partículas minerales u orgánicas, que afectan la uniformidad del riego y el desarrollo fenológico del cultivo; generando baja productividad y rentabilidad.

Por lo tanto, es importante que el diseño del sistema de riego sea acorde a las condiciones edafoclimáticas de la zona, así mismo, realizar un apropiado manejo y mantenimiento, que permitirá un ahorro eficiente del recurso hídrico.-

considerando lo anterior mencionado, se desarrollo el siguiente trabajo de diagnostico de un sistema de riego localizado para el cultivo de melón de la finca rancho Tepeyac, en la vereda sartenejo en el municipio de garzon para determinar el estado actual del sistema y de esta manera ejecutar las respectivas sugerencias para su funcionamiento

1.1. Justificación

La implementación del sistema de riego localizado en comparación con un riego por surcos, genera para el cultivador un mayor rendimiento permitiendo ingresar con mayor cantidad de

unidades al mercado, adicional a ello, los frutos se desarrollan con un mayor calibre que les permite competir con productos de primera calidad. Uno de los inconvenientes que se presenta en la instalación de un sistema de riego localizado es el alto costo de sus componentes, pese a ello, la rentabilidad obtenida bajo la implementación del sistema justifica totalmente su inversión”. (Daniel Alejandro C.R, 2010).

En el departamento del Huila, los productores de melón que implementan esta actividad, y que además aplican riego, en su mayoría, lo hacen de manera empírica y sin mayor técnica. Este proyecto está orientado a aplicar una metodología que permita establecer qué tan eficiente es el riego suministrado de esa forma. Mediante este diagnóstico, se puede establecer si el riego que se está aplicando, es un riego adecuado, con las láminas, frecuencias y caudales requeridos, para posteriormente con la información obtenida afirmar si el riego localizado está bien instalado y es operado de forma adecuada.

1.2. Antecedentes

El melón (*Cucumis melo L.*), es un fruto hortaliza que en los últimos años ha tenido un gran desarrollo a nivel mundial, inicialmente se producía y consumía minoritariamente, y hoy hace parte de uno de los productos de gran aceptación. Muestra de ello es un crecimiento sostenido debido al incremento de las superficies cultivadas en zonas no consideradas en la producción habitual, tanto en sectores de secano como riego, donde por experiencias empíricas y de vivencias de productores les ha permitido ingresar a este mercado que cada día crece por la incorporación de tecnologías en riego y asistencia técnica de los mismos.

Por otro lado, el melón sigue implementándose de manera tradicional en varios departamentos de Colombia, aunque de manera irregular en gran parte de las zonas productoras, debido a la falta

de coherencia entre aspectos técnicos lo cual provoca que las producciones en zonas con tecnologías básicas sean muy pocas.

(Portafolio, 2018) Indica que el 2017 se declaró un año récord para el melón, ya que en lo últimos 10 años alcanzó su más alta producción, con más de 78.000 toneladas. Esta producción fue una agregación de los departamentos de Cesar (18.482 toneladas), Valle del Cauca (12.690) y el departamento del Huila (10.701).

Las cifras de producción en Colombia según las Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVAS, 2018) tuvieron como resultado un total de 43.433 toneladas siendo Atlántico con un porcentaje del 27,51% el mayor productor, seguido del departamento del Cesar, con un 17,73%, en el tercer lugar se ubica el departamento del Huila, reportando un 12,18% donde se destacan los municipios de Villavieja, Neiva, Rivera, Aipe, Hobo, Campoalegre, Garzón, Tarqui, Agrado y Altamira. En el departamento de Bolívar se reportó el 11,77% y los departamentos de Santander, Magdalena, Valle del cauca y la Guajira reportaron producciones inferiores al 10,40% (DANE, 2020).

1.3. Planteamiento del problema

Para obtener una buena producción y calidad de frutos, el melón requiere de condiciones apropiadas de suelo y clima.

El melón es un cultivo susceptible a daños del fruto y la planta por exceso de agua, por ser un cultivo rastroso en donde el fruto permanece en contacto con el suelo, por lo tanto, exige que éste tenga un adecuado drenaje para que el exceso de humedad no afecte la planta y al fruto, evitando así posibles enfermedades, hongos y baja producción. Por otro lado, un suelo muy poroso, que

no retenga la humedad necesaria, va a afectar su desarrollo, produciendo así frutos muy pequeños y de baja calidad.

Lo más importante al implementar agricultura bajo riego y fertirriego, en este tipo de cultivo, es que este influye en la calidad del fruto puesto que el melón contiene una altísima cantidad de agua (92%) destacando su tamaño y sabor característico la influencia del suelo permite el establecimiento del cultivo mejorando la calidad productiva y organoléptica con parámetros como firmeza y dureza transporte de azúcares y calcio hacia la planta

Teniendo en cuenta que el melón es un cultivo que generalmente se siembra en seco, y que, dadas las condiciones climatológicas de la zona del proyecto, se hace necesaria la implementación de un sistema de riego que asegure su normal desarrollo. Para la aplicación de las dosis adecuadas de agua en el cultivo de melón, se tiene que la puesta en marcha de un sistema riego localizado es el más indicado, porque a diferencia de los demás sistemas de riego, en este se logra tener eficiencia en el agua aplicada en cuanto a cantidad en la zona de raíces del cultivo, sin importar la topografía en la que se encuentre, y así, asegurar un buen desarrollo del cultivo y una buena productividad.

Actualmente, en la región se presentan algunos cultivos con sistemas de riego que no están técnicamente establecidos, Por tanto, el problema presente es asegurar que cualquiera que sea el sistema de riego que se implemente en los cultivos tengan una instalación y manejo técnico, a fin de poder obtener altas eficiencias; además, este proyecto puede ser base para concientizar a los agricultores de que las labores de riego no se están realizando de forma apropiada, con lo cual se

busca que el productor mediante su operación y mantenimiento, haga uso eficiente y ahorro del agua.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Hacer un diagnóstico de un sistema de riego por goteo implementado en 3.2 hectáreas de melón, de la Finca Rancho Tepeyac, en la Vereda Sartenejo, en el Municipio de Garzón.

1.4.2. Objetivos específicos

- Verificar la adecuada implementación del sistema de riego y su correcto funcionamiento.
- Calcular la demanda de agua por el cultivo.
- Determinar la cantidad de agua suministrada al cultivo durante la aplicación del riego.
- Establecer el grado de eficiencia de aplicación de riego.

2. Marco teórico

2.1. El agua como recurso

A causa del aumento poblacional, el cambio climático y la influencia del hombre en la tierra, se intensifica la necesidad de tener una equivalencia entre el agua para el consumo humano y el agua aprovechada en la agricultura debido a las dificultades que se presentan en diferentes poblaciones a nivel mundial para acceder a la misma.

El uso del agua para fines agrícolas es considerado una de las actividades que más consumen agua dulce en el mundo, presentando unas de las proporciones mayores del “uso consuntivo del agua”. Debido a esto y al crecimiento poblacional, se prevé una competencia en aumento por los

recursos hídricos. Consecuencia de ello, será una reasignación del agua para los diferentes sectores. (Grupo Banco Mundial, 2020)

2.2. Riego

El riego es la aplicación oportuna y uniforme de agua a un perfil de suelo para reponer en éste el agua consumida por los cultivos entre dos riegos consecutivos. (Gurovich, 1985). Es importante resaltar que se debe regar directamente el suelo y no la planta, ya que el bulbo húmedo que se crea en el suelo mantiene las condiciones óptimas para el desarrollo de las raíces quienes son las encargadas del buen crecimiento de las plantas.

La implementación de sistemas de riego en distintos cultivos, ha ofrecido grandes posibilidades del tener un uso eficiente del agua, y con ello un gran avance en la producción agrícola.

A nivel mundial, la agricultura tiene como finalidad abastecer de alimentos a la población y el aprovechamiento de la tierra como recurso renovable para promover el desarrollo socioeconómico de las comunidades, por esto, es de vital

importancia buscar alternativas que nos permitan mejoras en las aplicaciones del agua para obtener así mejores rendimientos y calidad en los productos. Para la correcta selección de un

sistema de riego se debe realizar un estudio previo que determine las necesidades y condiciones del suelo.

Existe una variedad de sistemas de riego con una eficiencia diferente en cuanto a la aplicación del agua. Estos sistemas se clasifican según el caudal que proporcionan los emisores

Los sistemas de riego que existen en los cultivos son:

- Riego por aspersión
- Riego por micro aspersión
- Riego por goteo (Yague, 2003)

2.3. Riego localizado

Los sistemas de riego localizados tienen como objetivo abastecer las necesidades hídricas del cultivo uniforme para que la mayor parte del agua quede disponible en la zona radicular del cultivo. Este sistema es una opción para disminuir las pérdidas de agua en los sistemas agrícolas ya que tiene una eficiencia del agua del 90%. Los sistemas de riego localizado permiten distribuir el agua de manera constante y uniforme formando un bulbo húmedo que cuya forma y tamaño depende el tipo de suelo, caudal, emisor y tiempo de riego. Uno de los principales problemas en este tipo de sistema de riego es la obturación de los emisores producido por partículas minerales, orgánicas y/o sales precipitadas provenientes de fertilizantes presentes o añadidos en el agua de riego, estas dificultades generan un aumento en el costo de mantenimiento de la red y reduce la durabilidad de los componentes de la instalación, produciendo así que el riego no se aplique de manera uniforme y con caudales inferiores al requerido.

2.4. Riego por goteo

La técnica de este sistema de riego consiste en llevar el agua a campo por medio de tuberías de plástico, de calibre pequeño que se ubican a lo largo de las hileras de las plantas, para entregar el agua de forma lenta, frecuente y uniforme al sistema radicular por medio de dispositivos como son los goteros o emisores- (Blair, 1979). Éste es un método basado en el humedecimiento directo del suelo por medio de fuentes de agua puntuales distribuidas en la parcela y caracterizadas por tener una baja descarga, generalmente de 1 a 10 l/h con lo que no se produce una saturación en la zona humedecida. Se humedece únicamente una pequeña parte de la superficie total del suelo, regulando así el desarrollo del sistema radicular.

