

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
VICERRECTORÍA DE DOCENCIA  
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



Informe de Trabajo Final de Graduación presentado a la  
Escuela de Ingeniería Agrícola como requisito parcial para  
optar al grado de Licenciado en Ingeniería Agrícola

DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO PARA LOS PRODUCTORES DE  
ASOORGÁNICOS, PÉREZ ZELEDÓN.

KAROL QUIROS VALVERDE

CARTAGO, 2018

DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO PARA LOS PRODUCTORES DE  
ASOORGÁNICOS, PÉREZ ZELEDÓN.

Karol Andrea Quirós Valverde

Informe de Trabajo Final de Graduación presentado a la  
Escuela de Ingeniería Agrícola como requisito parcial para  
optar al grado de Licenciado en Ingeniería Agrícola

---

Ing. Isabel Guzmán Arias. Dra.

Asesor

---

Ing. Marvin Villalobos Araya. M.Sc

Director Escuela  
Ingeniería Agrícola

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

CARTAGO, COSTA RICA

2018

## **Dedicatoria**

*A mi familia, en especial a mis padres Mayela y Ulises,  
por el apoyo incondicional y motivarme a seguir adelante.*

## **Agradecimientos**

*Primero agradecer a Dios, por darme salud y sabiduría durante este proceso de formación profesional. A mi familia por su apoyo incondicional, en especial a mi madre y hermanas Karen, Karolyn y mi sobrino Aarón por motivarme cada día. Durante, el proceso de TFG agradezco a mi hermano Francisco por ayudarme con el trabajo de campo. Además, una mención especial a Victoria Jiménez y su familia quien me motivó y apoyó para que ingresará a esta prestigiosa institución.*

*A los profesores y personal administrativo de la escuela de Ingeniería Agrícola del Tecnológico de Costa Rica, por formarme académicamente. A la Asociación de estudiantes de Ingeniería Agrícola (ASOAGRI)2017-2018, en donde hice amigos y crecí como persona. A mis amigos Yasser, Drexler, Martha, Alejandro H, Alejandro D, Joselyn, Jordan, Mónica, María José, Daniel, David, Mariana, Diego, Elizabeth y Nicky quienes me apoyaron académicamente y emocionalmente.*

*Finalmente, a todo el personal de la Agencia de Extensión agropecuaria del MAG, en Pérez Zeledón, y Asoorgánicos por darme la oportunidad de realizar mi TFG en esta cálida institución, la cual hice grandes compañeros de trabajo, amigos, donde conocí muchos lugares y productores de la zona, en especial a Roberto Chacón por ser mi mentor en dicha institución.*

*Mi más sincero agradecimiento a todos los que formaron parte de este proceso.*

## Contenido:

1.	RESUMEN.....	9
2.	INTRODUCCION .....	12
2.1.	OBJETIVOS .....	14
2.1.1.	Objetivo general: .....	14
2.1.2.	Objetivos específicos .....	14
3.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	15
3.1.	Consumo de hortalizas .....	16
3.2.	¿Cómo diseñamos la huerta? .....	16
3.3.	Enfermedades que se presenta en los invernaderos .....	16
3.4.	Abonos orgánicos .....	19
3.5.	Agua para uso agrícola .....	20
3.6.	Riego por goteo: .....	22
3.6.1.	Componentes de un equipo de riego por goteo: .....	23
	Equipos de Venturi: .....	24
3.6.2.	Diseño hidráulico de un sistema de riego por goteo.....	24
	Porcentaje de riego humedecido (PAR): .....	24
	Eficiencia:.....	25
	Elección de un gotero: .....	26
	Colocación de laterales y goteros:.....	26
4.	METODOLOGIA.....	27
4.1.	Descripción de la zona de estudio:.....	28
4.2.	Levantamiento de GPS .....	29
4.3.	Levantamiento taquimétrico.....	29
4.4.	Muestreo de suelos .....	30
4.5.	Calculo del peso específico.....	31
4.6.	Determinación de la capacidad de campo y punto de marchitez permanente .....	31
4.7.	Determinación de la infiltración básica .....	33
4.8.	Datos hidrometeorológicos .....	36
4.9.	Diseño del sistema de riego.....	41
4.9.1.	Datos del cultivo .....	41

4.9.2.	Diseño agronómico.....	43
4.11.	Análisis ambiental.....	51
4.11.1.	Matriz de Arboleda.....	51
4.12.	Análisis económico .....	53
	Balance económico.....	54
	Cálculo del VAN y TIR.....	54
5.	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADO.....	57
5.4.	Análisis económico, ambiental y social .....	74
5.4.1.	Análisis económico .....	74
5.4.2.	Análisis de impacto ambiental.....	76
5.4.3.	Medidas de control de los impactos .....	79
5.4.4.	Análisis de impacto social.....	80
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	81
7.	BIBLIOGRAFÍA .....	84
8.	ANEXOS.....	87
	PLANOS.....	113

## Índice de Cuadros

Cuadro 1. Parámetros físico químicos de las aguas. Fuente: (EcuRed, 2016) .....	20
Cuadro 2. Parámetros químicos normales para consumo de agua. (Monge, 2017).....	21
Cuadro 3.PAR según Keller y Karmelli. Fuente: (Villalobos M., 2017) .....	25
Cuadro 4. TR en función de la profundidad de raíces y textura del suelo.....	26
Cuadro 5. Lista de productores de Asoorgánicos. Fuente: MAG, 2018.....	28
Cuadro 6. Parámetros de Van Genuchten para 12 tipos de suelo y valores de A para 2,2 cm de radio de disco y succiones de 0,5 a 6 cm. Fuente (Decagon Devices, 2011).....	35
Cuadro 7. Coeficiente del cultivo (Kc) para los cultivos es los invernaderos. (Chavarría, 2013).....	42
Cuadro 8. Profundidad media efectiva para hortalizas. ....	42
Cuadro 9.Longitud añadida. Fuente: (Villalobos M. , 2017).....	47
Cuadro 10.Coeficientes de material a utilizar en la ecuación de Hazen Williams. Fuente: (Villalobos M. , 2017) .....	48
Cuadro 11.Coeficientes F para laterales de aluminio y plástico. Fuente: (Villalobos M. , 2017).....	48
Cuadro 12. Características del suelo, presente en las camas de los invernaderos, .....	59
Cuadro 13. Eto según Thornthwaite de la estación de La Linda, .....	61
Cuadro 14. Resumen de Eto según el programa PEPT V2,0 de la estación de Linda,.....	62
Cuadro 15. Eto según Thornthwaite de la estación de Tinamaste, .....	63
Cuadro 16. Resumen de Eto según el programa PEPT V2,0 de la estación de Tinamaste,.....	64
Cuadro 17. Datos generales de riego diseño por goteo .....	65
Cuadro 18. Generalidades para el diseño de cada sistema de riego, .....	65
Cuadro 19. Valores K1 .....	67
Cuadro 20. Pérdidas y diámetros en cada proyecto, .....	73
Cuadro 21. Presiones de goteo .....	73
Cuadro 22. Presiones de las válvulas, (mca) .....	74
Cuadro 23. Flujo de caja del proyecto, .....	74
Cuadro 24. Aplicación del método de Arboleda al proyecto.....	76
Cuadro 25. Relación impacto-importancia del impacto ambiental en el proyecto, .....	77
Cuadro 26. Agrupación de impactos con características similares.....	78
Cuadro 27. Medidas de control en el proyecto, .....	79
Cuadro 28. Levantamiento topográfico de las fincas en estudio. ....	88
Cuadro 29. Resumen de Etr para Tinamaste por mes, según métodos del programa PETP V2.0.....	95
Cuadro 30. Resumen de Etr para La Linda por mes, según métodos del programa PETP V2.0.....	96
Cuadro 31. Lecturas de pruebas de Bouyucos.....	97
Cuadro 32. Prueba en ollas de presión a 15 bar.....	98
Cuadro 33. Pruebas en ollas de presión a 3 bar. ....	99
Cuadro 34. Cálculos para determinar el peso específico.....	100
Cuadro 35. Accesorios y costos para sistema de riego.....	112

## Índice de Figuras

Figura 1. Instalación de un Venturi. Fuente: (TRAXCO, 2016) .....	24
Figura 2. Levantamiento taquimétrico.....	29
Figura 3. Triángulo de textura. Fuente: (Ciancaglini) .....	31
Figura 4. Prueba de infiltración en el área de estudio.....	33
Figura 5. Ubicación de las fincas.....	58
Figura 6. Distribución del sistema de riego, para la finca 2, .....	60
Figura 7. Cálculo de velocidad de infiltración (ml/h) para la finca 1.....	100
Figura 8. Cálculo de velocidad de infiltración (ml/h) para la finca 2.....	101
Figura 9. Cálculo de velocidad de infiltración (ml/h) para la finca 3.....	101
Figura 10. Cálculo de velocidad de infiltración (ml/h) para la finca 4.....	102
Figura 11. Cálculo de velocidad de infiltración (ml/h) para la finca 5.....	102
Figura 12. Cálculo de velocidad de infiltración (ml/h) para la finca 6.....	103
Figura 13. Cálculo de velocidad de infiltración (ml/h) para la finca 7.....	103
Figura 14. Especificaciones técnicas de la cinta de goteo.....	106
Figura 15. Curvas de nivel de la finca 1.....	107
Figura 16. Curvas de nivel de la finca 3.....	108
Figura 17. Curvas de nivel de la finca 4.....	108
Figura 18. Curvas de nivel de la finca 5.....	109
Figura 19. Curvas de nivel de la finca 6.....	109
Figura 20. Curvas de nivel de la finca 7.....	110
Figura 21. Curvas de nivel de la finca 8 y 9.....	110
Figura 22. Curvas de nivel de la finca 10.....	111
Figura 23. Curvas de nivel de la finca 11.....	111

## Índice de Anexos

Anexo 1. Levantamiento topográfico.....	88
Anexo 2. Datos de estaciones meteorológicas proporcionados por el Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica.....	93
Anexo 3. Estudio de suelos.....	97
Anexo 4. Diseño de sistema de goteo.....	106
Anexo 5. Curvas de nivel y diseños.....	107
Anexo 6. Costo de los materiales.....	112

## **1. RESUMEN**

## Resumen

Este proyecto forma parte del Programa Nacional de Transferencia del Ministerio de Agricultura y Ganadería, con el cual se procura mantener condiciones adecuadas para el desarrollo de las plantas. En este caso, se controla las condiciones adversas del clima, todo esto conlleva a un aumento del rendimiento de producción, lo que se traduce en una mayor rentabilidad para los productores y a su vez, mejorando calidad y ofreciendo productos orgánicos en el mercado de la región.

Se propone el diseño de sistemas de riego por goteo, para el cultivo de hortalizas en el cantón de Pérez Zeledón, con el fin de hacer un uso racional del agua en épocas de sequía, generando conciencia del ahorro y eficiencia de agua en el sector agrícola. Además, se va a utilizar un sistema de fertirrigación por medio de un inyector Venturi, este dispositivo permite que las plantas aprovechen los elementos que necesitan durante su desarrollo.

El muestreo de suelos revela la presencia principalmente de arcillas en las zonas de estudio y una densidad aparente de  $0,83 \text{ g/cm}^3$ . Se calculó la evapotranspiración potencial para la estación de La Linda con un valor de  $2,68 \text{ mm/h}$  y Tinamaste con un valor de  $3,9 \text{ mm/h}$ . Se determinó un caudal promedio de  $7,1 \text{ m}^3/\text{h}$  mediante el aforo de fuentes. Se utilizó una cinta de goteo con goteros integrados a una distancia de emisores de  $0,25 \text{ cm}$  y una distancia entre líneas de  $0,6 \text{ m}$ , para regar una lámina promedio en los invernaderos de  $14 \text{ mm}$ . El tiempo de riego promedio es de 45 minutos y una frecuencia de riego promedio de 6 días para cada invernadero. Además, se realizó el análisis de costos de los diseños y el análisis ambiental.

**Palabras claves:** Asoorgánicos, goteo, hortalizas, invernaderos, sistema, riego.

## **Abstract**

This project is part of the National Transfer Program of the Ministry of Agriculture and Livestock, which seeks to maintain adequate conditions for the development of the plants. In this case, the adverse weather conditions are controlled, all this leads to an increase in production yield, which translates into greater profitability for the producers and in turn, improving quality and offering organic products in the region's market.

The design of drip irrigation systems is proposed, for the cultivation of vegetables in the canton of Pérez Zeledón, in order to make a rational use of water in times of drought, generating awareness of the saving and efficiency of water in the agricultural sector. In addition, a fertirrigation system will be used by means of a Venturi injector, this device allows the plants to take advantage of the elements they need during their development.

Soil sampling reveals the presence mainly of clays in the study areas and an apparent density of 0,83 g / cm<sup>3</sup>. The potential evapotranspiration for the La Linda station was calculated with a value of 2,68 mm / h and Tinamaste with a value of 3,9 mm / h. An average flow rate of 7,1 m<sup>3</sup> / h was determined by the capacity of sources. A drip tape was used with integrated drippers at a distance of emitters of 0,25 cm and a distance between lines of 0,6 m, to water an average sheet in the greenhouses of 14 mm. The average watering time is 45 minutes and an average watering frequency of 6 days for each greenhouse. In addition, cost analysis of the designs and environmental analysis was carried out.

**Keywords:** Asoorgánicos, drip, vegetables, greenhouses, system, irrigation.

## **2. INTRODUCCION**

El proyecto se desarrollará en Pérez Zeledón, en diez fincas diferentes. Debido, a que se encuentra distribuidas en todo el cantón. Además, es importante mencionar que el proyecto pertenece al Programa Nacional de Transferencia del Ministerio de Agricultura y Ganadería; el cual consiste en el desarrollo de invernaderos para los productores de Asoorgánicos, de modo que se tiene coordinación con el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) por medio del Ing. J Roberto Chacón Montero, quien es el jefe de la Agencia de Extensión Agrícola en San Isidro de El General, Sede Región Brunca y Bolívar Ureña Rojas, quien es el presidente de la Asociación de productores orgánicos (Asoorgánicos).

Este programa se otorgó por 57 millones de colones, los cuales están distribuidos en el desarrollo de invernaderos en una primera etapa, posteriormente el sistema de riego y finalmente un cuarto de inocuidad. En el cual, los productores desean poseer un sistema de riego por goteo y fertirriego para estos invernaderos, con el fin de atender el objetivo de la organización.

Los invernaderos comprenden un área de 200 m<sup>2</sup> cada uno, y el uso de su suelo corresponde al cultivo de hortalizas. Estas fincas se dedican a la siembra de hortalizas como lechuga, cebollino, culantro, tomate, perejil, zanahoria, entre otros. Los cultivos bajo ambiente protegido, se realizan de forma intensiva, es decir, con una explotación del suelo pues se labra constantemente por ser cultivos de corto tiempo. Por lo que la asociación busca que los agricultores produzcan eficientemente y sin el uso excesivo de agroquímicos; donde se use el fertirriego como un inyector de sales y bioinsumos. Por ende, el sistema de riego les servirá para eficientizar su producción, disminuir tiempos de riego; en donde el productor dedique este tiempo a realizar labores culturales.

Es importante destacar el impacto desde un punto de vista ambiental, pues se pretende atender los fines de la organización. Por otro lado, el aspecto socioeconómico se encuentra claramente incluido dentro de su presupuesto y este ayude de manera social a las personas beneficiadas. Además, que a través del desarrollo del proyecto sea una incursión en productos no tradicionales y libre de herbicidas. Por último, el trabajo se presenta como una propuesta

de diseño a partir de una base teórica, por lo que se puede catalogar como un tema de gran interés para la comunidad a realizar.