(Ministerio de Agricultura y Riego, 2015) Afirma que se denomina riego localizado, debido a que el agua se aplica en puntos concretos del suelo, de modo que solo se humedece una parte del mismo.

(Robert G Evans, 2007) sostiene que los sistemas de riego bien diseñados, instalados y operados pueden alcanzar alta uniformidad y eficiencia de aplicación del agua. Los sistemas de riego por goteo deben estar diseñados para evitar encharcamientos, en caso de que esto ocurra, no debe exceder el 10% del área sembrada.

Por otro lado, (Rodrigo Lopez, Hernandez, & Rerez, 1992) aseveran que en sistemas de riego localizado aún bajo condiciones eficientes de manejo, en suelos arenosos y limosos se producen pérdidas por percolación, pero que éstas son insignificantes en suelos francos.

2.4.1. Componentes del sistema de riego por goteo

2.4.1.1. Fuente de abastecimiento de agua

El abastecimiento para el equipo puede provenir de aguas subterráneas, que afloran a través de pozos, o aguas superficiales captadas de ríos y fuentes, e incluso de la red pública de donde se ubica la explotación. (Moises Mario Fernandez de Sousa, 2014)

2.4.1.2. Cabezal de riego

Es el conjunto de elementos destinados a controlar el funcionamiento del sistema, a filtrar, tratar, medir y suministrar el agua a la red de distribución (Fernández Gomez, Yruela Morillo, Milla Milla, & Oyonarte Gutierrez, 2010). Esta estación de control se encuentra formada por el equipo de impulsión, dispositivos de filtración, fertilización, llaves de paso y manómetros.

Toda la instalación sirve para proveer la presión y caudal necesario para el funcionamiento del sistema y se puede controlar de forma manual o automática.

2.4.1.2.1. Equipo de bombeo

En los sistemas de riego localizado es común encontrar que cuentan con un sistema de bombeo cuya finalidad es el suministro de agua con la presión y el caudal necesario para su óptimo y eficiente funcionamiento. La energía que se emplea para impulsar el agua captada desde , estanques o depósitos, resulta del empleo de una o varias motobombas . El tipo de bombas más empleadas para este trabajo son las denominadas bombas centrífugas, que tienen capacidad de aspirar el agua desde una altura máxima de siete metros. (Fernandes & García, 2014).

La potencia del equipo de bombeo depende de la superficie a regar, y, así mismo, cuanto más altos sean los requerimientos de presión y caudal, más altos serán los costos de su adquisición. El dimensionamiento de la bomba debe ser tal que la presión requerida sea suficiente para vencer

las diferencias de cota y las pérdidas de carga de todo el sistema. Las más usadas son del tipo centrífuga abastecidas por energía eléctrica- (Liotta, 2015).

2.4.1.2.2. Equipo de filtrado

Es una parte clave del sistema la cual cumple con la función de retener impurezas y sólidos en suspensión que pueda contener el agua de riego; los filtros evitan que pasen al resto de sistema y puedan presentarse problemas por obturaciones en los goteros.

Teniendo en cuenta los pequeños diámetros de paso de los emisores, el equipo de filtrado es clave para poder obtener un correcto funcionamiento en todo el sistema de riego, ya que este se comporta como una barrera la cual no da el paso a las partículas en suspensión (Talon & Gerrero, 2013)

Es usual que a la entrada del cabezal se ubique una zona de pre filtrado compuesto por hidrociclones los cuales actuarán como separadores entre partículas de arena y sólidos más densos que el agua. Esto se requiere cuando el agua empleada para el riego tiene gran cantidad de sólidos en suspensión.

2.5.1.2.2.1 Filtro de arenas

La implementación de los filtros de arena se hace sumamente necesario cuando se desea acondicionar agua que contengan gran cantidad de materia orgánica la cual es arrastrada al ser procedente de embalses y conducciones de aire libre.

Estos filtros están conformados por tanques metálicos o de plástico reforzado, los cuales son capaces de resistir presiones estáticas y dinámicas de la red, éstos están rellenos de grava o arena tamizada de determinados tamaños. Los filtros de grava son muy efectivos para retener materia orgánica, ya que, a través de todo su espesor de arena, acumulan grandes cantidades de algas

antes de que sea necesario su limpieza. También se usan para retener arcillas y arenas finas. El diámetro de los poros es aproximadamente de $1/7$ a $1/10$ del diámetro de la arena del filtro.

Actualmente los filtros de arenas se usan cada vez menos ya que se prefiere la implementación de filtros de anillos auto limpiante.

2.5.1.2.2.2 Filtro de anillos

Por otra parte, (Ferreyra E, Selles Van, & Pimstein A, 2000) indican que los filtros de anillos impiden el paso de partículas pequeñas como limos y materia orgánica; tienen por elemento filtrante discos ranurados, superpuestos a presión uno sobre otro, el agua se filtra entre las ranuras de los discos y reteniendo aquellas partículas cuyo tamaño sea mayor al paso de las ranuras, estos anillos son de materiales sintéticos resistentes a la corrosión (polietileno de alta resistencia, polipropileno, etc.). Su capacidad de filtrado puede aumentarse si se agrega un elemento helicoidal, que de un efecto de hidrociclón. El tamaño de las partículas puede retener el filtro se indica por el número de mesh.

En forma periódica se debe observar que los anillos se encuentren en buenas condiciones, es decir, que no estén rotas y que los canales existentes mantengan su profundidad y sean ásperos al pasar un dedo por sobre ellos, si se presentan suaves es signo que han perdido su capacidad de filtraje y deben ser cambiados (Torres Hernandez, 2013).

2.4.1.2.3. Unidad de fertirrigación

La incorporación de fertilizantes y otros productos vía riego se hace en el cabezal normalmente antes del equipo de filtrado. La fertirrigación debe terminar al menos 15 minutos antes de que el agua deje de salir por el último gotero (el que esté más lejos) con el fin de lavar los productos químicos.

Hay dos modos en que se realiza la fertirrigación:

Fraccionada: se aplican los nutrientes solamente cuando son requeridos en etapas de desarrollo específicas durante todo el año.

-Continua: se inyectan los nutrientes de manera continua con dosis bajas para que estén siempre disponibles y la planta los tome cuando los requiera.

Se clasifican en función de los dispositivos que inyectan la solución:

1. **Fertilizadores tipo venturi**, son los más sencillos y de menor costo, mantenimiento y mayor durabilidad. Se suele instalar en paralelo con la red. Estos dispositivos succionan directamente del tanque, el cual se encuentra a presión atmosférica. La presión mínima para que este elemento funcione correctamente se encuentra en torno a los 15 mca.
2. **Inyectores**, en el cual la solución se inyecta a la red mediante motores convencionales o mediante bombas de accionamiento hidráulico.
3. **Tanques de fertilización**, conectados en paralelo con la red, que contienen en su interior la solución fertilizante. La pérdida mínima para que funcionen es de 3 mca.

2.4.1.2.4. Dispositivos de medida y control de flujo

Manómetros, ventosas, válvulas y demás control de automatismos, etc.

2.4.1.2.5. Tuberías de conducción y distribución

Luego del cabezal y todos sus componentes ya mencionados, continúan las tuberías, las cuales distribuyen el flujo de agua la cual ha sido debidamente filtrada y los fertilizantes agregados hasta las cintas de riego y posteriormente a la planta.

Normalmente hay una red principal de riego, formada por tuberías secundarias y terciarias que se encargan de llevar el agua hasta la parcela, en la cual inician las unidades o subunidades de riego. Generalmente al inicio de cada subunidad de riego se encuentra una arqueta que tiene un regulador de presión, una llave de cierre y en algunos casos se instala un contador de agua del cual parte una tubería terciaria que conecta los laterales de riego o cintas que transmiten el agua a la planta.

—Tuberías principales y secundarias

Estas tuberías trabajan a mayor presión que las tuberías terciarias y los laterales.

Los materiales utilizados en el sistema suelen ser materiales plásticos como el PVC (Policloruro de vinilo) y el PE (polietileno) y debido a que el PVC es susceptible a deterioro y deformaciones por efectos meteorológicos, esta tubería se instala bajo tierra. En el caso del polietileno se usa como laterales de distribución sobre la superficie del terreno, lo cual facilita su inspección. (Blair, 1979).

Tuberías terciarias o múltiples

Estas tuberías son las encargadas de alimentar los laterales o las cintas de goteo. Suministrando el agua por las subunidades. Pueden instalarse en PVC o PE.

2.5.1.2.2.3 Laterales de riego

Estos laterales van conectados a las tuberías terciarias, por lo general el material de estas tuberías son de polietileno (PE) de baja densidad. Existen diferentes accesorios para conectar los laterales a los porta laterales, estas conexiones han de resistir las diferentes presiones que se presenten en el momento de trabajo y las variaciones de presión que produce el llenado de las tuberías (Pineda, 2010).

Los laterales usualmente son ubicados sobre la superficie del terreno, pero también se pueden ubicar bajo el suelo y ser enterrados entre los 5-10 cm de profundidad.

2.5.1.2.2.4 Emisores

Son uno de los elementos fundamentales de las instalaciones de riego localizado, encargados de producir y controlar la salida del agua desde las tuberías al suelo formando los bulbos húmedos.

Los emisores de riego localizado se clasifican según la forma en la que aplican el agua al suelo en:

- Goteros y Tuberías emisoras las cuales se consideran de bajo caudal, en condiciones normales aplican hasta 16 Litros por hora.
- Microaspersores y difusores considerados de alto caudal, emiten entre 16 y 200 Litros por hora .
- Existe multitud de tipos de emisores para reducir la presión con que el agua circula en el interior de la tubería

Para (Keller & Karmeli, 1975), el propósito de implementar emisores de riego localizado está en que el agua que se aplique al suelo se produzca en pequeñas cantidades por lo cual se hace necesario generar una caída de presión mediante laberintos a través de orificios con diámetros entre 0,3 y 1,5 mm, aunque pueden ser sensibles a problemas de obturaciones como los descritos en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.:**

Tabla 1. *Causas de las obturaciones.*

Partículas Minerales	Arena Limo Arcilla Otras
----------------------	-----------------------------------

Partículas Orgánicas	Algas Bacterias Restos Vegetales
Precipitados Químicos	Sales del agua Depósitos de Fe, S y Mn Fertilizantes

El principal beneficio del sistema de riego por goteo es que este te garantiza ahorro de agua . La elección del tipo de gotero es determinante al instalar un sistema de riego localizado debido a que la presión varía de unas zonas a otras.