Con lo anterior, se denota para alcanzar los objetivos plateados, en el cual para mejorar la calidad del cultivo se requiere de mantener las condiciones en las que se desarrolla el mismo, por ende, es indispensable un sistema de riego, que le permita suplir las necesidades de los cultivos; además de un uso eficiente del agua, inyección de abonos orgánicos y bajar los costos de producción. Por ende, se requiere conocer cada área, datos climatológicos, cultivos sembrados, además el manejo que se requiere para mantener el cultivo húmedo y fertilizado a través del fertirriego, de esta forma dada una adecuada al recurso hídrico.

## **2.1.OBJETIVOS**

### **2.1.1. Objetivo general:**

Diseñar once sistemas de riego para hortalizas bajo invernaderos, en Pérez Zeledón.

### **2.1.2. Objetivos específicos**

- a) Evaluar las condiciones para cada invernadero.
- b) Diseñar agrónomica e hidráulicamente el sistema de riego para cada invernadero.
- c) Analizar la viabilidad ambiental, económica y social que impliquen en el desarrollo del proyecto.

### **3. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **3.1. Consumo de hortalizas**

En la actualidad la existencia de hortalizas que se consumen con mayor frecuencia son los plátanos, chile dulce, lechuga y tomate; se estima que en la zona en una media poblacional de consumo semanal es el siguiente: 70 576 kg de cebolla, 83 771 kg de papa, 93 852 kg de tomate, 151 761 unidades de chile dulce, 98 598 cabezas de ajo, 320 280 unidades de plátano, 79 985 unidades de lechuga, 85 079 rollitos de culantro castilla, 123 248 unidades de chayote y finalmente, 46 767 rollitos de apio, para el año 2013. En el cual un valor semanal a precios de CENADA ubicado entre US\$1.020.774 y US\$361.991 para el caso de los 41 productos hortícolas; como parámetro que ha aumentado la cultura de consumo de estos productos. (Villalobos & Sánchez, 2013)

### **3.2. ¿Cómo diseñamos la huerta?**

En el diseño de un invernadero con hortalizas, se debe elegir un espacio en el cual se pueda labrar las camas, generalmente el ancho es de 1,2 m, por condiciones ergonómicas. Además, se debe dejar un ancho de camino, el cual permita la movilización dentro de la misma, y su vez un lugar para depositar la materia orgánica para elaborar los abonos. (Zoppolo, Faroppa, Bellenda, & García, 2008)

### **3.3. Enfermedades que se presenta en los invernaderos**

Las enfermedades causadas por hongos presentan un incremento en la incidencia y la severidad, debido a que en ola invernal se presentan condiciones favorables para la diseminación y el desarrollo de algunos organismos patógenos, junto a las condiciones desfavorables de defensa de las plantas, que inducen pérdidas y en ocasiones hasta la ruina total de las cosechas.

Generalmente las enfermedades y sistemas controlados s generado por hongos, en el cual presentan un incremento en la incidencia y la severidad. Debido a los organismos patógenos y las condiciones desfavorables de defensa de las plantas, inducen a perdidas parcial o total de cultivos. Po ello en Costa Rica para control bilógico y orgánico la empresa Agrotico lo distribuyen. A condición se definen las enfermedades causadas por hongos y bacterias:

### 1. Hongos:

- A. Fusarium: Los hongos presentes en el suelo se les llama Fusarium, estos generalmente son conocidos como hongos acuáticos, ya que el agua los transporta. Generalmente se presentan en el cultivo Zucchini, donde empieza a producirse del extremo hacia adentro del mismo. Mientras que en los cultivos de lechuga se presenta en forma de puntos amarillos, manchas blancas en diferentes secciones de la hoja. Por lo que se usan productos como Kilol (Dosis 2.5 cc/ 1 litro de H<sub>2</sub>O) y Kasumin (1.25 cc/ 1 litro de H<sub>2</sub>O), estos productos aplicados una vez cada 15 días.
- B. Cercospora: Se le conoce generalmente como “ojo de sapo”. Su presencia es típica en culantro, en las puntas de las hojas se pone una mancha café o negra. Para combatir este hongo se utiliza Amistar (1 cc/ 1 litro de H<sub>2</sub>O) y Sulfocal (1/2 litro/ 16 litro de H<sub>2</sub>O). Estos productos se encuentran en la lista que el Sistema Fitosanitario del Estado (SFE), como permitidas para uso agrícola. Además, se puede utilizar azufres que controlan dicha enfermedad. Una forma orgánica de disminuir su aparición es podando y sacando el material.
- C. Oídium: este tipo de hongo se presenta como un sarpullido blanco de las plantas. Por lo general, se presenta en época de verano, y en cultivo de chile, sandía, pepino. Prácticamente se controla con azufres.

2. Bacteriosis: Cuando hay presencia de bacterias, en la planta presenta un olor a podredumbre, y manchas negras. Por lo que se recomienda limpiar el suelo e insolar para eliminar las bacterias presentes.

- A. Ralstonia: Se le conoce como mayada del tomate, en el cual las plantas mayadas, presentan un tallo de color café, este se parte y se observa seco. Generalmente, se presenta cuando hay problemas de drenaje. Por ende, se debe realizar labores culturales, para minimizar su aparición.
- B. Xanthomonas: Generalmente aparecen puntos negros y quemados en la planta.

3. Insectos; estas los que más se presentan en los invernaderos:

- A. Coleóptera (mariquitas): si pasa el 25% de las hojas, el agricultor debe de realizar métodos de mitigación, para afrontar el problema citado.
- B. *Halticus bractatus* (pulga negra): se da en la etapa de nacimiento y esta pequeño. Se debe mantener el suelo húmedo.
- C. *Agrosomal/Macunolla/ Cicadeilla*: grillos.
- D. *Plutella Xyllstella*: es una polilla nocturna y se come la lechuga. La larva es la productora del daño y los huevos los pone debajo de las hojas.
- E. *Diafania nitidalis*: gusano del zuquini.
- F. *Agrotis* (pulgón): gusano café. Generalmente se presenta en acumulaciones de suelo seco y observa en las noches.

4. Intoxicaciones: plantas deformes. Generalmente en hojas. Este se propaga en un ambiente de hasta 3 km, es muy sensible en tomate y lechuga.

5. Medidas de control: estas son de suma importancia ya que nos ayudan a minimizar daños en las producciones presentes, por lo cual a continuación se presenta una serie de medidas:

- Semilla certificada
- Rotación de cultivos
- Variedades resistentes
- Daño mecánico
- Humedad del suelo. (drenaje)
- Análisis de suelo al menos una vez al año
- Nunca dejar los troncos de hortalizas, luego de cosechar.

6. Productos: Estos son los recomendados por el MAG, Pérez Zeledón, y a su vez la descripción de utilización:

- A. Bromolex: Se utiliza para repeler insectos, con una dosis de 7 cc / litro de agua
- B. Serenade Max: Se utiliza para combatir hongos, con una dosis de 250 gr o 1-2 onzas por litro

- C. Impide 46: este es u insecticida orgánico y se utiliza en porciones de 1 cc/litro de agua)
- D. Cascara de huevo o broza de café dentro del sustrato: Se usa para combatir babosas y caracoles.

### **3.4.Abonos orgánicos**

#### **3.4.1. Elaboración de biofermentos y su aplicación como abono foliar:**

Estos productos son una alternativa para la producción agrícola, los cuales son populares en algunos países, debido a que constituyen un recurso agrícola para minimizar o sustituir el uso de agroquímicos importados. Los biofermentos son producto de la fermentación de materiales orgánicos mediante la actividad microbiana; es beneficioso para las plantas en su alimentación por el aporte de vitaminas, aminoácidos, y ácidos orgánicos.

#### **3.4.2. Uso de microorganismos de montaña (MDM):**

Los microorganismos de montaña son una combinación de microorganismos de origen natural y un cultivo mixto, en el cual los ecosistemas son compatibles unos con otros. El método se desarrolló por Dr. Teruo Higa, en los años 80 para la agricultura, finalizando como EM (Microorganismo Eficaz).

En promedio existen 80 especies de al menos unos 10 géneros, en el cual se presentan bacterias fotosintéticas, actinomicetos, bacterias productoras de ácido láctico y levaduras. Entre sus funciones principales está la descomposición de materia orgánica, reciclar materiales y fijar nitrógeno.

Estos microorganismos se pueden conservar de dos formas, las cuales son líquida y sólida, esto varía según la necesidad de los productores. En el caso de la fase líquida, se debe poseer un inóculo de MDM sólido, ósea una capa de hojas y materiales caídas de árboles, donde se haya habido intervención del hombre por varios años; azúcar para la elaboración de energía. Mientras, que el caso de la fase sólida se debe poseer los elementos anteriores y los carbohidratos como sustrato y energía. (MAG, 2018)

### 3.5. Agua para uso agrícola

El agua es uno de los recursos indispensables para las actividades que desempeñan los seres vivos, ya además de ayudar con las actividades biológicas de los organismos, juega un papel muy importante en la economía del mundo. Ya que se requiere agua desde en procesos de manufactura, hasta para producir los alimentos que consumen las distintas poblaciones.

Sin embargo, no toda agua puede ser usada para un mismo propósito, ya que existen ciertos estándares que deben cumplirse para darle un aprovechamiento adecuado. Por lo cual, los parámetros físico químicos de las aguas, se describe a continuación:

*Cuadro 1. Parámetros físico químicos de las aguas. Fuente: (EcuRed, 2016)*

Parámetro	Descripción
PH	Es la medida de la acidez del agua, expresada por una escala entre 1 y 14.
Temperatura	Relación que se establece entre temperatura y solubilidad de sales y gases, ya que disminuyen la capacidad de disolución de oxígeno
Oxígeno Disuelto	Es importante por la respiración celular por el metabolismo.
Dureza	Es la concentración de cationes (iones metálicos positivos). Los más abundantes son el Ca y Mg.
Alcalinidad	Es la concentración de aniones (iones metálicos negativos). A su vez, la capacidad de captar H <sup>+</sup> , los más abundantes son el CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> y HCO <sub>3</sub>
DBO	Demanda biológica de oxígeno, en el cual es el requerimiento de oxígeno producido por la biodegradación de la materia orgánica contenida en el agua.
DQO	Demanda química de oxígeno. Es la cantidad de oxígeno (mg/l) necesaria para la oxidación de la materia mineral y orgánica, biodegradable o no, presente en las aguas.
Nitrógeno	Es esencial para todos los organismos; porque es un nutriente indispensable en el crecimiento de organismos fotosintéticos.
Fósforo	Es un nutriente de la vida acuática y limitante del crecimiento de las plantas. Generalmente su presencia está asociada con la eutrofización de las aguas, con problemas de crecimiento de algas indeseables en embalses y lagos con acumulación de sedimentos, etcétera.

La información del cuadro 1 es importante tomarlo en cuenta, ya que determinará si una fuente de agua la cual quiere ser usada para riego será la óptima, porque existen variables que determinen si una fuente hídrica pueda ser usada o no, entre las cuales están: qué cultivo se va regar y qué tipo de suelo.

*Cuadro 2. Parámetros químicos normales para consumo de agua. (Monge, 2017)*

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valores normales en aguas de riego
<b>SALINIDAD</b>			
<u>Contenido en sales</u>			
Conductividad eléctrica	CE <sub>a</sub>	dS/m	0 – 3
Total sólidos en solución	TSD	mg/l	0 – 2000
<u>Cationes y aniones</u>			
Calcio	Ca <sup>2+</sup>	meq/l	0 – 20
Magnesio	Mg <sup>2+</sup>	meq/l	0 – 5
Sodio	Na <sup>+</sup>	meq/l	0 – 40
Carbonatos	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	meq/l	0 – 0'1
Bicarbonatos	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	meq/l	0 – 10
Cloro	Cl <sup>-</sup>	meq/l	0 – 30
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	meq/l	0 – 20
<b>NUTRIENTES</b>			
Nitrato-nitrógeno	NO <sub>3</sub> -N	mg/l	0 – 10
Amonio-nitrógeno	NO <sub>4</sub> -N	mg/l	0 – 5
Fosfato-fósforo	PO <sub>4</sub> -P	mg/l	0 – 2
Potasio	K <sup>+</sup>	mg/l	0 – 2
<b>VARIOS</b>			
Boro	B	mg/l	0 – 2
Acidez o basicidad	pH	1-14	6 – 8'5
Relación de absorción de sodio	RAS	meq/l	0 - 15

Estos parámetros químicos, se consideran normales, es importante en el caso de aplicación de sales por medio de fertirriego, en el cual (Monge, 2017), explica que al observarse estas variables se puede definir que sales se va integrar al sistema de riego y las necesidades del cultivo.

Por ejemplo, las hortalizas, según (Sagarpa, 2015) la conductividad eléctrica admisible por los siguientes cultivos se presenta a continuación:

*Cuadro 2. CE admisible en hortalizas.*

Cultivo	CE [ds/m]	Cultivo	CE [ds/m]
<b>Brócoli</b>	2.8	<b>Papa</b>	1.7
<b>Pepino</b>	2.5	<b>Pimiento</b>	1.5
<b>Tomate</b>	2.5	<b>Zarzamora</b>	1.5
<b>Melón</b>	2.2	<b>Lechuga</b>	1.3
<b>Espinaca</b>	2.0	<b>Cebolla</b>	1.2
<b>Col</b>	1.8	<b>Frambuesa</b>	1.0
<b>Maíz dulce</b>	1.7	<b>Fresa</b>	1.0

Esta unidad se expresa en dS/m, por lo que si hay exceso se debe manejar mediante una fracción de lavado en cada riego, para mantener el equilibrio salino en el suelo y evitar su salinización.

### **3.6.Riego por goteo:**

Según (Villalobos,2017) cita las siguientes ventajas sobre los sistemas de riego por goteo:

- Ahorro en el consumo de agua:

El desarrollo radical en un cultivo regado por goteo se produce en un limitado volumen de suelo; con lo cual se humedece solo una pequeña porción del área total. Con esto se reduce la superficie total evaporante, las pérdidas por escorrentía y la percolación profunda que ocurre. Por otro lado, la eficacia en riego por goteo es del orden del 95% o más lo cual también hace que se ahorre agua.

- ◆ Se pueden aplicar agroquímicos con el sistema:

Se puede aplicar agroquímicos, ya que estos van directamente a la zona radicular, no ocurren pérdidas por percolación.

- ◆ Adaptable a todo tipo de suelo y clima:  
Como se ve afectadas por las condiciones climáticas, puede adaptarse a todo tipo de clima.
- ◆ Disminución de maleza:  
Al aplicarse agua solo a una porción del suelo, hace que crezca maleza.
- ◆ Ahorro de Mano de Obra:  
Requiere menor mano de obra que los sistemas tradicionales, ya que se encuentra fijo.
- ◆ Baja presión de operación:  
Hay ahorro de energía no solo por la alta eficacia, sino también por la baja presión de trabajo y el menor caudal de manejo, respecto a otras formas de riego.
- ◆ Reducción de enfermedades fungosas:  
Al no mojarse el follaje se reducen las enfermedades causadas por hongos y bacterias.

### **Desventajas de riego por goteo**

- ◆ Alto costo inicial:  
Estos equipos de riego son de alto costos; comparado con los sistemas de aspersión.
- ◆ Obstrucción de goteros:  
Esta es la mayor desventaja, ya que si se obstruyen no se puede aplicar el riego en forma eficiente; esto se puede evitar con una buena filtración del agua.
- ◆ Afectado por roedores:  
Al quedar ciertas tuberías expuestas, estas pueden ser dañadas por roedores.

#### **3.6.1. Componentes de un equipo de riego por goteo:**

Los principales componentes de un sistema de riego por goteo son:

- Cabezal de riego
- Red de distribución.

- Goteros o emisores.
- Dispositivos para estimar necesidades de riego.