En el mercado se encuentran variedad de emisores clasificados de acuerdo a sus características hidráulicas, riesgo de obturaciones, forma de inserción en los laterales, etc. (Pizarro, 1996) los clasifica como se muestra en la **Tabla 2:**

Tabla 2. *Clasificación de emisores.*

Emisores de bajo caudal (goteros): $q < 16$ l/h	Goteros propiamente dichos	De largo conducto De orificio Vortex Autocompensantes	Microtubo helicoidales de laberinto
	Emisores de alto caudal 16 l/h $< q < 150$	Mangueras Cinta de exudación Microaspersores Difusores Microtubos de alto caudal	

Fuente: (Pizarro, 1996)

Una de las decisiones más importantes a la hora de diseñar un sistema de riego es la elección de características y calidad de los emisores, ya que de estos depende directamente el coste

asociado a la práctica de riego, la vida útil de la tubería emisora y el comportamiento agronómico del cultivo establecido.

2.5. Coeficiente de uniformidad

Para evaluar el funcionamiento de los sistemas de riego por goteo se realiza la determinación del coeficiente de uniformidad el cual se basa en la presión, caudal y desempeño de los sistemas del riego, este coeficiente se expresa en porcentaje. En función de este se definen los límites en que se permite que varíe los caudales de los emisores.

En Riegos Localizados de Alta Frecuencia, esta uniformidad debe superar el 90%, aunque se debe considerar que se pueden presentar variaciones bien sea por la fabricación de algunos elementos que componen el sistema, diseños hidráulicos o por su inadecuado manejo. (Pizarro, 1996).

En la **Tabla 3** se presenta una calificación del desempeño del sistema de riego, según (Merriam & Keller, 1978):

Tabla 3. *Indicadores del desempeño de sistemas de riego presurizado.*

Merriam y Keller (1973)	
CU	
Excelente	>90
Bueno	80-90
Regular	70-80
Pobre	60-70
Inaceptable	<60

Fuente: (PROSAP, 2016)

3. Metodología

3.1. Localización del área de estudio

El proyecto se realizó en la finca “Rancho Tepeyac, en la vereda Sartenejo en el municipio de Garzón ver figura 1a 3.9 kilómetros del casco urbano, con coordenadas: $2^{\circ}12'59''$ N $75^{\circ}36'40''$ w y a 848msnm, limita al norte con las veredas las Palmas y santa Rosa, al oriente con la vereda Comba, hacia el occidente con el centro recreacional Manila y al sur con el municipio de Garzón.

Figura 1. Ubicación de la Finca Rancho Tepeyac, Vereda Sartenejo, Garzón - Huila.



Fuente: Google Earth.

3.2. Área de estudio y tipo de riego

La finca Rancho Tepeyac cuenta con una extensión de tres puntos dos (3.2) hectáreas beneficiadas con un sistema de riego por goteo, las cuales abastecen en su totalidad un cultivo de

melón variedad Cantaloupe, el agua utilizada es proveniente de una derivación de la quebrada majo de la vereda Sartenejo del municipio de Garzón. Este sistema consta de una estación de bombeo constituido por un riego por goteo dividido en 4 Sectores y éstos en 8 módulos de riego. El objetivo de este sistema es distribuir el agua a través de goteros que humedecerán de manera uniforme toda la zona radicular en cada una de las plantas.

3.3. Identificación de la infraestructura del sistema de riego implementado en el cultivo de melón

3.3.1. Fuente de abastecimiento de agua

Para conocer el caudal se realizó un aforo a la fuente de abastecimiento haciendo uso del método área velocidad, para su desarrollo se requirió de un objeto flotante, estacas, cronómetro, cinta métrica una regla y cuerdas. El método consistió en tomar un tramo recto del cauce en donde el agua fluya libremente con una longitud de 10 metros de distancia, ubicando una marca A al inicio y una marca B al final del tramo. En la marca A soltamos el flotador y tomamos el tiempo de recorrido del flotador hasta cruzar la marca B. Repetimos este proceso 10 veces para luego calcular un promedio.

Con los datos obtenidos, se realiza la determinación de la velocidad del agua como se indica en la siguiente relación:

$$V = \frac{L (m)}{T (s)} = \left[\frac{m}{s} \right] \quad (1)$$

Donde:

V = Velocidad

L = Largo de la sección

T = Tiempo

Posterior a esto, se determinó el área promedio del canal (sección transversal de la acequia) empleando:

$$A = \frac{(a + b)}{2} * h \quad (2)$$

Donde:

A = Área

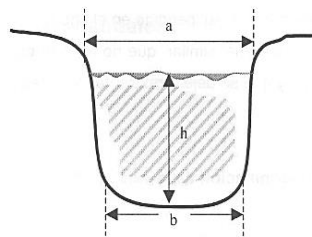
a = Distancia superior de la acequia

b = Distancia inferior de la acequia

h = Altura

Donde se multiplica el ancho promedio del canal por su profundidad, con todas sus medidas expresadas en metros. La altura “h” se obtiene del promedio de las alturas del agua a lo largo del canal en el área seleccionada. (Ver Figura 1)

Figura 1. Medidas necesarias para determinar el área de un canal.



Finalmente, con los datos obtenidos se calcula el caudal, con base en la siguiente ecuación:

$$Q = A * V \quad (3)$$

Donde

Q= Caudal L/s

A= Área m²

V= Velocidad m/s

3.3.2. Cabezal de riego

El sistema de riego funciona con un cabezal de riego el cual está compuesto de:

3.3.2.1. Equipo de bombeo

Este sistema está constituido por una motobomba diésel marca Barnes Potencia (HP) 11.0, Altura máxima (H máx.) 87 mca (metros columna de agua). Caudal máximo (Qmax) 185 gpm (galones por minuto).

Para verificar si el equipo instalado corresponde con la potencia necesaria se realiza el diseño del equipo de bombeo requerido por el sistema, el cálculo de la cabeza dinámica total para establecer si la bomba es acorde a los requisitos caudal – altura empleando:

$$CDT = \text{Pérdidas de energía} + \text{Carga estática} + \text{Presión de operación} \quad (4)$$

Luego la determinación de la potencia de la bomba:

$$hp = \frac{CDT(m. c. a) * Q(l. p. s)}{76 * Ef} \quad (5)$$

Donde

CDT: Cabeza dinámica total (m.c.a)

Q: Caudal (l.p.s)

Ef: Eficiencia de motobomba (%)

3.3.2.2. Equipo de filtrado

Compuesta por 3 filtros de anillos marca Tagline de 2" 120mesh con una presión máxima de trabajo de 8 bar (116 psi) ubicados en paralelo, el caudal principal se distribuye en 3 caudales a cada filtro; el primero recibe 87.5 gpm el segundo y el tercero 43.75 gpm respectivamente. Cabe mencionar que es indispensable el equipo de filtrado en un sistema de riego y la importancia en su diseño, este sistema cuenta con un conjunto de anillos ranurados que se comprimen unos con otros formando así un tipo de cilindro filtrante los cuales sirven para la retención de contaminantes orgánicos (algas, bacterias, restos químicos) e inorgánicos (arenas, limos, arcillas) la eficiencia de estos filtros depende de qué tan limpios se encuentren. Toda la tubería está constituida en material PVC de 2" 60 mm RD21 de 200psi.

Este sistema de filtrado se utiliza porque aguas arriba de este suministro de agua se ubica un cultivo de arroz del cual, el material residual es vertido sin tratamiento a la fuente que beneficia este cultivo de melón.

Se realizó una inspección física de los filtros dentro del cabezal de riego, donde se encontró la tubería en buen estado. La limpieza de estos filtros de anillos se realiza cada mes durante toda la temporada de riego, primero se cierran las válvulas del colector de entrada y salida, se abren válvulas de vaciado y de purga para posteriormente quitar la abrazadera de cierre de tapa y luego extraer el cartucho de anillas, se afloja la tuerca de apriete y se separan las anillas para proyectar agua a presión sobre las mismas, para limpieza a profundidad se introducen las anillas en solución ácida a pH entre 4 y 5 durante 12 horas; una vez estén limpias se colocan y ajustan hasta que no giren con facilidad.

Luego de realizar un proceso de limpieza para conocer la situación dentro del filtro, se observó que el contenido de partículas retenidas era considerable, por lo cual se afirma que cumple con su función de filtrar el material, así mismo, se estima que, debido a estas retenciones, es posible que se presenten obturaciones en alguna parte del sistema provocando un suministro de agua irregular a las plantas.

3.3.2.3. Unidad de fertirrigación

Esta unidad está constituida por un tanque fertilizante de 200 Litros ubicado en el cabezal de riego, cuenta con un dispositivo venturi Mazzei de 2" que está conectado al tanque de la solución nutritiva de forma paralela a una válvula de la tubería principal. Cuenta con un filtro de 3/4" el cual detiene las impurezas que pueda tener el abono provocando obturaciones en la red de riego. El modo en que se realiza la fertirrigación es de forma continua, así, se inyectan los nutrientes a bajas dosis de tal forma que los nutrientes estén siempre disponibles en el bulbo húmedo de manera que la planta pueda tomarlos cuando los necesite. la implementación del venturi Mazzei de alto rendimiento requiere menos energía para funcionar que otros inyectores. Crean una succión con una diferencia de presión entre la entrada y la salida de sólo el 20%. en la mayoría de aplicaciones esto permite que funcionen con poca o ninguna energía adicional. También se realizará la determinación de las pérdidas por fricción presentadas en el sistema de fertilización cuando éste está en funcionamiento debido a accesorios empleados en la unidad por medio de la ecuación de Hazen-Williams:

$$hf(m) = 10.648 \frac{1}{C} * \frac{Q^{1,852}(M^3/S)}{D^{4.871}} L(m) \quad (6)$$

Dónde

hf: Pérdidas por fricción (m)

C: Coeficiente de coeficiente de tubería (1.40Adim)

Q: Caudal (m^3/s)

D: Diámetro interno tubería (mm)

L: Longitud tubería (m)

Se revisó también el estado general de los inyectores y depósitos donde se encontraron en buen estado sin ningún tipo de fuga ni descarga adicional, sin presencia de taponamientos garantizando así que los dispositivos fertilizantes realizan de manera correcta su función.

3.3.2.4. Dispositivos de medida y control de flujo

Dentro de los sectores N°1, 2 y 3 se encontró en cada uno 3 válvula Bola 2" PCP Rosca empleadas para permitir el flujo de agua a cada sector correspondiente, dentro de los sectores N°2 y 3 se encuentra instalada una válvula Macho Plasson Angulo 2", dentro de la tubería principal de forma que permita conectar mangueras adicionales o aspersores en algún momento necesario. En el sector N°4 están ubicadas 2 válvulas Bola 2" PCP Rosca con el mismo fin de agregar accesorios necesarios.

3.3.2.5. Tuberías de conducción y distribución

La conducción inicia con la instalación de una válvula de control de agua, la tubería estaba instalada en material de polietileno con un diámetro de 3", en el caso de tuberías secundarias, se usa tubería del mismo material con un diámetro de 2". la tubería se encuentra en la superficie y como consecuencia de ello en algunas zonas de la tuberías están deformadas por causa de su exposición al sol.

3.3.2.6. Sectores de riego

Se realizó un levantamiento topográfico con una estación marca Nikon Npl-322 5", con el fin de identificar el área de los sectores, para posteriormente realizar el plano de áreas con sus respectivas superficies mediante el software de Irricad.

Los múltiples de riego que abastecen de agua a los sectores de riego están instalados con tubería de polietileno (PE) de 2" de diámetro.

3.3.2.7. Laterales de riego

Los laterales de riego fueron instalados con cinta para riego marca RO-DRIP fabricada por RIVULIS USA, calibre 8.000, ancho de 16 mm, caudal 7.50 litros por hora/metro, presión de trabajo 15 PSI, distancia de goteros cada 10 cms.

La disposición de los laterales de riego es lineal, instalados perpendicularmente a la dirección de la pendiente del terreno, así, se logra disminuir la variación de la presión en los emisores, facilitar las labores de cultivo y hacer una menor inversión.

Con relación a las cintas se encontró algunos defectos en sus conexiones desde la tubería produciendo doblamiento en la misma.

3.3.2.8. Medición de caudales y toma de presiones

El procedimiento para el riego del cultivo funciona sector por sector, es decir, se abre la válvula de paso de agua para el primer sector y de este modo se riegan al mismo tiempo los dos módulos que éste contiene. Así, teniendo establecido el caudal de la fuente de abastecimiento, se procedió a poner en marcha el sistema para iniciar con la medición de los caudales en la salida de cada sector, para este caso, y por restricciones del dueño de la finca se empleó el método volumétrico, para evitar daños en el acolchado del cultivo, este método consiste en tomar un recipiente

graduado, y un cronómetro, se procede a realizar las mediciones de la siguiente manera: El recipiente se coloca bajo la corriente de tal manera que reciba todo el flujo de agua; al mismo tiempo se activa el cronómetro. En este proceso el cronómetro inicia en el instante en que el recipiente se introduce a la corriente y se detiene en el momento en que se retira de ella, o el balde se llena.

Obtención de información secundaria sobre sistemas de riego localizado en el cultivo de melón

Por medio de fuentes literarias se realizó la recolección de información de diferentes datos sobre el cultivo de melón y la implementación de un sistema de riego en este cultivo, también se obtuvo datos por parte del operador del sistema de riego.

3.4. Cálculo de la demanda de agua aplicada al cultivo de melón

Es necesario evaluar la demanda del cultivo, en este caso representada por la evapotranspiración. Sólo de esta forma se conocerá la cantidad de agua necesaria para ser entregada a través del riego, para cubrir la totalidad de los requerimientos del cultivo en sus distintas fases de desarrollo.

$$L_n = (ETP) \times (Kc) \quad (7)$$

Donde:

L_n = Lámina neta o rápidamente aprovechable (mm/día)

ETP = Evapotranspiración potencial referencia (mm/día)

K_c = Coeficiente de cultivo promedio de las plantas

3.5. Determinación de la cantidad de agua requerida para el riego del cultivo de melón

Las salidas de agua (evapotranspiración), y las entradas (precipitación), son elementos que deben equilibrarse a lo largo de una determinada unidad de tiempo y la expresión cuantitativa de ello se llama balance hídrico. De este modo, se realizó mediante una hoja de cálculo Excel un balance Hídrico Decadal del cultivo.

Los requerimientos hídricos de las plantas se evalúan a través del riego, por ello, se procede a determinar la lámina de riego la cual depende del tipo de suelo y la profundidad radicular cuyas relaciones se expresan como:

$$LAA = \left(\frac{CC - PMP}{100} \right) * Da * Pr \quad (8)$$

Donde CC es la capacidad de campo, PMP es el punto de marchitez permanente, DA es densidad aparente del suelo y PR la profundidad radicular.

Al tratarse de un riego localizado, el cual humedece una sola parte del suelo, se hace necesario calcular el porcentaje del área humedecida:

$$ph = \frac{Ahe}{Ahip} = (\%) \quad (9)$$

Donde:

Ph: Porcentaje de humedecimiento

Ahe: Área humedecida del emisor

Ahe se calcula según:

$$Ahe = \frac{\pi D^2}{4} = \left[\frac{m}{s} \right] \quad (10)$$

D: Diámetro del emisor (m)

Ahip: Área de influencia de la planta (m²)

Seguido a esto, se toma el área de influencia de la planta:

$$Ahip = Ee * EL \quad (11)$$

Donde:

Ee: Espaciamiento entre emisores

EL: Espaciamiento entre laterales de riego (m²)

Finalmente se mide la lámina de aplicación para hallar el volumen de agua almacenado en zona de raíces

$$\text{Lámina de aplicación} = LAA * ph \quad (12)$$

3.6. Cálculo del grado de eficiencia de aplicación del riego

La eficiencia de aplicación de agua irrigada es un parámetro que cuantifica cuánta del agua aplicada es aprovechada por la planta. Así, la Ea es el porcentaje del agua que es realmente depositada en el suelo en la zona de raíces con respecto al agua aplicada. Uno de los aspectos más importantes en el riego localizado es que puede alcanzar mayor eficiencia de aplicación de agua a comparación de otros sistemas de riego llegando a valores del 0,75 a 0.95 (Baquero, Arcila, Arias, & Yacomelo, 2007). La eficacia en los sistemas de riego es muy incierta, ya que se encuentra condicionada por ciertos factores como la forma de captación y distribución del agua y la técnica de aplicación. Para su cálculo, se empleará la siguiente fórmula:

$$Ea = \frac{\text{Agua almacenada zona de raíces}}{\text{Agua aplicada}} \times 100 \quad (13)$$

3.7. Determinación de la uniformidad de aplicación del sistema de riego

La ecuación más empleada para determinar la uniformidad del riego es el coeficiente de uniformidad propuesto en 1942 por Christiansen, él, definió una ecuación que le permitió comparar parámetros de diferentes aspersores y plantear bajo diferentes espaciamientos su influencia en los resultados de la distribución y aplicación del agua. Aunque para el caso del Riego de Alta Frecuencia, se considera la siguiente ecuación (Pizarro, 1996):

$$CUC = \frac{q_{25}}{q_n} \times 100 \quad (14)$$

Donde

CUC: Coeficiente de uniformidad (%)

q_{25} : Caudal medio recibido por el 25% de los emisores que reciben menos caudal en la prueba

q_n : Es el promedio del 100% de las lecturas del caudal tomadas, es decir, el promedio de las 20 lecturas de caudal por válvula.

Se calcula también el caudal de los emisores de riego mediante la ecuación:

$$q = K * P^x \quad (15)$$

Siendo q el caudal del emisor en litros/hora.

K : el coeficiente de descarga, que es un valor característico de cada emisor.

P : la presión a la entrada del emisor en metros de columna de agua (mca)

X: el exponente de descarga del emisor que expresa la sensibilidad de los goteros a las variaciones de presión

4. Resultados

4.1. Fuente de abastecimiento de agua

Se realizó el aforo del caudal por el método área-velocidad, tomando 10 repeticiones en medida de tiempo obteniendo los datos representados de la siguiente forma (ver **Tabla 4**):

Tabla 4. *Tiempos de Aforo.*

Aforo	Tiempo Segundos (seg)	Recorrido Metros (m)	Velocidad Metro/Segundo (m/s)
1	12.06	10	0.8292
2	12.35	10	0.8097
3	13.25	10	0.7547
4	12.02	10	0.8319
5	12.41	10	0.8058
6	11.09	10	0.8403
7	11.84	10	0.8446
8	11.95	10	0.8368
9	11.89	10	0.8410
10	11.94	10	0.8375
Total promedio	12.08		

Teniendo los datos promedios de los tiempos tomados, procedimos a realizar el cálculo de la velocidad del caudal mediante la ecuación (1) de forma que:

$$Velocidad (V) = \frac{10 (m)}{12.08 (sg)}$$

En donde se obtuvo como resultado:

$$Velocidad (V) = 0.827 \frac{m}{sg}$$

Posterior a esto, se determinó el área promedio del canal (sección transversal de la acequia) empleándola ecuación (2):

$$A = \frac{(1.34m + 1.20m)}{2} * 0.16625m$$

Teniendo como resultado un área de:

$$A = 0.211375 m^2$$

Finalmente, se aplicó la ecuación (3) para calcular el caudal de la acequia de forma que:

$$Q = 0.2111375 m^2 * 0.8223 m/s = 0.173618 m^3/s$$

$$Q = 0.173618 m^3/s * \frac{1000 l}{1m^3}$$

Caudal de la acequia de:

$$Q = 173.618 l/s$$

4.2. Equipo de bombeo

Para verificar si el equipo instalado corresponde con la potencia necesaria que requiere el sistema, se hace uso de la siguiente información (Ver *Figura 3*):