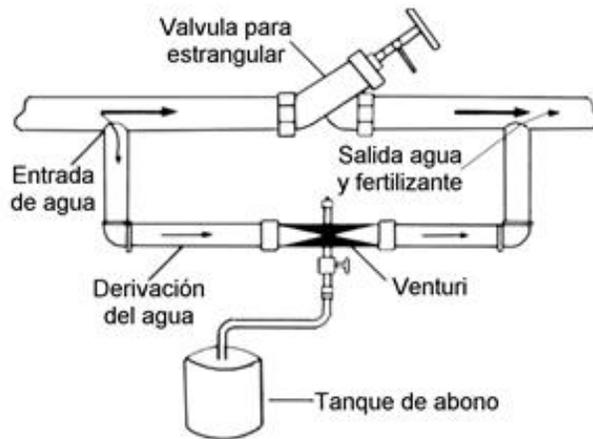
### **Cabezal de Riego:**

Éste está ubicado próximo al abastecimiento de agua. Esta comprendido por el conjunto de motobomba, un sistema de filtrado, fertilización y control de presiones y caudales.

### **Equipos de Venturi:**

Los equipos Venturi son tubo provisto de un estrechamiento por donde circula el agua. En el estrechamiento está conectada una tubería que se introduce en un tanque que contiene la solución a inyectar. El tanque donde se encuentra la solución está abierto a la atmósfera. Este estrechamiento denominado como Venturi, causa un aumento de la velocidad del agua, lo que origina una succión de la solución con fertilizante y la introduce a la red.

En la figura 1, se encuentra un esquema de instalación de un Venturi.



*Figura 1. Instalación de un Venturi. Fuente: (TRAXCO, 2016)*

### **3.6.2. Diseño hidráulico de un sistema de riego por goteo**

#### **Porcentaje de riego humedecido (PAR):**

En riego por goteo no se humedece el 100% del área; sino que un porcentaje. Se ha comprobado que regando el 50% del potencial de raíces se han obtenido excelentes resultados. El porcentaje de suelo que humedece el gotero depende del caudal de éste, tipo de suelo y

tiempo de riego. Se dice que el PAR debe oscilar entre un 30 y un 70%. Uno de estos cuadros es el propuesto por Kéller y Karmelli.

Cuadro 3. PAR según Kéller y Karmelli. Fuente: (Villalobos M., 2017)

**Porcentaje del área humedecido en el riego por goteo.**

Espacia- miento entre Laterales [ m ]	Descarga del Gotero [ 'lt/h ]														
	Menos de 1.5			2			4			8			Más de 10		
	Textura del Suelo °)														
	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
Espaciamiento de los goteros sobre el lateral de [ m ].															
0.2	0.5	0.9	0.3	0.7	1.0	0.6	1.0	1.3	1.0	1.3	1.7	1.3	1.6	2.0	
Porcentaje del área bajo riego ( estimado ) [ % ]															
0.8	38	88	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
1.0	33	70	100	40	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	
1.2	25	58	92	33	67	100	67	100	100	100	100	100	100	100	
1.5	20	47	73	26	53	80	53	80	100	80	100	100	100	100	
2.0	15	35	55	20	40	60	40	60	80	60	80	100	80	100	
2.5	12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	
3.0	10	23	37	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	
3.5	9	20	31	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	
4.0	8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	
4.5	7	16	24	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	
5.0	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	
6.0	5	12	20	7	14	20	14	20	27	20	27	34	27	34	

G = Textura Gruesa, Arenosa.  
M = Textura Mediana, Franca  
F = Textura Fina, Arcillosa.

### Eficiencia:

La eficiencia en riego por goteo, depende de dos factores: El coeficiente de uniformidad de riego y la relación de transpiración.

La evaluación de la relación de transpiración en el campo es difícil, porque las variaciones de tensión de humedad son muy reducidas para poder detectar.

El cuadro siguiente da valores de T.R en función de la profundidad de raíces y textura del suelo.

*Cuadro 4. TR en función de la profundidad de raíces y textura del suelo.*

PROFUNDIDAD RAÍCES (m)	TEXTURA			
	Muy arenosa	Arenosa	Media	Fina
< de 0,75	0,90	0,90	0,95	1,00
De 0,75 a 1,50	0,90	0,95	1,00	1,00
> de 1,50	0,95	1,00	1,00	1,00

### **Elección de un gotero:**

El costo del gotero es un elemento importante para la elección, pero principalmente es necesario conocer caudales bajos que no varíen mucho con los cambios de presión, el diámetro de humedecimiento y uniformidad de fabricación.

### **Colocación de laterales y goteros:**

Existen dos tendencias en la colocación de los goteros y laterales, esto dependerá del cultivo que se tenga:

1. Crear una franja continua de humedad
2. Crear una serie de puntos de humedecimiento

Según (Villalobos,2017) algunas de las disposiciones que se pueden utilizar son:

- 1 tubería por fila de plantas con goteros uniformemente espaciados: Se utiliza para cultivos hortícolas, para frutales de espaciamiento corto.
- Dos tuberías por fila de plantas con goteros uniformemente espaciados: En cultivos sembrados en eras anchas y se requiere humedecer toda la era. El sistema es caro para frutales.
- 1 tubería por fila de plantas con goteros múltiples no espaciados en forma uniforme. Se utilizan en cultivos en macetas y frutales.
- Una tubería entre dos filas de plantas. Se puede utilizar en cultivos de poco espaciamiento.
- Tubería en zig – zag. Se puede utilizar en frutales.
- Tubería e cola de cerdo. Se puede utilizar para frutales.

## **4. METODOLOGIA**

Para el desarrollo del proyecto se utilizó la siguiente metodología de acuerdo con los objetivos específicos planteados:

#### **4.1.Descripción de la zona de estudio:**

El cantón de Pérez Zeledón se encuentra ubicado en la Región Brunca, al sur del país, en el cual se encuentra sus principales distritos de Barú, Daniel Flores, Rivas, Páramo, Pejibaye. Además, según el INEC, de acuerdo al Censo Nacional, la población del cantón era de 134534 habitantes, de los cuales, el 2,5% nació en el extranjero; y el 48,5% de sus habitantes vivían en áreas urbanas.

La zona de estudio corresponde a once fincas alrededor del cantón de Pérez Zeledón, en las cuales se cultiva hortalizas en invernaderos de 200 m<sup>2</sup>. Las necesidades de los propietarios es el riego, ya que desean eficientizar su labor y este es punto de interés de la Agencia de Extensión del MAG, como parte de proyectos de transferencia del ministerio.

Por ende, se presenta los productores y zonas a visitar, en el cual Asoorgánicos y el MAG desea atender en esta etapa:

*Cuadro 5. Lista de productores de Asoorgánicos. Fuente: MAG, 2018*

<b>N°</b>	<b>Nombre del beneficiario</b>	<b>Lugar</b>
1	Iván Porras	Angostura
2	Milberth Romero Mora	Juntas de Pacuar
3	Edwin Gerardo Elizondo Alvarado	Canaán
4	Milagro Mora Umaña	Guadalupe
5	Víctor Manuel Vega Castro	Pueblo Nuevo
6	Jesús López Méndez	Tinamastes
7	Jorge Arturo Vargas Venegas	La Florida
8	Bolívar Ureña Rojas	Pilar
9	Carlos Andrey Mora	Cedral
10	Marcos José Hernández Picado	La Unión
11	Rodolfo Venegas Zúñiga	Cedral

#### **4.2. Levantamiento de GPS**

Mediante la ayuda del dispositivo GPS Garmin (sistema de posicionamiento global) se tomaron diferentes puntos en lugares estratégicos para luego georreferenciar el lugar de estudio en las coordenadas CRTM05.

#### **4.3. Levantamiento taquimétrico**

Se utilizó una estación total con su respectivo prisma para conocer las cotas de las fincas en estudio. Posterior al levantamiento topográfico, los datos obtenidos fueron procesados en un programa computacional (QGIS) para creación de las curvas de nivel, linderos del invernadero, y elevación de diferentes puntos desde la fuente hasta el invernadero. Se utilizó una estación total con su respectivo prisma para conocer las cotas en diferentes puntos de las dos fincas como se muestra en la figura \_.



*Figura 2. Levantamiento taquimétrico.*

Los datos colectados en campo se muestran en el apartado de Anexo 1. Posterior al levantamiento topográfico, los datos obtenidos fueron procesados en el programa computacional QGIS. De manera que el levantamiento quedó debidamente georreferenciado. A partir de un análisis del mapa de curvas de nivel se determinó la dirección de las cintas de goteo, con el fin de mantener la conducción por gravedad.

#### 4.4.Muestreo de suelos

Se realizó un muestreo de suelos en las fincas en puntos al azar, mediante la ayuda de un barreno y cilindros, a 25 cm de profundidad. Luego, las muestras recolectadas fueron llevadas al Laboratorio de Suelos de la Escuela de Ingeniería Agrícola del TEC, para su análisis y el diseño del proyecto. Para realizar la prueba de textura de suelo se utilizó el procedimiento de Bouyoucos, el cual se basa en la velocidad de sedimentación de las partículas empleando el principio de la Ley de Stokes según la norma ASTM-152H. (Rojas D & Herrera R, 2016)

Una vez, extraídas las muestras se debió secar y pesar 40 gramos de la muestra de suelo, se maceriza y se debe pasar por un tamiz de 2 milímetros. Luego se colocó la muestra tamizada en un dispensador y se procede a agregar 15 mililitros de hexametáfosfato de sodio (30% M/V) y 250 cc de agua. La muestra se coloca en el agitador mecánico y se agita por 15 minutos. Una vez transcurrido los 15 minutos se transfirió la mezcla a un cilindro de Bouyoucos, se llenó este con agua destilada hasta la marca inferior de un litro con un hidrómetro dentro. Después se sacó el hidrómetro, se tapó el cilindro y se agitó la suspensión de la forma más uniforme posible.

Con estas lecturas establecidas, se calcula el porcentaje de materiales en suspensión con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Materiales en suspensión} = \frac{\text{Lec. hidro. } 40''}{\text{Peso muestra}} * 100 \dots (1)$$

El % de arena, resulta de la resta de 100 menos el porcentaje de materiales en suspensión.

Por otra parte, se toma la lectura del hidrómetro a las 2 horas y con esta lectura se calcula el porcentaje de arcilla en la muestra de la siguiente manera:

$$\% \text{ Arcilla} = \frac{\text{Lec. hidro. } 120'}{\text{Peso muestra}} * 100 \dots (2)$$

Por último, se calcula el porcentaje de limo con la ecuación 3.

$$\% \text{ Limo} = 100 - (\% \text{ de arenas} + \% \text{ de arcillas} \dots) \quad (3)$$

Una vez establecidos los valores de porcentajes de arena, arcillas y limos, se procede a determinar el nombre textural del suelo por medio del triángulo de texturas.

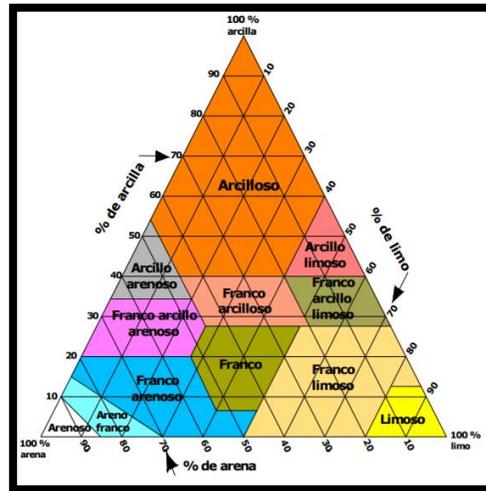


Figura 3. Triángulo de textura. Fuente: (Ciancaglioni)

#### 4.5. Cálculo del peso específico

Se calculó por medio de la siguiente ecuación:

$$Pe = \frac{Pss}{V} \dots (4)$$

Donde:

Pe: Peso específico aparente (g/cm<sup>3</sup>)

Pss: Peso del suelo seco (g)

V: Volumen del cilindro que contiene al suelo (cm<sup>3</sup>)

#### 4.6. Determinación de la capacidad de campo y punto de marchitez permanente

Se hizo la toma de muestras de suelo sin disturbar y se determinaron los valores de capacidad de campo y punto de marchitez permanente según corresponde con el método de las ollas de presión.

a) Porcentaje de densidad aparente:

$$\text{Densidad aparente} = \text{Peso de la muestra seco} / \text{volumen total} \dots (5)$$

b) Porcentaje de poros:

$$\%P = 100 * (1 - (Da/Dr)) \dots (6)$$

Donde:

Da: Densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>)

Dr: Densidad real (g/cm<sup>3</sup>)

c) Capacidad de campo, el cálculo de capacidad de campo se utilizó la ecuación número 48 del libro Apuntes de Clase Relación suelo - agua - planta, para comprobar lo del campo:

$$CC = (PS/1,84) - 0,48 \dots (7)$$

Donde:

CC: Capacidad de campo

Ps: Punto de saturación

d) Punto de marchitez permanente, para este cálculo se usará la ecuación número 49 del libro Apuntes de Clase Relación Suelo - Agua - Planta

$$PMP = 0,4897 * CC + 1,1666 \dots (8)$$

Donde:

PMP: Punto de marchitez permanente

CC: Capacidad de campo

- Porcentaje de macroporos, microporos y mesoporos:

$$\%Macro = PS - CC \dots (9)$$

$$\%Meso = CC - PMP \dots (10)$$

$$\%Micro = PMP \dots (11)$$

Donde:

%Macro: Porcentaje de macroporos

%Meso: Porcentaje de mesoporos

%Micro: Porcentaje de microporos

PS: Punto de saturación

CC: Capacidad de campo

PMP: Punto de marchitez permanente

#### **4.7.Determinación de la infiltración básica**

Se realizó la prueba de infiltración in situ con ayuda de un infiltrómetro Minidisk Decagon, como se muestra en la figura 4.



*Figura 4. Prueba de infiltración en el área de estudio.*

### **Especificaciones del instrumento**

El infiltrómetro de minidisco tiene un largo total: 32,7 cm, diámetro del tubo de: 3 cm, disco sintético de acero inoxidable de 4,5 cm y 3 mm de espesor, largo del tubo de regulación: 10.2 cm, rango de succiones de -0,5 a -6,0 cm, largo del reservorio de agua: 21,2 cm, volumen de agua requerido: 135 ml. El equipo es de uso generalizado para evaluar la infiltración de los suelos en un amplio rango de texturas, con una metodología claramente establecida.

Separado en dos cámaras por una placa de goma, la cámara superior llamada “cámara de burbujas” controla la succión sobre la superficie de contacto entre el disco y el suelo, su función principal es crear una succión constante sobre la superficie de contacto entre el disco y el suelo. La cámara inferior esta graduada en centímetros y contiene el agua a aplicar en la prueba, posee un tubo mariotte que se comunica con la cámara superior.

Para llevar a cabo la prueba de infiltración se siguieron los siguientes pasos:

1. Se identificó y seleccionó los lugares más representativos para realizar las pruebas, el suelo debe estar libre de cualquier cobertura y debe estar lo más plano posible.
2. Una vez seleccionados los lugares se procede a la calibración del instrumento, para la cual se llena la parte superior (succión) y la parte inferior (infiltra) de agua y se anota su lectura.
3. Se debe crear una tabla que contenga el número de lectura, tiempo inicial, tiempo final y lectura. Un aspecto importante es que el intervalo de tiempo entre una lectura y otra debe ser constante por lo que se utilizó un intervalo de dos minutos entre lectura.
4. Para dar inicio a la prueba se coloca el instrumento de manera vertical sobre el suelo, con el disco tocando el suelo y a partir de ese momento se toman medidas hasta que existan al menos 3 medidas que no presenten variación.
5. Para procesar los datos se utilizaron las siguientes ecuaciones:

Las ecuaciones 12,13,14,15 se utilizaron para determinar la infiltración básica:

$$I = C1 * T + c2 * \sqrt{t} \dots (12)$$

$$K(h) = \frac{C1}{A} \dots (13)$$

$$A = \frac{11,65 * (n^{0,1} - 1) * \exp[2,92 * (n - 1,9) * a * h]}{(a * r_d)^{0,91}} \quad n \leq 1,9 \dots (14)$$

$$A = \frac{11,65 * (n^{0,1} - 1) * \exp[7,5 * (n - 1,9) * a * h]}{(a * r_d)^{0,91}} \quad n < 1,9 \dots (15)$$

Donde:

C1: Se obtiene de la curva de la acumulación de infiltración vs el tiempo (m/s).

C2: Está relacionada con la absorción del suelo (m /s2).

K: Conductividad hidráulica no saturada del suelo.

A: Está descrito en los valores de diferentes tipos de suelo de Genuchten y los radios de los discos.

n y a: Está descrito en los valores de diferentes tipos de suelo de Genuchten.

r<sub>d</sub>: Radio de los discos.

h: Succión del disco.

Cuadro 6. Parámetros de Van Genuchten para 12 tipos de suelo y valores de A para 2,2 cm de radio de disco y succiones de 0,5 a 6 cm. Fuente (Decagon Devices, 2011)

Texture	$\alpha$	$n(h)$	$A$						
			-0.5	-1	-2	-3	-4	-5	-6
Sand	0.145	2.68	2.9	2.5	1.8	3	0.9	0.7	0.5
Loamy sand	0.124	2.28	3.0	2.8	2.5	2.2	1.9	1.6	1.4
Sandy loam	0.075	1.89	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.1	4.1
Loam	0.036	1.56	5.6	5.8	6.4	7.0	7.7	8.4	9.2
Silt	0.016	1.37	8.1	8.3	8.9	9.5	10.1	10.8	11.5
Silt loam	0.020	1.41	7.2	7.5	8.1	8.7	9.4	10.1	10.9
Sandy clay loam	0.059	1.48	3.3	3.6	4.3	5.2	6.3	7.6	9.1
Clay loam	0.019	1.31	6.0	6.2	6.8	7.4	8.0	8.7	9.5
Silty clay loam	0.010	1.23	8.1	8.3	8.7	9.1	9.6	10.1	10.6
Sandy clay	0.027	1.23	3.4	3.6	4.2	4.8	5.5	6.3	7.2
Silty clay	0.005	1.09	6.2	6.3	6.5	6.7	6.9	7.1	7.3
Clay	0.008	1.09	4.1	4.2	4.4	4.6	4.8	5.1	5.3

6. Los datos obtenidos fueron introducidos y procesados en un documento de "Excel" creado por la compañía Decagon, el cual es de libre utilización e incluye todos los intervalos de tiempo, lectura del infiltrómetro, tipo de suelo y lectura en la succión del infiltrómetro.

#### 4.8.Datos hidrometeorológicos

Se solicitarán los datos meteorológicos al Instituto Meteorológico Nacional (IMN) de las estaciones, para conocer cuál es la precipitación, intensidad y evapotranspiración de las zonas cercanas a cada zona.

En el cual se llevó a cabo desde los años 1983- 1992, para temperatura máxima y mínima y 1983-2006 para precipitación e la estación de Tinamaste, y en el caso de La Linda de Daniel Flores desde de 1998-2007 para temperatura máxima, mínima, y precipitación en la estación de Tinamaste.

Para determinar el cálculo de evotranspiración mediante el método de Thornthwaite reportada valores aceptables para zonas húmedas, bajos en regiones secas y altos para zonas desérticas. (Villón , 2004)

El cual se detalla el proceso de cálculo a continuación:

- a) Se calculará el “Índice de térmico mensual (i)”, a partir de la temperatura media mensual (°C), por medio de la siguiente ecuación:

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514} \dots (16)$$

- b) Posteriormente, se calculará el “Índice de calor anual (I)”, sumando los 12 valores de i.

$$I = \sum i \dots (17)$$

- c) Se calculará la Eto mensual sin corregir mediante el uso de la siguiente ecuación.

$$Eto = 16 * \left(10 * \frac{t}{I}\right)^a \dots (18)$$

Donde el valor de “a”, es un exponente que varía con el índice anual de calor y se obtiene por medio de la siguiente ecuación.

$$a = 0,6751 * 10^{-6} * I^3 - 0,771 * 10^{-4} I^2 + 0,01792 * I + 0,49239 \dots (19)$$

d) Se realiza seguidamente una corrección para el mes y la latitud número de horas de sol (f), estos valores se encuentran en la Tabla 7.1, según la siguiente ecuación.

$$Eto_c = Eto * f \dots (20)$$

Donde:

Eto c: evapotranspiración potencial (mm/mes).

Eto: evapotranspiración potencial sin corregir (mm/mes).

f: factor de corrección

e) La evapotranspiración del cultivo (ETc) se calculará usando la siguiente fórmula:

$$Etc = Eto * Kc \dots (21)$$

Donde:

Etc: Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

Eto: Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)

Kc: Coeficiente del cultivo

Además, se corroboraron los cálculos mediante el programa de la FAO, llamado CLIMWAT 2.0 DE CROPWAT 8.0 y con el PETP V2.0. (FAO, 2006)

El primero provee la posibilidad de copilar de los datos, aproximadamente de un período 1971 – 2000, en el cual las variables pueden garantizar la efectividad de los mismos. Para ello, se realizó mediante el programa con datos de las estaciones bridadas, en este caso las más cercanas son Linda y Tinamaste poseen las variables necesarias para el cálculo mientras que la de Reputa no cumplía con los requisitos.

Este programa la base de cálculos de los principios del libro de (Chavarría, 2013), el cálculo se realiza con las fórmulas empíricas de los siguientes métodos:

1. Método de Thornthwaite
2. Método de Hargreaves

$$Eto = 0,0023 * Ra * (t_{max} - t_{min})^{0,5} * (tm + 17,8) \dots (22)$$

Donde:

Eto: Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)

Ra: Radiación solar extraterrestre. (mm/día)

tmáx: Temperatura máxima (°C)

tmin: Temperatura mínima (°C)

tm: Temperatura media del aire (°C)

### 3. Método de Christiansen

$$Eto = 0,324 * Ra * C_{TT} * C_{u2T} * C_{HT} * C_{ST} * C_E \dots (23)$$

$$C_{TT} = 0,463 + 0,425 * \left(\frac{t_m}{20}\right) + 0,112 * \left(\frac{t_m}{20}\right)^2 \dots (24)$$

$$C_{u2T} = 0,672 + 0,406 * \left(\frac{u_2}{6,7}\right) - 0,078 * \left(\frac{u_2}{6,7}\right)^2 \dots (25)$$

$$C_{HT} = 1,035 + 0,240 * \left(\frac{H_m}{0,60}\right)^2 - 0,275 * \left(\frac{H_m}{0,60}\right)^3 \dots (26)$$

$$C_{ST} = 0,340 + 0,856 * \left(\frac{S}{0,8}\right) - 0,916 * \left(\frac{S}{0,8}\right)^2 \dots (27)$$

$$C_E = 0,970 + 0,030 * \left(\frac{E}{305}\right) \dots (28)$$

Donde:

Eto: Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)

Ra: Radiación solar extraterrestre. (mm/día)

C<sub>TT</sub>: Coeficiente que depende de la temperatura.

tm: Temperatura media del aire (°C)

C<sub>u2T</sub>: Coeficiente que depende de la velocidad del viento.

u: Velocidad del viento. (km/h)

C<sub>HT</sub>: Coeficiente que depende de la humedad relativa media.

Hm: Humedad relativa media. (decimales)

C<sub>ST</sub>: Coeficiente de insolación.

S: Porcentaje medio de horas de sol. (decimales)

C<sub>E</sub>: Coeficiente de elevación.

E: Altitud. (m)

#### 4. Método de Turc

$$E_{to} = \frac{P}{\left(0,9 + \frac{P^2}{L^2}\right)^{0,5}} \dots (29)$$

$$L = 300 + 25 * \beta + 0,05 * \beta^3 \dots (30)$$

Donde:

E<sub>to</sub>: Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)

P: Precipitación anual (mm)

L: Parámetro heliotérmico.

β: Temperatura media anual (°C)

#### 5. Método de Papadakis

$$E_{to} = 5,625 * [e_{satmax} - (e_{satmin} f \{t_{min} - 2\})] \dots (31)$$

$$e_{sat}(mb, hPa) = 33,8639$$

$$* [(0,00738 * tm + 0,8072)^8 - 0,000019 * (1,8 * tm + 48) + 0,001316] \dots (32)$$

$$e_{sat} = 0,6108 * e^{\left(\frac{(17,27 * T)}{(T + 237,3)}\right)} \dots (33)$$

Donde:

E<sub>to</sub>: Evapotranspiración potencial (mm/mes)

e<sub>satmax</sub>: tensión de saturación de vapor para la temperatura media de las máximas del mes considerando (mb)

e<sub>satmin</sub> f {t<sub>min</sub>-2}: tensión de saturación de vapor en función de la temperatura media mínima menos de 2°C (mb)

## 6. Método de Jensen y Haise

$$E_{to} = R_s * (0,025 * t + 0,08) \dots (34)$$

$$R_s = R_a * \left(0,25 + 0,50 * \frac{N}{n}\right) \dots (35)$$

Donde:

$E_{to}$ : Evapotranspiración potencial (mm/día)

$R_s$ : Radiación solar total diaria. (mm/día)

$t$ : Temperatura promedio del aire (°C)

$R_a$ : Radiación solar (mm/día)

$N$ : Duración máxima diaria de horas de fuerte insolación.

$n$ : Valores de insolación registradas.

## 7. Meted Stephens – Stewart:

$$E_{to} = 0,01476 * (t + 4,905) * \left(\frac{R_s}{b}\right) \dots (36)$$

$$b = [59,59 - 0,55 * tm] \dots (37)$$

Donde:

$E_{to}$ : Evapotranspiración potencial promedio del mes (mm/día)

$R_s$ : Radiación solar mensual. (cal/(cm<sup>2</sup>\*mes))

$t$ : Temperatura promedio del aire (°C)

$b$ : Energía latente de vaporización de agua. (cal/(cm<sup>2</sup>\*min) = 0,017 mm/día)

## 8. Método de Linacre:

$$E_{to} = \frac{700 * T_m * (100 - l) + 15 * (T_a - T_d)}{(80 - T_a)} \dots (38)$$

$$T_m = T_a + 0,006 * z \dots (39)$$

Donde:

$E_{to}$ : Evapotranspiración potencial promedio del mes (mm/día)

l: Latitud. (grados)

Ta: Temperatura media. (°C)

Td: Temperatura media de punto de rocío. (°C)

z: Elevación. (m)

9. Método de García y López:

$$Eto = \left[ 1,21 * 10^{\frac{7,45 * t_{med}}{234,7 + t_{med}}} \right] * (1 - 0,01) * HR + (0,21 * t_{med}) - 2,30 \dots (40)$$

$$HR = HR - 7 \dots (41)$$

Donde:

Eto: Evapotranspiración potencial (mm/día)

HR: Humedad relativa promedio diurna (%)

t<sub>med</sub>: Temperatura media (°C)

#### **4.9. Diseño del sistema de riego**

##### **4.9.1. Datos del cultivo**

Debido a que el cultivo dentro del invernadero, presenta el mayor requerimiento hídrico que las que se siembra en el campo, se estimó su demanda hídrica para diseñar cada sistema de riego. En el cual el Kc varia conforme al desarrollo del mismo; el cual se resume a continuación de acuerdo a la FAO y los cuadros de Chavarría.

*Cuadro 7. Coeficiente del cultivo (Kc) para los cultivos es los invernaderos. (Chavarría, 2013)*

<b>Cultivos</b>	<b>Kc</b>
Apio	0,84
Cebolla	0,76
Col	0,95
Espinaca	0,79
Lechuga	0,65
Pepino	0,73
Pimiento morrón	0,77
Rábano	0,68
Remolacha	0,68
Tomate	0,83
Zanahoria	0,75

Además, se debe conocer la profundidad media de los cultivos a sembrar, es para ello se revisó tablas de la FAO, así como las que se encuentran en el libro Apuntes de Clase Relación suelo - agua – planta, para poder obtener un valor aproximado de las plantaciones que se encuentran en el campo, para el cálculo de las láminas de diseño.

*Cuadro 8. Profundidad media efectiva para hortalizas.*

<b>Cultivos</b>	<b>Profundidad media (m)</b>
<b>Cebolla</b>	0,45
<b>Lechuga</b>	0,35
<b>Pepino</b>	0,75
<b>Pimiento fresco</b>	0,57
<b>Remolacha</b>	0,85
<b>Tomate</b>	0,87
<b>Zanahoria</b>	0,45

#### 4.9.2. Diseño agronómico

##### 1. Cálculo de porcentaje de área bajo riego:

Según, el área que se desea humedecer y del tamaño del bulbo humedecido, se eligió el número de cintas de goteo que se ubicaron por cada cama y el distanciamiento entre goteros sobre el mismo lateral.

$$PAR = \frac{Am}{At} \dots (42)$$

$$PAR = \frac{d * de}{de * d1} * 100' \dots (43)$$

Donde:

PAR = Porcentaje de área bajo riego.

Am: área mojada (m<sup>2</sup>)

At: área total. (m<sup>2</sup>)

d: Diámetro del bulbo humedecido (m).

d1 = Distancia entre laterales (m).

de = Distancia entre emisores (m).

##### 2. **Diámetro del bulbo de humedecimiento:** Se calculó con la siguiente fórmula, para definir la cantidad de líneas de goteo por era.

$$d = \left( \frac{qe}{0,785 * Ib} \right) 0.5 \dots (44)$$

D: Diámetro del bulbo humedecido (m).

qe: Caudal del emisor (L/h).

Ib: Infiltración básica (mm/h).

3. Cálculo de A

$$A = \frac{Asombreada}{At} \dots (45)$$

Donde:

A sombreada: Área sombreada, depende del cultivo.

At: Área total.

4. Cálculo de coeficiente de localización

$$K1 = A + 0,5 (1 - A) \dots (46)$$

$$K1 = 1,34 * A \dots (47)$$

$$K1 = 0,1 + A \dots (48)$$

Donde:

K1: Coeficiente de localización

A = Área sombreada / área total

5. Cálculo de la Evotranspiración potencial:

$$Etrg = Etr * K1 \dots (49)$$

Etrg: Evotranspiración potencial (mm/día)

K1: coeficiente de localización

6. Cálculo de lámina de riego (Ln).

$$Ln = \frac{CC - PMP}{100} * p_{es} * prof * Ag * PAR \dots (50)$$

Donde:

Ln: Lámina neta.

CC: Capacidad de Campo (b.s.s).

PMP: Punto de marchitez permanente (b.s.s)

$p_{es}$ : Peso específico (g/cm<sup>3</sup>)

Prof. Raíces: Profundidad radicular de cultivo (mm).

Agot: Agotamiento permitido (decimal).

PAR: Porcentaje de área bajo riego (decimal)

7. Frecuencia de Riego.

$$Fr = \frac{Ln}{Etrg} \dots (51)$$

Donde:

Fr: Frecuencia de Riego.

Ln: Lámina Neta.

Etrg: Evapotranspiración.