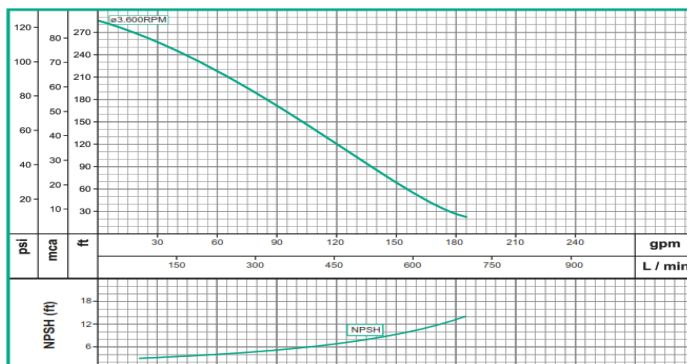
Tabla 5. *Parámetros de diseño equipo de bombeo.*

PARÁMETROS DE DISEÑO	
CULTIVO	MELON
SISTEMA	CINTA
MODELO DEL EMISOR	RODRIP
ÁREA (Ha)	3.2
CAUDAL (l.p.s)	11,85
CONDICIONES DEL SISTEMA	
DISTANCIA ENTRE PLANTAS (Dp) (m)	0.5
DISTANCIA SURCOS (m)	1.5
NUMERO SURCOS (UN)	1

N° DE LATERALES POR SURCO	1
N° PLANTAS POR SECTOR	10,667
N° PLANTAS DEL ÁREA	42,667
Qe (l.p.h/m)	4
Q emisor (l.p.h)	0,4
Ee (m)	0,1
El (m)	1,5
Qcalc.sector (l.p.s)	11,85
DISTANCIA ENTRE LATERALES (m)	1.5
SEPARACIÓN EMISOR (m)	0.1
Ev (mm/día)	5.29
COEF. TANQUE EVAPORÍMETRO (Adimen.)	0.80
Kc (Adimen)	0,85
Ea (Adimen)	0.9
Ph (%)	67
LAMINA DE APLICACIÓN/BRUTA (mm)	5.90
FR asum. (días)	2.00
Jo (Hrs/día)	8.00
Mr (l.p.s/Ha)	1,02
TIEMPO DE RIEGO TOTAL POR MÓDULO (h)	4
Nep Cinta (Adimen.)	0,2
N Ss (Adimen.)	4
As (Has)	0,8000

La motobomba utilizada en el sistema tiene los siguientes parámetros: Modelo HD3 110-D Referencia 1E0135 Potencia (HP) 11.0 Altura máxima(mca) 87 Caudal máximo (GPM) 185 Succión 3" Descarga 3" peso 70 kg. Curva característica de la motobomba. (Ver **Figura 3**)

Figura 2. Curva característica de la motobomba



La bomba opera a 87_mca con un caudal máximo de 185_L/min, una vez realizada la comparación de la curva característica con los datos del aforo realizado se encontró que la presión y el caudal registrado en los sectores funcionan dentro del rango máximo operacional para el trabajo de la cinta de riego.

A continuación, se calcula la cabeza dinámica total del sistema para cuantificar las pérdidas de energía que se generan a causa de factores como el caudal manejado por el sistema, el diámetro y rugosidad de la tubería que varían dependiendo del caudal, cambios en la dirección de las tuberías producto de las válvulas y accesorios instalados.

Para el registro de datos de los accesorios se emplea la **Figura 3**.

Figura 3. Pérdidas por fricción en accesorios.

Tamaño de los accesorios, pulgadas	½"	¾"	1"	1¼"	1½"	2"	2½"	3"	4"	5"	6"	8"	10"
Codo en L de 90°	1.5	2.0	2.7	3.5	4.3	5.5	6.5	8.0	10.0	14.0	15	20	25
Codo en L de 45°	0.8	1.0	1.3	1.7	2.0	2.5	3.0	3.8	5.0	6.3	7.1	9.4	12
Codo en L abierto	1.0	1.4	1.7	2.3	2.7	3.5	4.2	5.2	7.0	9.0	11.0	14.0	
Curva en U estrecha	3.6	5.0	6.0	8.3	10.0	13.0	15.0	18.0	24.0	31.0	37.0	39.0	
Perfil T de paso recto	1	2	2	3	3	4	5						
Perfil T – entrada o salida lateral o adaptador sin depresión	3.3	4.5	5.7	7.6	9.0	12.0	14.0	17.0	22.0	27.0	31.0	40.0	
Válvula de bola o de globo abierta	17.0	22.0	27.0	36.0	43.0	55.0	67.0	82.0	110.0	140.0	160.0	220.0	
Válvula angular abierta	8.4	12.0	15.0	18.0	22.0	28.0	33.0	42.0	58.0	70.0	83.0	110.0	
Válvula de compuerta – completamente abierta	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.7	2.3	2.9	3.5	4.5	
Válvula de retención (a bisagra)	4	5	7	9	11	13	16	20	26	33	39	52	65
Válvula de retención en línea (a resorte) o válvula de aspiración	4	6	8	12	14	19	23	32	43	58			

Fuente: Goulds Pumps

Una vez obtenidos estos datos, se procede a emplear en una hoja de Excel la ecuación de Hazen-Williams (6) para el cálculo de las pérdidas por fricción, en función del material, diámetros y longitud. (ver **Tabla 6**)

Tabla 6. Pérdidas por fricción en el sistema de riego

Accesorio	Pérdida (m)
Diferencia de altura motobomba	1
Venturi	5.973
Filtros y accesorios	5.990
Tubería del cabezal hasta primera válvula	12.853
Tubería secundaria	15.046
Presión de operación	10.2
Cabeza Dinámica Total (mca)	51.062

Los datos registrados se obtuvieron mediante el proceso de la información en una hoja de Excel teniendo en cuenta longitudes, diámetros internos y caudales en las tuberías, se realizó este

cálculo con el fin de conocer la fuerza que debe vencer motobomba teniendo en cuenta la resistencia fluido bombeado cuando este se encuentra en movimiento obteniendo la suma total de resistencias del sistema de 51,062mca de tal forma la motobomba debe tener la capacidad de dominar esta carga dinámica total.

Figura 4. Componentes cabezal de riego



Posteriormente se verifica la potencia necesaria de la bomba

$$hp = \frac{51.061 * 11.85}{76 * 0.65}$$

$$hp = 12.248$$

4.3. Una vez obtenida la potencia que debe tener la motobomba, así sabemos que se necesita una bomba de 12.248 HP; es decir 13HP para el funcionamiento del sistema **Equipo de filtrado**

La presión de entrada a los filtros es de 20 PSI, y a su salida es de 15,4 PSI, teniendo una pérdida de 5,1 PSI entre los filtros. Las presiones fueron constatadas en los manómetros ubicados a la entrada y salida de los mismos.

Respecto al estado físico de los componentes de los filtros, se encontró que los discos no presentaban ningún tipo de fractura ni desgaste, y el núcleo telescópico no contenía ningún defecto. En general, el sistema filtrante no se observó con ningún daño.

4.4. Unidad de fertirrigación

Se realizó la selección de accesorios en el sistema de fertilización para determinar la pérdida de carga en el mismo empleando la (6) para cada uno obteniendo los resultados mostrados en la

Tabla 7.

Tabla 7. *Pérdidas de energía en sistema de fertilización.*

Pérdidas de energía en el sistema de fertilización	
Accesorio	Pérdida hf
1m Tubería 2"	0.057762374
2 Codo 90°	1.279354003
Venturi 2"	2.8
Total hf	4.14

La pérdida de carga presentada en el sistema de fertilización fue de **4.14 m.c.a** accesorio

Venturi 2.8mca el cual nos indica mayor resistencia en el momento de trabajo de la pieza.

4.5. Sectores de riego

El cultivo está establecido en 4 sectores de riego (**ver Ilustración 1**); el primer sector cuenta con un área de 7.800m² y 98 líneas de riego, el segundo sector con 8.000 m² y 98 líneas de riego el tercero con área de 8.000m² y 95 líneas de riego y el cuarto sector se dividió en dos áreas para disminuir la longitud en las líneas de riego, así, la primera área con 5.700m² con 83 líneas de riego y la segunda área 2500 m² con 49 líneas de riego. En el caso en que la sectorización se establece en áreas diferentes se presentan algunas limitaciones técnicas debido a los distintos requerimientos de agua en cada sector lo cual genera apertura y cierre de válvulas causando cambios dinámicos en la presión y el caudal ocasionando una alteración del punto de operación

de la bomba. El tipo de riego que se realiza es por control de tiempo, en el cual se calcula la duración del riego en función de la dosis necesaria por las plantas, el caudal de los emisores y el número de emisores por planta.

Ilustración 1. Sectorización 3.2 Hectáreas cultivo de melón.



4.5.1.1. Laterales de riego

Mediante el programa irricad se realizó la señalización de los laterales de riego. (ver **Ilustración 2**)

Ilustración 2. Disposición lateral de riego



4.6. Medición de caudales y toma de presiones

Destacar que los resultados a continuación se tomaron de forma manual con los dispositivos apropiados. Se realizaron 3 tomas de presión en cada salida de cada sector y se promedió para obtener las mediciones de la siguiente forma: (ver **Tabla 8**)

Tabla 8. Aforo de presiones y caudales.

SECTORES	PRESIÓN	PROMEDIO	CAUDAL	CAUDAL PROMEDIO	CAUDA L PROMEDIO
	PSI				
Sector 1	15.12	15.11	10.87	10.82	649.2
	15.11		10.76		
	15.10		10.85		
Sector 2	15.3	15.53	11.12	11.11	666.6
	15.6		11.12		
	15.7		11.11		
Sector 3	15.8	15.66	11.12	11.11	666.6
	15.5		11.11		
	15.7		11.10		
Sector 4.1	15.9	15.9	7.92	7.95	
	15.9		7.95		

	15.7	15.83	1.83	7.90	474
Sector 4.2	16.3		3.50		
	16.1		3.44		
	16.3	16.23	3.43	3.45	207

Realizando la comparación de estos datos de aforo con la curva de funcionamiento obtenida en la gráfica de la motobomba, se puede verificar que la cinta de riego el sistema trabaja bajo condiciones permitidas por la bomba instalada.