8. Se redondea la frecuencia a un número entero, el cual se calcula de la siguiente forma:

$$Ln = Fr * Etr \dots (52)$$

9. Después se obtuvo la lámina bruta (Lb) con la siguiente ecuación:

$$Lb = \frac{Ln}{Ef} \dots (53)$$

Donde:

Lb: Lámina bruta (mm)

Ln: Lámina neta (mm)

Ef: Eficiencia

10. Tiempo de riego:

$$Tr = \frac{V}{Q} \dots (54)$$

Donde:

Tr: Tiempo de riego (h)

V: Volumen (la lámina bruta por el área) (m<sup>3</sup>)

Q: Caudal por hora (m<sup>3</sup>/h)

11. Cálculo de máximo número de operaciones en que se divide el área.

$$N \leq \frac{(Fr \times hdisp)}{Tr} \dots (55)$$

N: Número de operaciones en que se divide el área

Fr: Frecuencia de riego

Hdisp: Horas que se riegan al día

Tr: Tiempo de riego.

12. Caudal del sistema:

$$Q = \frac{At \times Lb}{N \times \text{Tiempo riego}} \dots (56)$$

Q: Caudal del sistema

At: Área total (m<sup>2</sup>)

Lb: Lámina bruta (mm)

N: Número de operaciones en que se divide el área

Tr: Tiempo de riego (h)

Nota: El caudal del sistema debe ser inferior o igual al disponible. Otra forma de calcular el caudal del sistema es multiplicando el número de goteros de cada unidad u operación por el caudal de gotero.

13. Área de la unidad

$$Au = \frac{\text{Area total}}{N} \dots (57)$$

Donde:

Au: Área por unidad

At: Área total

N: Número de operaciones en que se divide el área

14. Longitud adicional

$$L_{adicional} = n * L_{añadida} \dots (58)$$

Cuadro 9. Longitud añadida. Fuente: (Villalobos M., 2017)

Tipo de conexión	Longitud	Formula
Conexión en línea.	Lañadida	0,23 m.
Conexión dos líneas	Grande	$Lañ = 23,04 \times d^{-1,84}$
	Estándar	$Lañ = 18,91 \times d^{-1,87}$
	Pequeña	$Lañ = 14,38 \times d^{-1,89}$

#### 4.10. Diseño de la Tubería de abastecimiento

Se define el criterio de diseño, sabiendo que existe una norma general que dice que la tubería lateral se debe diseñar con una diferencia de presión en el lateral del 20%; es decir la diferencia de presión entre la entrada y final del lateral debe ser mayor al 20% de la presión de operación de gotero

Lo anterior hace que se dé una diferencia de caudal del 10% entre el primer y último aspersor, lo cual garantiza una buena uniformidad de riego.

Esa pérdida de carga admisible debe incluir tanto las pérdidas por fricción, como la diferencia de elevación.

15. En el lateral se define a perder un 55%, se calcula mediante Hazen Williams:

$$hf = 1,131 * 10^9 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} * D^{-4,872} * L * f \dots (59)$$

Donde:

hf: Perdidas por fricción (m)

Q: Caudal (m<sup>3</sup>/h)

C: Coeficiente del material tubería

D: Diámetro interno (mm)

L: Longitud total de tubería (m)

#### 16. Coeficientes para valores de C:

*Cuadro 10. Coeficientes de material a utilizar en la ecuación de Hazen Williams. Fuente: (Villalobos M. , 2017)*

Material	Coeficiente C
Acero Nuevo	140
Aluminio Nuevo	140
Acero Viejo (15 años)	120
Acero Remachado (10 años)	110
Aluminio con acoples	120
Galvanizado con uniones	115
P.V.C	150
Polietileno	140

*Cuadro 11. Coeficientes F para laterales de aluminio y plástico. Fuente: (Villalobos M. , 2017)*

N° Salidas	Plástico (1,760)			Aluminio (1,852)		
	F1a	F2b	F3c	F1a	F2b	F3c
5	0,469	0,337	0,410	0,457	0,321	0,396
10	0,415	0,350	0,384	0,402	0,336	0,371
12	0,406	0,352	0,381	0,393	0,338	0,367
15	0,398	0,355	0,377	0,385	0,341	0,363
20	0,389	0,357	0,373	0,376	0,343	0,360
25	0,384	0,358	0,371	0,371	0,345	0,358
30	0,381	0,359	0,370	0,368	0,346	0,357
40	0,376	0,360	0,368	0,363	0,347	0,355
50	0,374	0,361	0,367	0,361	0,348	0,354
100	0,369	0,362	0,366	0,356	0,349	0,352
200	0,366	0,363	0,365	0,353	0,350	0,352

(a): Cuando la distancia desde la entrada del lateral a la primera salida es Easp (m),

(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  $E_{asp}/2$  (m),

### 17. Diámetro de tubería

$$D = \left( \frac{1,131 * 10^9 * Q^{1,852} * L}{hf * C^{1,852}} \right)^{\frac{1}{4,872}} \dots (60)$$

Donde:

hf: Perdidas por fricción (m)

Q: Caudal (m<sup>3</sup>/h)

C: Coeficiente del material tubería

D: Diámetro interno (mm)

L: Longitud total de tubería (m)

18. Se calculó la presión de entrada del lateral con la ecuación:

$$P_e = P_o + 0,77 hf \pm 0,23 \Delta Z \dots (61)$$

Donde:

Pe: Presión de entrada (mca)

Po: Presión de operación (mca)

hf: Perdida en el lateral, (m)

$\Delta Z$ : Diferencia de altura (m)

19. Luego se obtuvo la presión con la siguiente ecuación:

$$P_m = P_e + 0,77 * Hf \pm 0,23 \Delta Z_m \dots (62)$$

Donde

Pm: Presión de la múltiple (m)

Pe: Presión de entrada del lateral (m)

Hf: Pérdidas en la múltiple, (m)

$\Delta Z_m$ : Diferencia de altura en la múltiple, (m)

20. Principal: la pérdida admisible de 0,023 m/m

21. Se calculo la presión distal de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$P_d = P_e - hf \pm \Delta Z \dots (63)$$

$$P_d = P_o - \frac{1}{4} hf \dots (64)$$

Donde:

Pd: Presión distal (m)

Pe: Presión de entrada (m)

hf: Pérdidas por fricción en el lateral, (m)

$\Delta Z_m$ : Diferencia de altura en el lateral, (m)

Po: Presión de operación, (m)

Nota:

$\square Z (+)$  = subiendo

$\square Z (-)$  =bajando

22. Se calculó un delta de presiones con la ecuación

$$\Delta P = P_{pa} - P_d \dots (65)$$

Donde:

Ppa: Presión primer aspersor (m)

Pd: Presión distal (m)

#### **4.11. Análisis ambiental**

El análisis ambiental y social se llevará a cabo en 4 fases las cuales se detallan a continuación:

- Caracterización del proyecto
- Caracterización del ambiente
- Identificación y evaluación de impactos
- Formulación de obras de manejo

##### **4.11.1. Matriz de Arboleda**

Para generar la magnitud resultante del impacto se cuenta con una plantilla-matriz para lo cual se requiere de cierta información de carácter logístico en cuanto a la ejecución del proyecto y operación del mismo, así como del criterio de profesionales de diferentes disciplinas, al no contar con los medios para ello, se completará dicha matriz de una manera subjetiva,

A continuación, se muestra los valores según cada parámetro a definir en este método:

1. **Clase (C):** este parámetro define el sentido del impacto ambiental, Si este es positivo (+), si mejora la condición ambiental, Negativo (-) si la desmejora la misma.

2. **Presencia (P):** posibilidad de que el impacto pueda darse (% probabilidad de ocurrencia)

- **Cierta:** probabilidad de impacto en que se presenta es 100% (se califica como 1,0)
- **Muy probable:** probabilidad entre 70-100% (se califica 0,7-0,99)

- **Probable:** probabilidad 40-70% (califica 0,4-0,69)
- **Poco probable:** probabilidad 20-40% (califica 0,2-0,39)
- **Muy poco probable:** probabilidad menor a 20% (califica 0,01-0,19)

3. **Duración (D):** es el tiempo de permanencia o tiempo de vida del impacto, Desde el momento en que se manifiestan sus consecuencias hasta que duren los efectos sobre el factor ambiental,

- **Muy larga o permanente:** duración del impacto es mayor a 10 años (califica 1,0)
- **Larga:** duración entre 7-10 años (califica 0,7-0,99)
- **Media:** duración entre 4-7 años (califica 0,4-0,69)
- **Corta:** duración entre 1-4 años (califica 0,1-0,39)
- **Muy corta:** duración menor a 1 año (califica 0,01-0,19)

4. **Evolución (E):** se define como la velocidad con que el impacto se despliega a partir del momento en que inician las afectaciones hasta que el impacto se hace presente plenamente con todas sus consecuencias,

- **Muy rápida:** alcanza máximas consecuencias en tiempo menor de 1 mes después de su inicio (califica 1,0)
- **Rápida:** tiempo está entre 1-12 meses (califica 0,7-0,99)
- **Media:** tiempo está entre 12-18 meses (califica 0,4-0,69)
- **Lenta:** tiempo está entre 18-24 meses (califica 0,2-0,39)
- **Muy lenta:** tiempo mayor a 24 meses (califica 0,01-0,19)

5. **Magnitud (M):** se define como la dimensión o tamaño del cambio sufrido en el factor ambiental,

- **Muy alta:** afectación del factor es mayor al 80%, se destruye o cambia casi totalmente (califica 1,0)
- **Alta:** afectación del factor 60-80%, modificación parcial del factor (califica 0,7-0,99)
- **Media:** afectación del factor 40-60%, afectación media del factor (califica 0,4-0,69)
- **Baja:** afectación del factor 20-40%, afectación baja del factor (califica 0,2-0,39)

- **Muy baja:** afectación del factor menor al 20%, modificación mínima del factor (califica 0,01-0,19)

### **Calificación ambiental (Ca) del impacto (Método EPM)**

Este representa la gravedad o importancia de la afectación que se está causando, mediante la siguiente ecuación:

$$Ca = C[P(7 * E * M + 3 * D)] \dots (66)$$

Donde:

Ca: calificación ambiental ( $0 < Ca \leq 10$ )

C: clase

P: presencia

E: Evolución

M: magnitud

D: duración

### **Análisis y síntesis de la información:**

Este análisis se debe realizar mediante los pasos a describir para determinar la viabilidad ambiental del proyecto, como se describe a continuación:

- Determinar la existencia de impactos inaceptables o sea que impidan viabilidad del proyecto,
- Ordenar los impactos de acuerdo a las acciones a realizar durante el proyecto,
- Agrupar los impactos con características similares,
- Facilitar interpretación de los datos y evaluación global del proyecto, (Arboleda, 2008)

#### **4.12. Análisis económico**

El análisis económico del proyecto incluye el costo total de las obras que se implementarán para cada propuesta, Existen diferentes pasos para realizar el análisis dentro de los cuales se puede mencionar:

- a. Diseño y construcción: utilizar un cuadro resumen donde se incluyen: los materiales a utilizar y sus costos (organizados por componentes), recursos humanos y sus costos de tal forma que se pueda realizar una sumatoria de gastos totales,
- b. Presupuesto del funcionamiento del proyecto: utilizar un cuadro resumen donde se incluyen: los materiales a utilizar y sus costos (organizados por componentes), recursos humanos y sus costos de tal forma que se pueda realizar una sumatoria de gastos totales,

### **Balance económico**

Se realizará un cuadro donde se identifiquen las actividades propias del proyecto, aquellas que generen ingresos y egresos; permitiendo estimar un balance aproximado de costo/beneficio del funcionamiento del proyecto, En donde se maneja los conceptos necesarios:

- a. Inversión inicial: desembolso que se realizaran al inicio del proyecto,
- b. Flujo de caja: son los flujos que resultan de restar los egresos de los ingresos generados en cada cosecha,
- c. Valor residual: es el valor económico estimado de todos los activos al final del horizonte de planeamiento del proyecto,
- d. Horizonte de planeamiento: es el número de años para los cuales se proyectan los flujos de caja, (OBS, 2018)

### **Cálculo del VAN y TIR**

Por lo tanto, se consulta los precios de los materiales a utilizar, que son requeridos para la construcción del sistema de riego de cada invernadero, Seguido se procedió a analizar si la inversión del proyecto es viable se utilizaron indicadores financieros y análisis financiero los cuales consisten en el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de rentabilidad (TIR),

El valor actual neto indica los rendimientos esperados en el proyecto, en el caso del presente proyecto la tasa mínima atractiva de rendimiento presenta un valor del 10%, el mismo se calcula con:

$$VAN = -I_o + \sum_1^n \frac{Ft}{(1+i)^n} \dots (67)$$

Donde:

VAN: Valor actual neto (€)

$I_0$ : Inversión Inicial (€)

$F_t$ : Flujo total efectivo (€)

n: Años de vida útil del proyecto,

Seguido se calculó la tasa interna de rentabilidad, si proyecto tiene viabilidad superará el 10%, este se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$0 = -I_0 + \sum_1^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^n} \dots (68)$$

Donde:

TIR: Tasa Interna de Rentabilidad (%)

$I_0$ : Inversión Inicial (€)

$F_t$ : Flujo total efectivo (€)

n: Años de vida útil del proyecto,

Además, se realizó un estado de resultados el cual refleja las pérdidas y las ganancias en el periodo, en este caso del presente proyecto se trata del periodo de vida útil del material,

Después se analizó el flujo de efectivo el cual corresponde al informe de entradas y salidas de efectivo durante el periodo, de igual forma se trata del periodo de instalación, es decir corresponde a las inversiones iniciales a realizar,

### **Periodo de recuperación**

Una vez calculada los flujos de efectivo netos anuales y los acumulados se procede a realizar el cálculo del periodo de recuperación del proyecto (ecuación 3), donde se debe

considerar el último valor negativo presente en el flujo acumulado sobre el valor del flujo efectivo neto del siguiente periodo, a esto sumándole el año donde se presentó el último valor de flujo neto acumulado,

$$Pr = \frac{-F_{netocum}}{F_{netoefectivo}} + n... (69)$$

Donde:

Pr: Período de recuperación (años)

$F_{netocum}$ : Flujo neto acumulado (€)

$F_{netoefectivo}$ : Flujo neto efectivo (€)

n: Año donde se da el último flujo neto acumulado negativo

## **5. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADO**

## 5.1. Evaluación de las condiciones de los invernaderos

En esta sección la prioridad fue conocer la textura del suelo, su infiltración, además la formación de las camas, que se encontraba previamente realizadas, A su vez, la distancia de la fuente al invernadero, y su calidad de agua, donde se encontró que pertenece a nacientes de consumo propio,

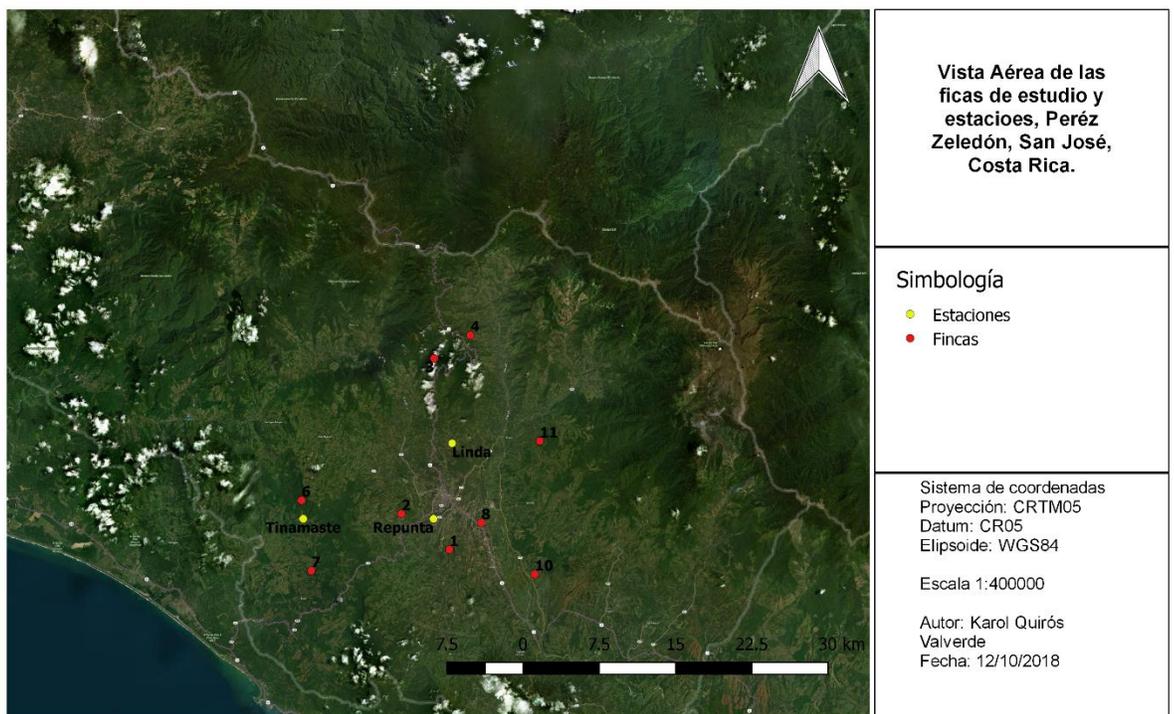


Figura 5. Ubicación de las fincas,

### 5.1.1. Suelo:

Según el análisis de suelo, realizado mediante las muestras en cilindros y disturbadas, se obtuvo la capacidad de campo y punto de marchitez permanente; respecto a las camas conformadas, Esto se debe a que en los invernaderos se contaba con camas conformadas con

insumos orgánicos, Además, mediante el uso de infiltrómetro Minidisk se pudo obtener la infiltración básica que se presentaba en las camas de los invernaderos,

*Cuadro 12. Características del suelo, presente en las camas de los invernaderos,*

<b>N°</b>	<b>Tipo de suelo</b>	<b>PMP (%)</b>	<b>CC (%)</b>	<b>Ib (mm/h)</b>
<b>1</b>	Arcilloso	22,05	25,91	3,13
<b>2</b>	Franco arenoso	6,37	24,49	18,73
<b>3</b>	Franco arcillo arenoso	2,87	14,76	13,36
<b>4</b>	Arcillo arenoso	2,05	9,41	20,71
<b>5</b>	Arcillo arenoso	3,17	19,14	23,22
<b>6</b>	Arcilla	5,55	9,43	5,14
<b>7</b>	Arcillo arenoso	3,82	9,24	10,45
<b>8</b>	Franco arenoso	3,97	6,76	25,74
<b>9</b>	Arcillo arenoso	3,41	7,13	4,67
<b>10</b>	Arcilla	5,52	17,82	7,28
<b>11</b>	Arcilla	3,99	5,42	19,09

## **5.2.Topografía:**

El levantamiento se realizó con la estación total SOKKIA, desde se ubicarán 1 sliders del invernadero, a su vez la fuente de agua, putts internos dentro del invernadero, para el cual elaborar las curvas de nivel, A continuación, se muestra, las curvas de nivel de la finca 2, cm se observa la diferencia máxima desde el primer punto hasta el final del invernadero es de 1 m,

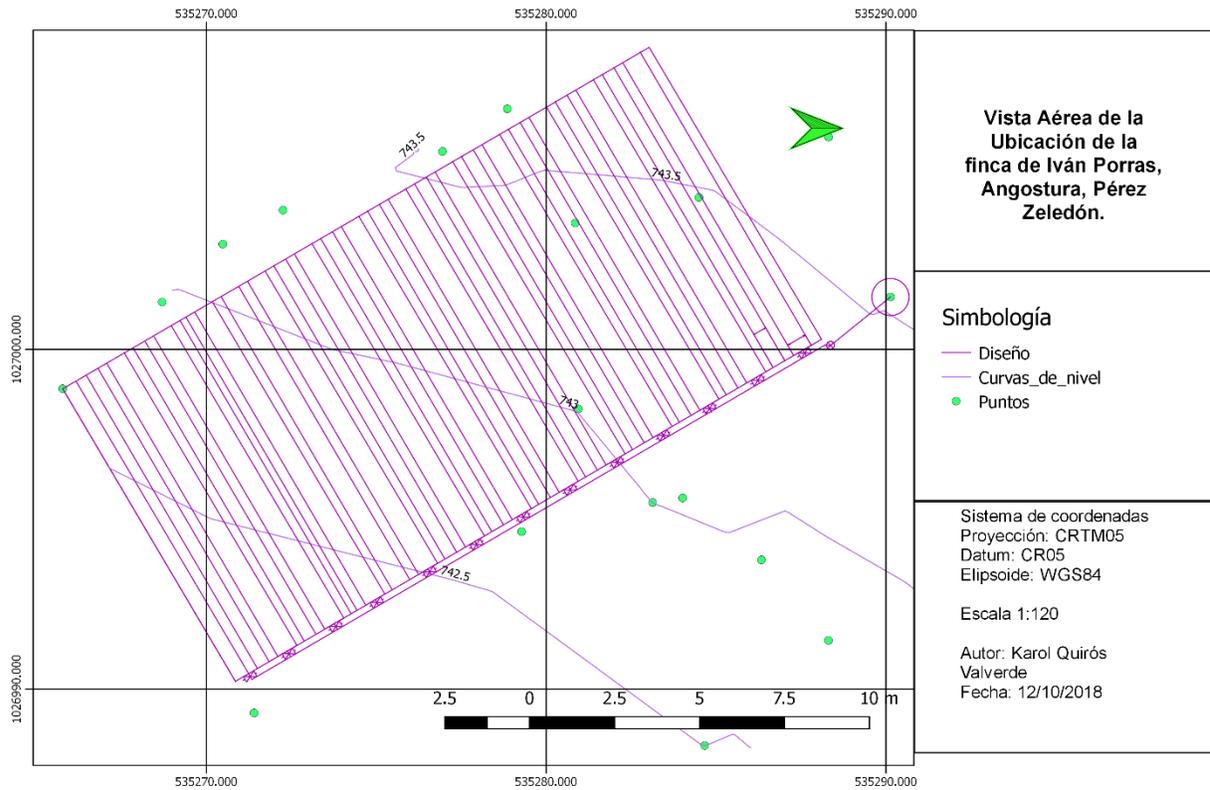


Figura 6. Distribución del sistema de riego, para la finca 2,

### 5.3. Análisis de los Datos Climatológicos

#### 5.3.1. Determinación de la Evapotranspiración del cultivo (Eto)

El cuadro 13 se muestran un resumen del promedio las temperaturas medias de los años 1998-2007, que se utilizaron para realizar el cálculo de la evapotranspiración por el método de Thornthwaite,

Cuadro 13. Eto según Thornthwaite de la estación de La Linda,

Mes	d (Días)	Tm (°C)	i	ETo' (mm/mes)	N (Horas)	ETo (mm/mes)	ETo (mm/día)
Enero	31	24	10,750	60,916	11,626	60,98	1,97
Febrero	28	24,8	11,297	65,045	11,813	59,76	2,13
Marzo	31	25,2	11,574	67,160	12,000	69,40	2,24
Abril	30	24,8	11,297	65,045	12,287	66,60	2,22
Mayo	31	24,2	10,886	61,936	12,561	66,99	2,16
Junio	30	23,7	10,547	59,403	12,661	62,67	2,09
Julio	31	23,6	10,480	58,903	12,561	63,71	2,06
Agosto	31	23,7	10,547	59,403	12,387	63,36	2,04
Setiembre	30	23,5	10,413	58,404	12,100	58,89	1,96
Octubre	31	23,5	10,413	58,404	11,826	59,48	1,92
Noviembre	30	23,4	10,346	57,908	11,639	56,17	1,87
Diciembre	31	23,5	10,413	58,404	11,539	58,03	1,87

Seguidamente, se brinda un resumen generado mediante las diferentes fórmulas que usa el programa PEPT V2,0, para el cual es un método de comparación con la obtenida anteriormente en esta estación,

*Cuadro 14. Resumen de Eto según el programa PEPT V2,0 de la estación de Linda,*

<b>Mes</b>	<b>Eto (mm/día)</b>
<b>Enero</b>	3,86
<b>Febrero</b>	4,39
<b>Marzo</b>	4,49
<b>Abril</b>	4,29
<b>Mayo</b>	3,91
<b>Junio</b>	3,78
<b>Julio</b>	3,76
<b>Agosto</b>	3,81
<b>Septiembre</b>	3,84
<b>Octubre</b>	3,63
<b>Noviembre</b>	3,48
<b>Diciembre</b>	3,54
<b>Promedio</b>	3,89

En el cuadro 15, se muestran un resumen del promedio las temperaturas medias de los años 1983- 1992, que se utilizaron para realizar el cálculo de la evapotranspiración por el método de Thornthwaite,

Cuadro 15. Eto según Thornthwaite de la estación de Tinamaste,

Mes	d (Días)	Tm (°C)	i	ETo' (mm/mes)	N (Horas)	ETo (mm/mes)	ETo (mm/día)
Enero	31	22	9,423	64,000	11,629	64,09	2,07
Febrero	28	22,5	9,749	66,942	11,814	61,51	2,20
Marzo	31	23,1	10,145	70,560	12,000	72,91	2,35
Abril	30	23,2	10,212	71,172	12,286	72,87	2,43
Mayo	31	22,7	9,881	68,138	12,557	73,68	2,38
Junio	30	22,4	9,684	66,348	12,657	69,98	2,33
Julio	31	22	9,423	64,000	12,557	69,20	2,23
Agosto	31	22	9,423	64,000	12,386	68,26	2,20
Setiembre	30	21,8	9,294	62,842	12,100	63,37	2,11
Octubre	31	21,7	9,229	62,266	11,829	63,42	2,05
Noviembre	30	21,8	9,294	62,842	11,643	60,97	2,03
Diciembre	31	21,7	9,229	62,266	11,543	61,89	2,00

Seguidamente, se brinda un resumen generado mediante las diferentes fórmulas que usa el programa PEPT V2,0, para el cual es un método de comparación con la obtenida anteriormente en la estación de Tinamaste, (IMN, 2018)

Cuadro 16. Resumen de Eto según el programa PEPT V2,0 de la estación de Tinamaste,

<b>Mes</b>	<b>Eto (mm/día)</b>
<b>Enero</b>	3,3
<b>Febrero</b>	3,89
<b>Marzo</b>	4,05
<b>Abril</b>	3,5
<b>Mayo</b>	2,37
<b>Junio</b>	2,17
<b>Julio</b>	2,13
<b>Agosto</b>	2,04
<b>Septiembre</b>	1,95
<b>Octubre</b>	1,97
<b>Noviembre</b>	2,05
<b>Diciembre</b>	2,75
<b>Promedio</b>	2,680

Se puede identificar un gotero que puede tener caudal, para las necesidades básicas de la planta con lo que se procedió a buscar en las casas comerciales locales, por lo que se tuvo que adecuar a los diseños del sistema de riego por goteo, esto según los requerimientos de la asociación, La escogencia de este gotero fue un poco difícil ya que el caudal es pequeño, por ende, el dará un diámetro de humedecimiento es de 0,61 m y accesorios que se eligieron respecto a la oferta de los locales comerciales,

Según lo anterior, se va a utilizar el en los laterales de riego, el gotero KAF, el cual brinda un caudal de 3,8 l/h, con un espaciamiento entre laterales de 0,6 m y entre goteros de 0,25m, Ver el anexo 4 para observar en detalle las características técnicas del gotero,

Cuadro 17. Datos generales de riego diseño por goteo

<b>Finca</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
<b>Datos generales</b>											
<b>Caudal del gotero</b>	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
<b>Ln</b>	7,9	13,9	20,7	15,5	37,9	6,6	11,3	3,7	6,4	24,2	3,2
<b>FR</b>	4,7	5,6	6,3	4,7	11,5	4,8	8,2	2,2	3,8	14,4	1,9
<b>FRc</b>	5,0	5,0	6,0	5,0	11,0	5,0	8,0	2,0	3,0	12,0	2,0
<b>Ln</b>	12,5	12,5	15,0	12,5	27,5	10,2	16,3	5,0	7,5	30,0	5,0
<b>Lb</b>	13,9	13,9	16,7	13,9	30,6	11,3	18,1	5,6	8,3	33,3	5,6
<b>Tri = volumen / caudal por hora,</b>	0,5	0,5	0,7	0,5	1,2	0,4	0,7	0,2	0,3	1,3	0,2
<b>Caudal total</b>	2,08	2,08	2,50	2,08	4,58	1,70	2,72	0,83	1,25	5,00	0,83

Memoria de cálculo para la finca 2,

A continuación, se muestra la totalidad de los datos obtenidos mediante el estudio de suelo para cada invernadero, en el cual se realizó una memoria de cálculo para la finca 2, para efecto técnicos,

Cuadro 18. Generalidades para el diseño de cada sistema de riego,

<b>N° Finca</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
<b>Datos</b>											
<b>CC (%)</b>	30,67	27,69	19,14	17,21	24,94	19,14	9,75	7,74	7,18	18,34	7,47
<b>PMP (%)</b>	26,10	8,30	3,96	2,32	3,19	3,96	4,38	7,27	3,51	6,74	4,21
<b>Pesp (%)</b>	0,84	0,77	0,73	0,88	0,99	0,73	0,87	0,55	0,73	0,82	0,95
<b>Prof (mm)</b>	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
<b>Eto (mm/día)</b>	2,68	2,68	3,29	3,29	3,29	2,68	2,68	3,90	3,90	3,90	3,29
<b>Kc</b>	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
<b>Etr (mm/día)</b>	2,04	2,04	2,50	2,50	2,50	2,04	2,04	2,96	2,96	2,96	2,50
<b>Ib (mm/h)</b>	13,13	18,73	13,36	20,71	23,22	5,14	10,45	25,74	4,67	7,28	19,09
<b>Sp (m)</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Sh (m)</b>	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2

<b>Ag (%)</b>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
<b>Ef (%)</b>	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
<b>Hdisp (h)</b>	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
<b>Aterr (m<sup>2</sup>)</b>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
<b>Q dis (m<sup>3</sup>/día)</b>	0,02	0,70	0,97	0,96	0,92	0,97	1,15	0,97	0,97	1,68	50,35
<b>Etrg (mm/día)</b>	1,37	1,37	1,68	1,68	1,68	1,37	1,37	1,99	1,99	1,99	1,68

En el caso del estudio se dispone de un gotero con caudal de 3,8 l/h, de diámetro interno de 16 mm y con una presión de trabajo de 10,1 mca; en el cual se encuentran goteros espaciados cada 0,25 m y el espaciamiento entre laterales de 0,60 m, El sistema a aplicar en un suelo de textura media, y se elige un porcentaje de humedecimiento de 80%, según la figura 3,

Además, se define la evotranspiración real (Etr) de 2,03 mm/ día mediante el promedio de los métodos usados en el PETP 2,0 extraído la evotranspiración potencial (Eto) con un valor de 2,68 mm/día de la estación meteorológica de La Linda, Pérez Zeledón, y un Kc del cultivo de 0,76, La Etr es el resultado del producto de ambas, para el desarrollo del diseño de riego por goteo para hortalizas en dos laterales es de: 1,37 mm/día,

Ahora bien, se inicia con el desarrollo del diseño de riego:

### 23. Diámetro del bulbo de humedecimiento:

Usando la ecuación 44, se obtiene:

$$d = \left( \frac{3,8}{0,785 * 13,131} \right)^{0,5}$$

$$d = 0,61 \text{ m}$$

El cual, se define para colocar dos líneas de goteo por cama, el cual se encuentran en un ancho de 1,2 m,