Donde por efectos de altura en el terreno, el agua en la tubería gana presión para los sectores 2, 3, 4.

4.7. Obtención de información secundaria sobre sistemas de riego localizado en cultivo de melón

El manejo racional de los factores climáticos es fundamental para el desarrollo efectivo del cultivo (Precipitación, humedad, evaporación, etc.), ya que la alteración de uno de ellos incide sobre los otros.

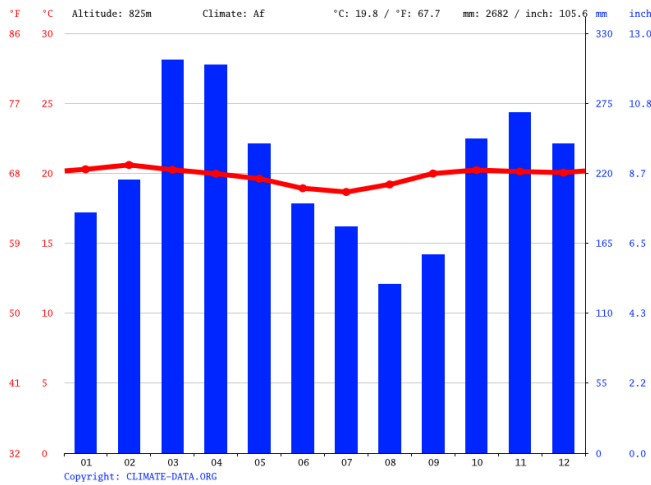
Las plantas de melón demandan una cantidad de agua considerable durante su periodo de crecimiento y maduración, estos requerimientos se relacionan con el microclima bajo el acolchado, el clima de la zona y la insolación. Por ello es importante que previo a realizar la instalación de este cultivo, se tengan datos climáticos para obtener un buen rendimiento y calidad del fruto (Zapata, Cabrera, Rañón, & Roth, 1989). Es por ello, que se elige el riego por goteo como el método que mejor se adapta a este cultivo gracias a su aporte de agua y nutrientes dependiendo del estado fenológico de la planta, su control frente a los encharcamientos y sus necesidades bien definidas.

- 1. Germinación hasta aparición de primeras flores:** riego constante, con humedad en la tierra.

2. **Fecundación de las flores hasta formación primeros frutos:** se debe aumentar el riego ya que los frutos absorben mucha agua.
3. **Crecimiento de frutos hasta tamaño final:** mayor demanda de agua por parte de la planta.
4. **Maduración y recolección:** se disminuye el aporte de agua hasta niveles del punto 1.

Se obtiene como referencia información de datos climatológicos del municipio de Garzón, donde se evidencia que la temperatura media anual es de 19.8 °C y el mes más seco es agosto con 133mm de lluvia y la mayor cantidad de precipitación ocurre en marzo, con un promedio de 309mm. (ver ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.)

Figura 5. Climatograma, Garzón, Huila.



Fuente: Climate-data

Coefficiente del cultivo (Kc):

Durante el período de crecimiento del cultivo (**ver Tabla 9**), la variación del coeficiente del cultivo K_c expresa los cambios en la vegetación y en el grado de cobertura del suelo (**ver Tabla 10**). Esta variación del coeficiente K_c a lo largo del crecimiento del cultivo está representada por la curva del coeficiente del cultivo. Para describir y construir la curva del coeficiente del cultivo se necesitan solamente tres valores de K_c : los correspondientes a la etapa inicial (K_c ini), la etapa de desarrollo (K_c des), la etapa de mediados de temporada (K_c med) y la etapa final de maduración (K_c fin). (FAO, 2006)

Tabla 9. *Periodo de crecimiento del cultivo.*

Etapa	Días	Inicio	Fin
Inicial	30	0	30
Desarrollo	45	30	75
Medio	35	75	110
Final	10	110	120

Fuente: (FAO, 1976)

Tabla 10. *Valores de K_c para melón según periodo de crecimiento.*

Días	K_c
0	0.5
30	0.5
75	0.85
110	0.85
120	0.6

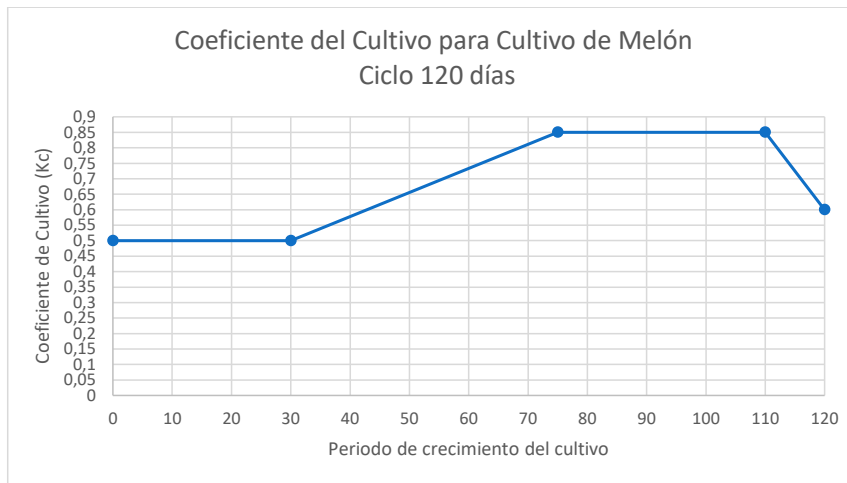
Fuente: (FAO, 1976)

La etapa inicial se da desde el trasplante en donde la planta ocupa poca superficie del suelo y la evapotranspiración ocurre del suelo. El desarrollo se da cuando el cultivo cubre un 10% de la superficie del suelo hasta inicios de la floración. La etapa media ocurre desde la cobertura completa hasta el inicio de la madurez, en esta etapa el K_c alcanza su valor máximo. Finalmente la etapa de la maduración el K_c depende de que el cultivo se deja retoñar o no. Luego se

procedio a realizar la grafica periodo de crecimiento del cultivo Vs coeficiente del cultivo (ver

Figura 4)

Figura 6. Coeficiente del cultivo para melón.



De esta forma se logró relacionar el coeficiente del cultivo para las décadas que se emplearán en el Balance hídrico (ver **Tabla II**).

Tabla 11. Valores Decadal (Kc) cultivo de melón.

	Dec 1	Dec 2	Dec 3	Dec 1	Dec 2	Dec 3	Dec 1	Dec 2	Dec 3	Dec 1	Dec 2	Dec 3
Kc	0.5	0.5	0.5	0.6	0.65	0.75	0.8	0.85	0.85	0.85	0.85	0.6

Se realizó una entrevista al operador quien brindo información acerca del manejo operacional del sistema de riego y su funcionamiento en el manejo del agua el cual estaba determinado de acuerdo con las etapas fenológicas y el coeficiente del cultivo (Kc). Durante el establecimiento del cultivo no tuvieron problemas con el sistema. El único contratiempo presentado fue el exceso

de arena y limos retenidos en el sistema de filtrado a causa de fuertes lluvias que generan taponamientos en los filtros.

4.8. Cálculo de la demanda de agua aplicada

Para efectos de la demanda se establecerá de acuerdo con las características fenológicas del cultivo, su evapotranspiración real se tomara a partir de la evaporación medida en un tanque evaporímetro tipo A. Para ello se emplearán los datos de evapotranspiración potencial (ETP) y coeficiente del cultivo (Kc) obtenidos mediante información Decadal obtenida de la zona de Garzón, Huila (ver **Tabla 12**)

Tabla 12. Valores ETP - Kc para cultivo de melón.

	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL		
	Dec 1.	Dec 2.	Dec 3.	Dec 1.	Dec 2.	Dec 3.	Dec 1.	Dec 2.	Dec 3.	Dec 1.	Dec 2.	Dec 3.
ETP(mm)	54.8	54.8	54.8	50.5	50.5	50.5	54.8	54.8	54.8	54	54	54
Kc	0.5	0.5	0.5	0.6	0.65	0.75	0.8	0.85	0.85	0.85	0.85	0.6
	SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
	Dec 1.	Dec 2.	Dec 3.	Dec 1.	Dec 2.	Dec 3.	Dec 1.	Dec 2.	Dec 3.	Dec 1.	Dec 2.	Dec 3.
ETP(mm)	56	56	56	56.8	56.8	56.8	54	54	54	55.8	55.8	55.8
Kc	0.5	0.5	0.5	0.6	0.65	0.75	0.8	0.85	0.85	0.85	0.85	0.6

Obteniendo los datos de ETP y Kc, pasamos a sustituir en la ecuación(7) consiguiendo:

$$Ln = (5,58mm/dia)x(0,85)$$

$$Ln = 4.7mm/día$$

Este será valor de la lámina de agua que se aplica al suelo mediante el riego con el fin de reponer el consumo evotranspirativo del cultivo

4.9. Determinación de la cantidad de agua requerida para el riego del cultivo de melón

Las salidas de agua (evapotranspiración), y las entradas (precipitación, riego y movimientos por ascenso capilar), son elementos que deben equilibrarse a lo largo de una determinada unidad de tiempo y la expresión cuantitativa de ello se llama balance hídrico realizado de acuerdo a información obtenida de la estación climática del centro poblado de Zuluaga del municipio de Garzón desde el año 2000 del cual se consiguieron datos de evapotranspiración, precipitación y Uso consuntivo (ver **Tabla 13**).

Tabla 13. Valores ETP y precipitación.