#### 24. Cálculo de coeficiente de localización

Asumiendo que  $A=0,5$ , debido a que son hortalizas, se obtiene los siguiente utilizando las ecuaciones 46,47 y 48:

$$K1 = 0,5 + 0,5 (1 - 0,5) = 0,75$$

$$K1 = 1,34 * 0,5 = 0,67$$

$$K1 = 0,1 + 0,5 = 0,6$$

En el siguiente cuadro se observa los parámetros para diseñar el riego por goteo, de esta parcela; se observa el parámetro ETRg, del cual es producto de la Etrc conforme al coeficiente K1, el cual se promedió los siguientes valores:

*Cuadro 19. Valores K1*

<b>K1</b>	<b>0,75</b>
<b>K1</b>	0,67
<b>K1</b>	0,6
<b>K1</b>	<b>0,673</b>

25. Cálculo de la Evotranspiración potencial:

Aplicando la ecuación 49, se obtiene:

$$Etrg = 2,037 * 0,673$$

$$Etrg = 1,372 \frac{mm}{día}$$

26. Cálculo de lámina de riego (Ln),

Según la ecuación 50, se obtiene:

$$Ln = \frac{25,9 - 22}{100} * 0,84 * 600 * 0,5 * 0,8$$

$$Ln = 7,862 \text{ mm}$$

27. Frecuencia de Riego,

Basándose en la ecuación 51, se obtiene:

$$Fr = \frac{7,862}{1,372}$$

$$Fr = 5,731 \text{ días}$$

En el cual, se redondea a 6 días,

28. Recalcular lámina neta con la ecuación 52:

$$Ln = 6 * 2,037$$

$$Ln = 12,22 \text{ mm}$$

29. Lámina Bruta:

Utilizando la ecuación 53 se obtiene:

$$Lb = \frac{12,22}{0,9}$$

$$Lb = 13,58 \text{ mm}$$

31. Tiempo de riego:

Usando la ecuación 54, se obtiene lo siguiente:

$$Tr = \frac{0,15 * 13,58}{3,8}$$

$$Tr = 0,536 \text{ h}$$

El cual, equivale a 32 min y 10 segundos por unidad, para un tiempo de riego total de 3 horas y 13 minutos, para el riego del invernadero de 200 m<sup>2</sup>,

32. Cálculo de máximo número de operaciones en que se divide el área,

Realizando la ecuación 55, se obtiene:

$$N \leq \frac{6 * 12}{0,536}$$

$$N \leq 134,28$$

Pero, se pueden realizar en 6 operaciones debido al tamaño del invernadero,

Como se muestra en la figura 6.

33. Caudal del sistema:

Usando la ecuación 56, se obtiene:

$$Q = \frac{0,02 * 13,58}{6 * 0,536}$$

$$Q = 0,84 \frac{m^3}{h}$$

### 34. Área de la unidad

Aplicando la ecuación 57, se obtiene:

$$Au = \frac{0,02}{6}$$

$$Au = 0,0033 \text{ ha} = 33,33 \text{ m}^2$$

### 35. Pérdidas en el lateral:

a. Pérdidas admisibles:

Definiendo un criterio de diseño:

$$hf_{adm} = 0,2 * P_o \dots (66)$$

$$hf_{adm} = 0,2 * 10,1$$

$$hf_{adm} = 2,02 \text{ m}$$

En el lateral se va a perder 55% de las pérdidas admisibles:

$$hf = 0,55 * 2,02$$

$$hf = 1,111 \text{ m}$$

b. Pérdidas admisibles en la múltiple:

$$hf_{adm} = 2,02 - 1,111$$

$$hf_{adm} = 0,9921 \text{ m}$$

c. Pérdidas en el lateral:

Donde se calcula un valor para  $f$  de 0,3665, de acuerdo al número de salidas  $n = x$ , del cuadro 11:

$$hf = 1,131 * 10^9 * \left(\frac{0,2964}{140}\right)^{1,852} * (16,1)^{-4,872} * 19,5 * 0,3665$$

$$hf = 0,1189 \text{ m}$$

Como se había definido que las pérdidas en la múltiple serian de 0,9921 m, se calcula el diámetro:

$$D = \left(\frac{1,131 * 10^9 * (1,7784)^{1,852} * 9,3}{0,9921 * (140)^{1,852}}\right)^{\frac{1}{4,872}}$$

$$D = 18,045 \text{ mm}$$

Como se requiere que, en la múltiple allá de un diámetro superior, se dispone de un diámetro comercial recomendado de 25 mm equivale a 29,48 mm de diámetro interior, el cual se recalcula las pérdidas de fricción con la fórmula de Hazen Williams  $h$  y con un  $f$  de 0,4048, de número de salidas igual a 6,

$$hf = 1,131 * 10^9 * \left(\frac{0,912}{140}\right)^{1,852} * (29,48)^{-4,872} * 9,9 * 0,4048$$

$$hfr = 0,028 \text{ m}$$

De acuerdo al criterio de diseño, en el cual, se diseñó la principal, En donde:

$$D = \left( \frac{1,131 * 10^9 * (7,41)^{1,852} * 43}{0,023 * (150)^{1,852}} \right)^{\frac{1}{4,872}}$$

$$D = 51,21 \text{ mm}$$

Por ende, se elige un diámetro comercial de 50 mm, el cual equivale a 53,21 mm de diámetro interno y se recalcula las pérdidas por fricción:

$$hf = 1,131 * 10^9 * \left( \frac{7,41}{150} \right)^{1,852} * (53,21)^{-4,872} * 43 * 0,3665$$

$$hf = 0,0682m$$

36. Se calculó la presión de entrada del lateral con la ecuación 34:

$$P_e = 10,1 + 0,77 * 0,0352 - 0,23 * 0,2$$

$$P_e = 10,007 \text{ mca}$$

37. Luego se obtuvo la presión en la válvula de la múltiple con la siguiente ecuación 35:

$$P_m = 10,146 + 0,77 * 0,028 + 0,23 * 0,3$$

$$P_m = 10,097 \text{ mca}$$

38. Se calculó un delta de presiones con la ecuación 36

$$\Delta P = 10,097 - 9,452$$

$$\Delta P = 0,645 \text{ mca}$$

Este se observa las pérdidas reales en el sistema de conducción, en el cual se realiza con los criterios de 20% y la diferencia de altura promedio es 2,5 m desde la fuente a la entrada

del Venturi, Este mismo realizado por los agricultores, con capacitación del Instituto Nacional de Transferencia y Agricultura (INTA),

*Cuadro 20. Pérdidas y diámetros en cada proyecto,*

N° finca	hf lateral (m)	Ø lateral (mm)	hf múltiple(m)	Ø múltiple (mm)	hf principal (m)	Ø Principal (mm)
1	0,119	16,1	0,203	25	0,9780	50
2	0,035		0,028		0,0683	
3	0,018		0,016		0,0786	
4	0,019		0,036		0,5282	
5	0,036		0,063		0,5282	
6	0,018		0,121		0,0066	
7	0,128		0,217		0,5315	
8	0,128		0,226		0,8816	
9	0,018		0,121		0,3690	
10	0,044		0,071		0,0284	
11	0,512		0,556		0,4343	

Cuando se diseña un sistema de riego por goteo es primordial que las presiones de los diferentes goteros no difieran en más del 20% de la presión de operación, En base a las fórmulas mencionas en la metodología y a las condiciones anteriormente mencionadas, se pudieron obtener las diferentes presiones en la múltiple de admisión:

*Cuadro 21. Presiones de goteo*

N Finca	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Presión (mca)</b>											
<b>Pe</b>	10,1 5	10,0 1	10,0 9	9,96	10,0 8	10,0 0	10,1 5	10,1 0	9,96	10,0 8	10,3 8
<b>Pm</b>	10,3 8	10,1 2	10,1 5	10,0 7	10,2 4	10,3 4	10,3 7	10,3 1	10,0 7	10,3 1	10,9 2
<b>Pd</b>	9,83	9,45	9,96	9,26	9,83	9,46	9,78	9,56	9,25	9,78	9,37
<b>Pp</b>	10,3 8	10,1 2	10,1 5	10,0 7	10,2 4	10,3 4	10,3 7	10,3 1	10,0 7	10,3 1	10,9 2

En el siguiente cuadro se muestran las presiones que se obtuvieron que cada una de las válvulas, con lo cual según (Villalobos M. , 2017) se va a diseñar para la presión más crítica, con ello se garantiza que a las demás válvulas les llegara un poco más de la presión que requieren, En los casos donde la presión que es suministrada es mucho mayor se colocaran válvula reguladora de presión para contrarrestar el aumento de precios en estos puntos,

*Cuadro 22. Presiones de las válvulas, (mca)*

N Finca	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>N de válvula</b>											
<b>1</b>	10,0	9,8	9,8	9,7	9,7	9,2	10,1	10,1	9,8	10,0	13,5
<b>2</b>	9,9	9,8	9,8	9,7	9,7	9,2	10,0	10,0	9,7	10,0	13,5
<b>3</b>	9,7	9,7	9,8	9,6	9,7	9,2	9,8	9,9	9,7	9,9	13,2
<b>4</b>	9,6	9,7	9,8	9,6	9,6	9,1	9,7	9,7	9,6	9,9	12,9
<b>5</b>	9,5	9,7	9,8		9,6	9,1	9,6	9,6	9,6	9,9	12,6
<b>6</b>	9,4	9,6	9,8		9,6	9,1	9,4	9,5	9,6	9,9	12,3
<b>7</b>	9,3	9,6	9,7		9,5	9,0	9,4	9,4	9,5	9,8	11,9
<b>8</b>			9,7			9,0			9,5		
<b>9</b>			9,7			9,0			9,5		
<b>10</b>			9,7			8,9			9,4		
<b>11</b>			9,7			8,9			9,4		
<b>12</b>			9,6			8,9			9,4		
<b>13</b>			9,6			8,8			9,3		

#### **5.4. Análisis económico, ambiental y social**

##### **5.4.1. Análisis económico**

La inversión inicial, considera solo la infraestructura para cada sistema de riego y a su vez instalación del mismo y los materiales para la principal lo cubre los productores, a su vez, para el sistema de riego se contaba con un fondo de ₡ 2 435 994,20 de colones; el mismo brindada por la asociación de productores para dicha realización,

*Cuadro 23. Flujo de caja del proyecto,*

Años	Flujo de caja
0	-2435994,20
1	-2119474,20

2	-1796623,80
3	-1467316,39
4	-1131422,84
5	-788811,41
6	-439347,75
7	-82894,82
8	280687,16
9	651540,79
10	1029811,49
11	1415647,60
12	1809200,44
13	2210624,33
14	2620076,70
15	3037718,12
16	3463712,37
17	3898226,50
18	4341430,91
19	4793499,42
20	5254609,29
21	0,00
22	0,00
23	0,00
24	0,00
25	0,00
26	0,00
27	0,00
28	0,00
29	0,00
VAN	-€634,508,69
TIR	€0,09
PERIODO DE RECUPERACION	7,45

Como se observa el VAN es negativo, ya que esta inversión inicial no se da una recuperación del capital, Debido, a que es un proyecto de bien social para las comunidades, ya que los productores y sus familias son los beneficiarios directos del mismo,

### 5.4.2. Análisis de impacto ambiental

Se utilizó un método directo, el método Arboleda (EPM), el cual se muestra en el cuadro 22, En el cual, se divide en tres etapas para la realización del proyecto, Además,

*Cuadro 24. Aplicación del método de Arboleda al proyecto*

Etapa	Fase	Acción susceptible a producir impacto	Clase	Presencia	Duración	Evolución	Magnitud	Clasificación ambiental	
								(-)	(+)
Construcción	Preparación del sitio	Desmante	(-)	0,99	0,01	0,99	1	6,89	
	Colocación de tubería	Zanjeo	(+)	0,69	0,01	0,99	0,4		1,93
		Remoción de suelo	(-)	0,39	0,01	1	0,4	1,1	
		Generación de sobrantes plásticos	(-)	0,99	0,01	1	0,69	4,81	
Funcionamiento	Mantenimiento	Uso de mano de obra local	(+)	0,2	0,7	0,01	0,19		0,42
		Generación de desechos plásticos	(-)	0,39	0,7	0,01	0,19	0,82	
		Aparición de impurezas	(-)	0,39	0,7	0,01	0,19	0,82	
Total Absoluto								14,44	2,35
Impacto Neto								-12,09	

Por lo que la información se puede resumir de la siguiente manera:

*Cuadro 25. Relación impacto-importancia del impacto ambiental en el proyecto,*

Impacto	Calificación ambiental		Importancia del impacto ambiental
	(-)	(+)	
Compactación del suelo	3,35		Moderadamente significativo
Alteración y destrucción de materia vegetativa	6,89		Significativo
Impermeabilización	2,77		Moderadamente significativo
Alteración de la estructura del suelo		1,93	Irrelevante
Erosión del suelo por pérdida de estructura	1,10		Irrelevante
Movimiento de personas al área en estudio		0,42	Irrelevante
Generación de desechos sólidos de PVC	4,81		Moderadamente significativo
Alteración del suelo	0,53		Irrelevante
Aumento en la demanda de agua		4,80	Moderadamente significativo
Generación de empleos		0,42	Irrelevante
Contaminación del suelo y agua	0,82		Irrelevante

## Análisis y síntesis de la información

Analizando el cuadro 26 se agrupó los impactos con características similares en tres grupos: irrelevante, moderadamente significativo y significativo,

*Cuadro 26. Agrupación de impactos con características similares.*

Irrelevante	Moderadamente Significativo	Significativo
<ul style="list-style-type: none"><li>• Alteración de la estructura del suelo.</li><li>• Erosión del suelo por pérdida de estructura.</li><li>• Movimiento de personas al área en estudio.</li><li>• Contaminación del suelo y agua.</li><li>• Contaminación del agua en tuberías.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Generación de desechos solidos de PVC.</li><li>• Erosión eólica .</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alteración y destrucción de materia vegetativa.</li></ul>

Los impactos clasificados como significativos y moderadamente significativos, se interpretan como impactos que se deben realizar para así cumplir con la construcción del proyecto, que beneficiará a una población meta, por lo tanto para este proyecto en específico no se puede considerar como inaceptable o impedir la viabilidad del proyecto; ahora bien para lograr que el proyecto sea factible y “amigable” con la naturaleza es importante analizar posibles obras de mitigación para que aplicando las mismas se logre devolver a la naturaleza de alguna manera todo aquello que se destruye.

### 5.4.3. Medidas de control de los impactos

*Cuadro 27. Medidas de control en el proyecto,*

Acciones susceptibles a producir impacto	Impacto	Calificación ambiental		Importancia del impacto ambiental	Medidas de control
		(-)	(+)		
Desmonte	Alteración y destrucción de materia vegetativa	6,89		Significativo	Sembrar especies arbustivas mayormente destruidas en el desmonte
Generación de sobrantes plásticos	Generación de desechos sólidos de PVC	4,81		Moderadamente significativo	Disponer de los desechos sólidos en zonas dispuestas para ello y no en el área de estudio
Movimiento de tierras	Erosión eólica		4,80	Moderadamente significativo	Realizar cálculos para que el movimiento de tierras no sea excesivo ni de forma tal que se produzca erosión,

En este cuadro se puede identificar las medidas que se tomarán para contrarrestar los impactos que dieron un resultado significativo y moderadamente significativo, Cada una de estas medidas de control se realizó mediante el análisis de cada acción que realizaba un impacto, una vez analizada se puede establecer una solución o alguna práctica que pueda contrarrestar el impacto, Se puede identificar que en los impactos que dieron un resultado irrelevante, no es necesario establecer medidas de control,

#### **5.4.4. Análisis de impacto social**

Este proyecto tiene un gran impacto social, ya que involucra a las familias y en algunos casos otros miembros de las comunidades, Desde el momento en que una familia tiene una fuente de alimentación sana y la produce con mano de obra familiar es una forma de interactuar y mantener las familias más saludables, física y emocionalmente, Este tipo de proyectos busca la integración de las familias, pero también aumentar sus ingresos para que tengan mejor calidad de vida,

En las comunidades donde existe este tipo de proyectos se aumentan los ingresos económicos, pero también se crea una cultura de respeto y de buenas costumbres lo que hace que se desarrollen niños y jóvenes con conductas más sanas y respetuosas lo que tiene un impacto positivo para la sociedad en general.