	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL		
	Dec 1.	Dec 2.	Dec 3.	Dec 1.	Dec 2.	Dec 3.	Dec 1.	Dec 2.	Dec 3.	Dec 1.	Dec 2.	Dec 3.
ETP(mm)	54.8	54.8	54.8	50.5	50.5	50.5	54.8	54.8	54.8	54	54	54
Pe (mm)	2.81	2.43	1.73	4.05	0.45	3.60	8.67	8.02	12.46	5.31	12.10	11.63
P75%	8.25	7.45	6.05	10.9	3.6	9.75	21	19.4	30.2	13.3	29.3	29
UC (mm)	27.4	27.4	27.4	30.3	32.82	37.87	43.84	46.58	46.58	45.9	45.9	32.4
	SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
	Dec 1.	Dec 2.	Dec 3.	Dec 1.	Dec 2.	Dec 3.	Dec 1.	Dec 2.	Dec 3.	Dec 1.	Dec 2.	Dec 3.
ETP(mm)	56	56	56	56.8	56.8	56.8	54	54	54	55.8	55.8	55.8
Pe (mm)	5.52	3.57	3.29	3.64	5.45	9.66	10.67	8.17	5.06	6.21	5.16	3.52
P75%	14.2	9.85	9.25	9.9	13.8	23.5	25.9	19.8	12.7	15.2	12.9	9.65
UC (mm)	28	28	28	34.08	36.92	42.6	43.2	45.9	45.9	47.43	47.43	33.48

Posteriormente aplicando la ecuación (8) calculamos la Lámina de agua almacenada por el suelo teniendo en cuenta los datos brindados por los administradores de la Finca sobre los parámetros hidrodinámicos del suelo. (ver **Tabla 14**)

Tabla 14. Parámetros hidrodinámicos del suelo.

Franco Arcilloso	
Densidad aparente del suelo (D.A)	1.22
Capacidad de campo del suelo(CC)(%)	16.5
Punto de marchitez	13

permanente del suelo(PMP)(%)	
Profundidad efectiva radicular(PR)(cm)	30

Fuente: Propietario de la finca mediante análisis de suelo

Teniendo:

$$LAA = \left(\frac{16.5 - 13}{100} \right) * 1.22 * 30$$

$$LAA = 1.281cm$$

Después mediante la ecuación (11) se determinó el área de influencia de la planta teniendo como resultado:

$$A_{hip} = 0,50cm * 1.5m$$

$$A_{hip} = 0,750m^2$$

Luego se obtuvo el área humedecida del emisor a través de la ecuación (10) : cinta de riego

$$A_{he} = \pi * \frac{(0,8m)^2}{4}$$

Donde 0,8 es el diámetro húmedo del emisor, teniendo:

$$A_{he} = 0,503m^2$$

Y luego se aplicó la ecuación (9) conseguir el porcentaje de humedecimiento:

$$Ph = \frac{0,503m^2}{0,750m^2} * 100 = 67\%$$

Posteriormente empleando la ecuación (12) se calculó la lámina de aplicación para hallar el volumen almacenado en la zona de raíces:

$$\text{Lamina de aplicación} = 12,81\text{mm} * 0,67$$

$$\text{Lamina de aplicación} = 4.291\text{mm}$$

$$\text{Volumen de aplicación} = 42,91\text{m}^3 * 3,2 \text{ ha}$$

$$\text{Volumen de aplicación} = 137,31 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$\text{Caudal (Lps)} = 38.14 \text{ Lps}$$

La cantidad de agua que se necesita para regar 3.2Ha de melón con este sistema de riego por goteo será 38.14Lps. Es por ello que se debe regar sector por sector.

4.10. Cálculo del grado de eficiencia de aplicación del riego

La eficiencia de aplicación es la relación entre el volumen de agua almacenado en la zona de raíces para el uso consuntivo y el volumen total aplicado, es decir, la eficiencia de aplicación de riego indica el porcentaje de agua que es aprovechado por el cultivo.

La eficiencia en cada sector se realizó teniendo en cuenta que la aplicación para el sistema de riego por goteo de 90% según (Liotta, 2015).

Teniendo el volumen de 137.30 m³/ha en zona de raíces, procedemos a calcular el volumen aplicado mediante el riego para lo cual tenemos:

$$\text{Tiempos de riego por módulo} \frac{Lb \text{ (mm)}}{Ib \text{ (mm/h)}} = h$$

$$\text{Tiempos de riego por módulo} \frac{5.9 \text{ mm}}{5 \text{ mm/h}} = 1.1 \text{ h}$$

Teniendo una duración total del riego de 4h en las 3.2 hectareas

Caudal de la motobomba :11,85lps

Entonces

$$4h * 3600s = 14.400s$$

$$14.400s * 11,85lps = 170.640lt$$

$$Volumen\ de\ agua\ aplicado = \frac{170.640}{1.000}$$

$$Volumen\ de\ agua\ aplicado = 170,64m^3/h$$

Teniendo el volumen de agua almacenado en raíces y el volumen el agua almacenada en el suelo, aplicamos la ecuación (13) de la eficiencia de aplicación:

$$Ea = \frac{137.30}{170.64} \times 100 = 80\%$$

De este modo la cantidad porcentual de agua útil para el cultivo que queda en el suelo para el aprovechamiento de las plantas después del riego es de 80%, valor no muy alejado de lo teórico del riego por goteo que va de 90% - 95%, al ser superior del 75% y continúa siendo un buen porcentaje de precisión para suplir las necesidades hídricas del cultivo. Se considera eficiente un método de riego cuando el agua aplicada al cultivo se usa en un porcentaje superior al 70% (Antúnez, Mora, & Felmer, 2010).

5. Determinación de la uniformidad de aplicación del sistema de riego

Al momento de realizar el aforo de emisores, el propietario del cultivo no nos permitió el acceso a la parte inferior del acolchado para evitar daños en el mismo. Por Esta razón, para la ejecución de la actividad se realizó una emulación de un lateral de riego.

De este modo y una vez determinada la presión de operación se realizó el aforo volumétrico de un lateral de riego de 54m, se procedió a abastecer de agua el lateral con una presión de entrada de 15 psi y seguidamente se tomaron las medidas volumétricas cada 2.7 metros, es decir, el aforo se realizó en un total de 20 emisores haciendo uso de una probeta graduada de 50ml y un cronómetro tomando tiempos de 36 segundos, tres veces por emisor.

En la **Tabla 15** se pueden ver los resultados del promedio de los volúmenes del lateral al cual se realizaron dos repeticiones para posteriormente emplear la ecuación del coeficiente de uniformidad.

Tabla 15. Resultados del promedio de los volúmenes del lateral.

	PSI	M	Q (Lph)	Tiempo (sg)	Volumen (mm/sg)
zona1	15	10.54	1.038	36	10.378
zona2	15	10.54	1.038	36	10.378
zona3	14.99	10.53	1.037	36	10.375
zona4	14.98	10.53	1.037	36	10.371
zona5	14.96	10.51	1.036	36	10.364
zona6	14.93	10.49	1.035	36	10.353
zona7	14.87	10.45	1.033	36	10.332
zona8	14.8	10.40	1.031	36	10.307
zona9	14.71	10.34	1.027	36	10.275
zona10	14.61	10.27	1.024	36	10.239
zona11	14.49	10.18	1.020	36	10.195
zona12	14.35	10.08	1.014	36	10.144
zona13	14.19	9.97	1.009	36	10.086
zona14	14.02	9.85	1.002	36	10.024
zona15	13.82	9.71	0.995	36	9.950
zona16	13.6	9.56	0.987	36	9.868
zona17	13.37	9.40	0.978	36	9.782

zona18	13.11	9.21	0.968	36	9.684
zona19	12.84	9.02	0.958	36	9.580
zona20	12.55	8.82	0.947	36	9.468

Se realizó una curva de funcionamiento de la cinta teniendo en cuenta su presión y caudal presentada en la **Tabla 16**:

Tabla 16. *Relación caudal- presión cinta de riego.*

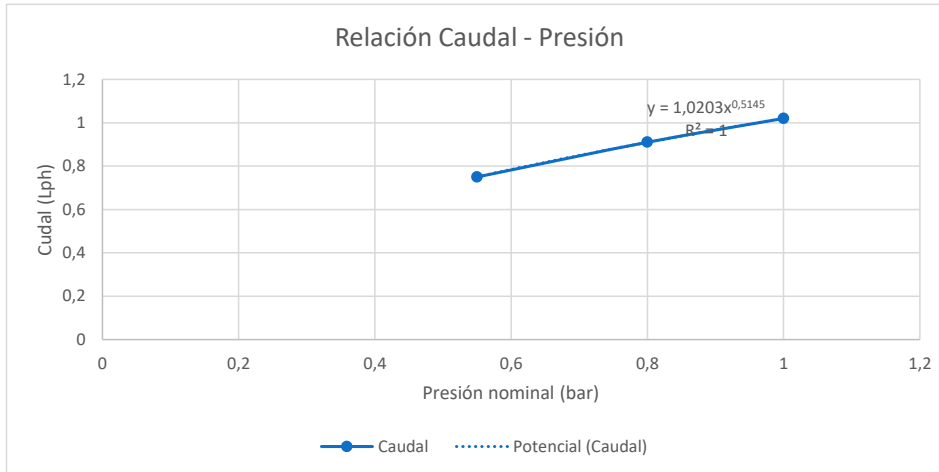
Presión nominal (bar)	Caudal (Lph)
0.55	0.75
0.8	0.91
1	1.02

Realizamos el cálculo del caudal de los emisores de riego mediante la ecuación (15) para luego determinar la curva de la relación caudal - presión:

$$q = 0.308918 * 5.61^{0.514510}$$

Figura 7. *Curva relación caudal - presión.*

$$q = 0.7502258311 \text{ lph}$$



Podemos señalar que las variaciones obtenidas en los caudales al variar la presión se mantienen en los parámetros dados por el fabricante según el caudal nominal de este modelo (Rodrip calibre 8mil), posteriormente, teniendo los resultados de los volúmenes del lateral se procedió a la determinación del coeficiente de uniformidad utilizando la (14):

$$CUC = \frac{9.782 + 9.684 + 9.580 + 9.468}{10.37 + 10.37 + \dots + 9.580 + 9.468}$$

$$CUC = \frac{9.677}{10.108} \times 100$$

$$CUC = 95\%$$

Como resultado se obtuvo un CU del 95% categorizado según (Merriam & Keller, 1978) como excelente en desempeño en el suministro equitativo de volúmenes de agua en cada punto de riego. Donde, además, según el fabricante la longitud recomendada máxima son 83m para un terreno con pendiente 0% para lograr una eficiencia del 90% de uniformidad.

Conclusiones

- El sistema de riego por goteo instalado en la Finca Rancho Tepeyac se encontró en condiciones desfavorables para el desarrollo del cultivo teniendo en cuenta que para su correcto funcionamiento; el sistema no debe tener inconvenientes de obturación en los filtros por sedimentos. Para su óptimo funcionamiento se debe tener en cuenta un filtro de área y un mantenimiento preventivo
- La eficiencia del sistema de riego implementado no es la adecuada, aunque no es la esperada, logra abastecer las necesidades para que el cultivo exprese un buen potencial productivo.
- La motobomba no cumple con los parámetros de diseño
- El riego en el cultivo de melón se aplica con algunos conocimientos hídricos del cultivo, considerando la retención de agua del suelo lo cual genera un producto bueno y con rentabilidad para el productor.
- Con la implementación de este sistema de riego en la producción de melón se encuentran muy buenos resultados al productor y como consecuencia también al consumidor ya que se generan frutos de mayor calidad gracias a la reducción de los problemas que se presentan comúnmente como malezas, plagas y enfermedades a causa de una alta humedad.
- Afirmamos que el manejo de nuevas tecnologías como riego presurizado favorece la producción y la reducción en la mano de obra lo cual se traduce en aseguramiento del cultivo y ganancias para el productor.

Recomendaciones

- Realizar métodos de decantación en la fuente para mejorar la calidad de agua que ingresa al sistema y así disminuir las variaciones del caudal causado por la obturación de los emisores
- Para evitar dificultades en el sistema, es recomendable explorar todas las alternativas que aseguren el buen tratamiento del agua que beneficia al sistema.
- Durante el proceso de instalación, asegurarse de extender las tuberías y cintas de riego de la forma correcta para evitar doblamientos en la misma.
- Realizar un mantenimiento de manera constante para evitar fugas en el sistema de distribución, problemas de presión, taponamiento de emisores, limpieza de sistema de filtrado y demás factores que puedan alterar la eficiencia del sistema causando problemas de uniformidad y pérdidas económicas al productor.
- Al finalizar las temporadas de riego, realizar evaluaciones de uniformidad de riego para determinar las medidas que se deberá tomar para el mantenimiento del sistema.

Anexo fotográfico

Anexo 1. Fuente de abastecimiento de agua.



Anexo 2. Aforo fuente de abastecimiento método del flotador.

Anexo 3. Cabezal de riego.



Anexo 4. Aforo tubería secundaria, método volumétrico.

Con formato: Izquierda, Sangría: Primera línea: 0 cm, Espacio Después: 0 pto, No conservar con el siguiente
Con formato: Fuente: 12 pto, Color de fuente: Automático

Con formato: Sangría: Primera línea: 0 cm

Con formato: Sangría: Primera línea: 0 cm



Con formato: Izquierda

Anexo 5. Aforo de tubería secundaria, método volumétrico.



Anexo 6. Daño en tubería secundaria.



Anexo 7. Daño en cinta de riego.

Anexo 8. Instrumentos aforo lateral de riego. 67



Anexo 9. Aforo lateral de riego.



Literatura citada

- Antúnez, A., Mora, D., & Felmer, S. (2010). *Región de O'higgins: Eficiencia en sistemas de riego por goteo en el secano*. Obtenido de https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2014/06/EFICIENCIA_EN_SISTEMAS_DE_RIEGO.pdf
- Baeza Cano, R., Zapata Sierra, A. J., Alonzo Lopez, F., Fernandez Guerrero, A. J., & Contreras París, J. I. (2016). *Comportamiento de 13 modelos de conta de riego en condiciones de invernadero con agua regenerada*. Sevilla.
doi:<http://dx.doi.org/10.21151/CNRriegos.2016.C10>
- Baquero, C. M., Arcila, Á. C., Arias, H. B., & Yacomelo, M. H. (2007). *Modelo productivo del cultivo de melón (Cucumis melo L.) para la región caribe*. Mosquera.
doi:<https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7402506>
- Blair, E. (1979). *RIEGO POR GOTEO*. Costa Rica. Obtenido de <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/13928/BVE20128181e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Corantioquia. (2014). *Medición de caudal*. Medellín, Colombia. Obtenido de <https://www.piraguacorantioquia.com.co>
- DANE. (2020). *BOLETÍN MENSUAL INSUMOS Y FACTORES ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA*. Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_ene_2020.pdf

- Daniel Alejandro C.R, M. M. (2010). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA EL CULTIVO DE MELÓN (Cucumis melo L.) EN LA HACIENDA “LA TEODOMIRA”*. Obtenido de <https://censalud.ues.edu.sv>:
https://www.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/AGRARIAS_7/Ingenieria%20Agronomica/23.pdf
- EVAS. (2018). *Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA*. Obtenido de <https://www.datos.gov.co/Agricultura-y-Desarrollo-Rural/Evaluaciones-Agropecuarias-Municipales-EVA/2pnw-mmge/data>
- FAO. (1976). *Evapotranspiración del cultivo*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>
- FAO. (2006). *Evapotranspiración del cultivo*. Obtenido de <http://www.fao.org>
- Fernandes, M., & García, G. (2014). El sistema de riego localizado. En M. & Fernandez, *El sistema de riego localizado* (págs. 25-32). España: Boletín informativo del SERIDA. Obtenido de serida.org/pdfs/6003.pdf
- Fernández Gomez, R., Yruela Morillo, C., Milla Milla, J., & Oyonarte Gutierrez, N. (2010). *Módulo 4. Riego Localizado. MANUAL DE RIEGO PARA AGRICULTORES*. (C. d. Pesca, Ed.) Sevilla, España. Obtenido de https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160941RIEGO_BAJA.pdf
- Ferreira E, R., Selles Van, G., & Pimstein A, A. (2000). *Diseño, manejo y mantención de equipos de riego localizado de alta frecuencia*. Santiago de Chile. Obtenido de http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/32168/Boletin_INIA_35.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gobernación del Huila. (2020). *Evaluaciones Agropecuarias*. Obtenido de

<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:T1qdGREXYM4J:https://www.huila.gov.co/publicaciones/5032/evaluaciones-agropecuarias-476/+&cd=15&hl=es&ct=clnk&gl=co>

Grupo Banco Mundial. (agosto de 2020). Obtenido de <https://www.bancomundial.org/>:

<https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture>

Gurovich, L. A. (1985). Fundamentos y diseño de sistemas de riego. En L. A. Gurovich,

Fundamentos y diseño de sistemas de riego. San Jose, Costa Rica: Texto LTDA.

Obtenido de <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A9806e/A9806e.pdf>

Keller, J., & Karmeli, D. (1975). *Trickle irrigation design*. California, USA. Obtenido de

https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAA949.pdf

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Liotta, M. (2015). *Manual de capacitacion: Riego por Goteo*. San Juan, Argentina: San Juan.

Obtenido de https://www.academia.edu/31515502/RIEGO_POR_GOTEO_3

Merriam, J., & Keller, J. (1978). *Farm Irrigation System Evaluation: A Guide For Management*.

USA. Obtenido de <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19811964769>

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Ministerio de Agricultura y Riego. (2015). *Manual del calculode eficiencia para sistemas de*

riegos. Lima, Perú. Obtenido de

https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/manual-riego/cuadernillo_eficiencia_dgiar.pdf

Moises Mario Fernandez de Sousa. (2014). Obtenido de <http://www.serida.org/>:

<http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=6003>

Con formato: Portugués (Brasil)

Navarro Vásquez, M., Vinícius, F. M., da Silva, D. N., & F. de Sousa, V. (2006). *Fertirriego por goteo superficial y enterrado del melón (Cucumis melo L.) en invernadero*. doi:<https://doi.org/10.4995/ia.2006.2884>

Con formato: Portugués (Brasil)

Pineda, D. d. (2010). *Instalacion de un cabezal de riego para un sistema establecido que comprende un invernadero, umbraculo y patio de aclimatacion, ubicados en el campus juan lunardi, paute, de la facultad de ciencias agropecuarias y ambientales*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4033/1/UPS-CT001942.pdf>

Pizarro, F. (1996). *Riegos Localizados de Alta Frecuencia*. España: Mundi-Prensa. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/312379749/Pizarro-Riego-Localizados-de-Alta-Frecuencia>

Portafolio. (20 de Noviembre de 2018). *Portafolio.co*. Obtenido de <https://www.portafolio.co/>

PROSAP. (2016). *Protocolo para la evaluación de equipos de riego por goteo*. Obtenido de <http://www.prosap.gov.ar/Docs/Protocolo%20General%20para%20Evaluacion%20de%20Riego%20por%20Goteo.pdf>

Robert G Evans, W. I. (2007). *Microirrigation systems. En: Design and operation of farm irrigation systems. 2nd Edition*. Sidney, montana: ASABE. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/396130182/332446646-Design-and-Operation-of-Farm-Irrigation-Systems-2nd-Edition-pdf>

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Rodrigo Lopez, J., Hernandez, J., & Rerez, A. y. (1992). *Riego Localizado*. Madrid, España: Mundi-Prensa. Obtenido de https://www.academia.edu/1314333/Riego_localizado_programas_inform%C3%A1ticos_para_windows

Con formato: Portugués (Brasil)

Talon, P. J., & Gerrero, E. Q. (2013). *Consideraciones sobre el mantenimiento y el manejo de las instalaciones de riego localizado*. Valencia, España. Obtenido de

http://riegos.ivia.es/ficheros/recursos/mantenimiento_y_manejo_riego_localizado.pdf

Torres Hernandez, A. (2013). *Mantenimiento de un sistema de riego por goteo*. Santiago de Chile. Obtenido de <http://sb.uta.cl/libros/30924-MANUAL%20RIEGO%20web.pdf>

Yague, J. L. (2003). *Técnicas De Riego*. Madrid, España: Mundi-Prensa. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/384267334/Tecnicas-de-Riego-Fuentes-Yague-Garcia-Legaspi>

Zapata, M., Cabrera, P., Rañón, S., & Roth, P. (1989). *El melón*. Madrid, España: Mundi-Prensa. Obtenido de <https://fddocuments.ec/document/melon.html>