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5.1. Conclusiones**

- a. Con los análisis realizados en las fincas, respecto al suelo, datos meteorológicos y levantamiento topográfico, se diseñar de acuerdo a datos existentes y válidos, para cada invernadero, según la zona de estudio,
- b. Realizando los respectivos análisis se determinó que los diseños son viables técnicamente, se utilizaron todos los datos existentes de suelo y agro-meteorológicos, como los obtenidos en campo por medio del levantamiento topográfico,
- c. Se diseñaron sistemas de riego por goteo para cada finca y además de su conducción, Según, criterios agronómicos e hidráulicos, El sistema funciona por gravedad, debido a la topografía de la cada una de las zonas,
- d. Analizando los aspectos sociales, económicos y ambientales, se determinó cómo los productores de esta organización obtendrían un gran beneficio; ya que, el MAG se dedica a apoyar proyectos de activación de la economía, social y ambiental en la zona,
- e. Además, en la parte económica del proyecto se obtuvieron valores positivos por parte de indicadores económicos como lo son el VAN y el TIR, presentando así los valores de respectivamente 634508,69 y 9%, En el ámbito ambiental, se obtuvo impactos irrelevantes, pero estos pueden ser minimizados mediante las formas de mitigación presentadas,

## **5.2. Recomendaciones**

- a) Tener un control del sistema, en el cual se esté revisando condiciones de la tubería y filtrado.
- b) Cuando se desechen los componentes del sistema de goteo, ya sea porque su vida útil a finalizado o algún desperfecto a la hora de realizar labores culturales, se debe de buscar una manera correcta de desecharlo.
- c) En el caso de las fincas 2,8,9; es necesario un sistema de bombeo para impulsar el inyector Venturi, Debido, a que este requiere un delta z de alrededor 8 mca como mínima para realizar la función respectiva.

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

- Arboleda, J. (2008), *MANUAL PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS, OBRAS O ACTIVIDADES*, Medellín, Colombia,
- Chavarría, A. (2013), *Apuntes de clase Relación suelo-agua-planta*, Caratago, Costa Rica: Tenológica de Costa Rica,
- Ciancaglini, N. (s,f.), *Guía para la determinación de textura de suelos por método organoleptico*, Recuperado el 16 de febrero de 2018, de [http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20\\_R001\\_Gu%C3%ADa%20para%20la%20determinaci%C3%B3n%20de%20textura%20de%20suelos%20por%20m%C3%A9todo%20organol%C3%A9ptico.pdf](http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20_R001_Gu%C3%ADa%20para%20la%20determinaci%C3%B3n%20de%20textura%20de%20suelos%20por%20m%C3%A9todo%20organol%C3%A9ptico.pdf)
- Decagon Devices, (2011), *Decagon Devices Infiltrómetro Minidisk*,
- EcuRed, (10 de Noviembre de 2016), *Calidad del Agua*, Recuperado el 9 de Noviembre de 2017, de [https://www.ecured.cu/Calidad\\_del\\_Agua](https://www.ecured.cu/Calidad_del_Agua)
- FAO, (2006), *Evapotranspiración del cultivo en condiciones no estándar*, Recuperado el 5 de Junio de 2017, de FAO: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/x0490s/x0490s03.pdf>
- IMN, (2018), *Datos meteorológicos*, San José,
- MAG, (2018), *Charlas de hortalizas orgánicas*, Pérez Zeledon,
- Monge, M. (2017), *Valores considerados normales de un análisis de aguas para riego*, Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/interpretacion-analisis-agua-riego>
- OBS, (Enero de 2018), *Business School*, Recuperado el 10 de Octubre de 2018, de Elementos claves en el estudio económico de un proyecto: <https://www.obs-edu.com/int/blog-project-management/etapas-de-un-proyecto/elementos-claves-en-el-estudio-economico-de-un-proyecto>
- Rojas D, A, Y,, & Herrera R, E, J, (15 de Marzo de 2016), *DETERMINACIÓN DE TEXTURA POR EL MÉTODO DE BOUYUCOS MÉTODO DEL HIDRÓMETRO ESTANDARIZADO SEGÚN NORMA ASTM-152H*, Recuperado el 1 de Marzo de 2018, de Universidad Pontificia Bolivariana: [http://www.academia.edu/24095776/DETERMINACION%3%93N\\_DE\\_TEXTURA\\_POR\\_EL\\_M%C3%89TODO\\_DE\\_BOUYUCOS\\_M%C3%89TODO\\_DEL\\_HIDR%C3%93METRO\\_ESTANDARIZADO\\_SEG%C3%9AN\\_NORMA\\_ASTM-152H](http://www.academia.edu/24095776/DETERMINACION%3%93N_DE_TEXTURA_POR_EL_M%C3%89TODO_DE_BOUYUCOS_M%C3%89TODO_DEL_HIDR%C3%93METRO_ESTANDARIZADO_SEG%C3%9AN_NORMA_ASTM-152H)
- Sagarpa, (5 de Marzo de 2015), *Demanda de agua por cultivo*, Recuperado el 8 de Noviembre de 2017, de <http://www.hortalizas.com/cultivos/demanda-de-agua-por-cultivo/>
- TRAXCO, (8 de Mayo de 2016), *Inyector de fertilizantes venturi*, Obtenido de <https://www.traxco.es/blog/productos-nuevos/inyectores-venturi>
- Villalobos, A., & Sánchez, L. (2013), *CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO DE HORTALIZAS EN LAS FAMILIAS DEL SUR-SUR DE COSTA RICA*, Obtenido de AGRONOMÍA MESOAMERICANA,

Villalobos, M, (2017), *Riego a Presión*, Cartago,

Villón , M, (2004), *Hidrología* (Primera ed,), Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica,  
Recuperado el 1 de Noviembre de 2017

Zoppolo, R,, Faroppa, S,, Bellenda, B,, & García, M, (2008), *ALIMENTOS EN LA HUERTA*, Obtenido de  
GUÍA PARA LA PRODUCCIÓN Y CONSUMO SALUDABLE,

## **8. ANEXOS**

Anexo 1. Levantamiento topográfico.

Cuadro 28. Levantamiento topográfico de las fincas en estudio.

Finca	Pto	N	E	Z	N	E	Z
1	0	500	500	500	540013,77	1023497,91	536
	1	500,831	497,569	499,866	540014,601	1023495,48	535,866
	2	493,471	479,544	503,366	540007,241	1023477,45	539,366
	3	484,631	457,325	505,593	539998,401	1023455,23	541,593
	4	500,866	497,267	500,131	540014,636	1023495,17	536,131
	5	512,127	492,956	499,664	540025,897	1023490,86	535,664
	6	523,393	488,844	498,684	540037,163	1023486,75	534,684
	7	524,203	491,549	498,336	540037,973	1023489,46	534,336
	8	513,651	495,514	499,364	540027,421	1023493,42	535,364
	9	504,602	499,033	499,738	540018,372	1023496,94	535,738
	10	502,947	502,139	499,425	540016,717	1023500,05	535,425
	11	504,932	507,248	498,469	540018,702	1023505,15	534,469
	12	510,437	505,104	498,524	540024,207	1023503,01	534,524
	13	571,381	502,326	498,144	540085,151	1023500,23	534,144
	14	526,844	498,691	497,193	540040,614	1023496,6	533,193
	15	514,179	497,818	499,177	540027,949	1023495,72	535,177
	16	508,452	499,961	499,432	540022,222	1023497,87	535,432
	17	502,313	505,837	498,799	540016,083	1023503,74	534,799
	18	496,979	494,472	500,405	540016,791	1023492,38	536,405
	19	512,285	496,139	499,468	540026,055	1023494,05	535,468
20	515,104	500,936	498,698	540028,874	1023498,84	534,698	
2	0	500	500	500	535283,127	1026995,49	743
	1	500,885	500,134	500,163	535284,012	1026995,63	743,163
	2	505,175	495,94	499,792	535288,302	1026991,43	742,792
	3	501,533	492,846	499,503	535284,66	1026988,34	742,503
	4	493,801	484,731	498,601	535276,928	1026980,22	741,601
	5	491,109	488,961	498,829	535274,236	1026984,45	741,829
	6	488,274	493,804	499,109	535271,401	1026989,3	742,109
	7	482,643	503,347	499,627	535265,77	1026998,84	742,627
	8	485,568	505,9	499,936	535268,695	1027001,39	742,936
	9	487,351	507,606	500,208	535270,478	1027003,1	743,208
	10	489,123	508,606	500,326	535272,25	1027004,1	743,326
	11	493,816	510,333	500,58	535276,943	1027005,83	743,58
	12	495,726	511,588	500,603	535278,853	1027007,08	743,603
	13	497,725	508,227	500,411	535280,852	1027003,72	743,411
	14	501,362	508,979	500,475	535284,489	1027004,47	743,475
	15	505,179	510,756	500,689	535288,306	1027006,25	743,689
	16	507,002	506,051	500,534	535290,129	1027001,54	743,534
	17	511,358	501,224	500,401	535294,485	1026996,72	743,401
18	511,874	500,75	500,391	535295,001	1026996,24	743,391	

	19	496,145	499,142	499,64	535279,272	1026994,63	742,64
	20	497,812	502,754	500,008	535280,939	1026998,25	743,008
	21	503,204	498,31	499,877	535286,331	1026993,8	742,877
3	i	500	500	500	538492,741	1042177,64	1134
	0	515,88	508,645	500,408	538508,621	1042186,29	1134,408
	1	558,061	532,561	508,456	538550,802	1042210,21	1142,456
	2	557,901	527,639	507,56	538550,642	1042205,28	1141,56
	3	557,013	522,502	506,67	538549,754	1042200,15	1140,67
	4	550,548	513,045	505,608	538543,289	1042190,69	1139,608
	5	544,121	511,55	502,499	538536,862	1042189,19	1136,499
	6	521,285	501,148	500,932	538514,026	1042178,79	1134,932
	7	514,087	495,696	500,199	538506,828	1042173,34	1134,199
	8	507,356	490,64	499,845	538500,097	1042168,28	1133,845
	9	497,738	483,164	499,488	538490,479	1042160,81	1133,488
	10	496,998	482,852	499,491	538489,739	1042160,5	1133,491
	11	490,73	478,063	498,8	538483,471	1042155,71	1132,8
	12	480,924	471,374	498,25	538473,665	1042149,02	1132,25
	13	478,972	473,918	498,253	538471,713	1042151,56	1132,253
	14	475,873	477,873	498,33	538468,614	1042155,52	1132,33
	15	482,029	482,696	498,753	538474,77	1042160,34	1132,753
	16	488,009	487,253	499,444	538480,75	1042164,9	1133,444
	17	491,829	490,122	499,66	538484,57	1042167,77	1133,66
	18	492,075	490,42	499,594	538484,816	1042168,06	1133,594
	19	496,984	494,055	499,725	538489,725	1042171,7	1133,725
	20	495,151	486,618	499,555	538487,892	1042164,26	1133,555
	21	491,508	483,671	499,417	538484,249	1042161,32	1133,417
	22	485,358	479,068	498,816	538478,099	1042156,71	1132,816
	23	499,914	490,187	499,77	538492,655	1042167,83	1133,77
	24	509,354	497,411	500,216	538502,095	1042175,06	1134,216
25	514,041	501,135	500,334	538506,782	1042178,78	1134,334	
26	518,764	504,536	500,804	538511,505	1042182,18	1134,804	
4	i	500	500	500	542051,111	1044436,29	917
	1	501,782	499,5	499,547	542052,893	1044435,79	916,547
	2	511,153	503,654	499,656	542062,264	1044439,95	916,656
	3	512,42	500,963	498,946	542063,531	1044437,26	915,946
	4	513,64	498,24	498,571	542064,751	1044434,53	915,571
	5	508,815	495,995	498,548	542059,926	1044432,29	915,548
	6	504,127	493,974	498,725	542055,238	1044430,27	915,725
	7	507,685	498,805	498,881	542058,796	1044435,1	915,881
	8	489,41	505,405	501,702	542040,521	1044441,7	918,702
	9	490,185	502,77	501,358	542041,296	1044439,06	918,358
	10	491,764	496,682	500,179	542042,875	1044432,98	917,179
	11	484,419	499,706	500,866	542035,53	1044436	917,866
	34	09°25'30"	83°38'58,3"	917	538487,561	1042171,5	917
	33	09°25'30"	83°38'58,3"	911	538487,561	1042171,5	911

5	i	500	500	500	538492,741	1042177,64	935
	1	520,276	490,243	502,845	538513,017	1042167,89	937,845
	2	510,644	498,72	500,739	538503,385	1042176,36	935,739
	3	506,834	503,88	500,423	538499,575	1042181,52	935,423
	4	507,934	510,188	500,364	538500,675	1042187,83	935,364
	5	504,979	513,845	499,86	538497,72	1042191,49	934,86
	6	501,633	517,847	499,644	538494,374	1042195,49	934,644
	7	495,419	512,783	499,557	538488,16	1042190,43	934,557
	8	492,312	510,265	499,503	538485,053	1042187,91	934,503
	9	486,248	505,147	499,023	538478,989	1042182,79	934,023
	entrada	09°26'08,8"	83°39'16,6"	928	537928,144	1043362,91	928
	35	09°25'29,5"	83°38'59,5"	929	538450,971	1042156,1	929
	37	09°26'08,9"	83°39'16,3"	935	537937,293	1043365,99	935
	tanque	09°26'09,5"	83°39'15,9"	932	537949,476	1043384,43	932
	36	09°25'29,4"	83°38'54,4"	931	538606,549	1042153,18	931
6	i	500	500	500	525471,168	1028299,61	786
	1	503,784	509,998	502,411	525474,952	1028309,61	788,411
	2	499,092	510,169	501,895	525470,26	1028309,78	787,895
	3	493,903	510,396	501,587	525465,071	1028310	787,587
	4	493,769	505,258	500,864	525464,937	1028304,87	786,864
	5	499,138	501,258	500,864	525470,306	1028300,87	786,864
	6	503,663	504,937	501,339	525474,831	1028304,54	787,339
	7	503,591	500,373	500,164	525474,759	1028299,98	786,164
	8	499,073	502,399	500,508	525470,241	1028302,01	786,508
	9	493,93	502,625	500,292	525465,098	1028302,23	786,292
	10	493,79	498,785	498,949	525464,958	1028298,39	784,949
	11	497,937	497,606	499,156	525469,105	1028297,21	785,156
	12	503,533	498,23	499,75	525474,701	1028297,84	785,75
	13	503,45	496,013	499,407	525474,618	1028295,62	785,407
	14	503,315	490,484	498,861	525474,483	1028290,09	784,861
	15	498,847	494,572	498,329	525470,015	1028294,18	784,329
	16	493,665	494,944	497,951	525464,833	1028294,55	783,951
	17	494,246	490,952	496,412	525465,414	1028290,56	782,412
	18	498,855	490,299	497,094	525470,023	1028289,91	783,094
	19	486,555	487,438	497,774	525457,723	1028287,05	783,774
	20	486,903	483,303	493,516	525458,071	1028282,91	779,516
21	493,325	509,18	501,426	525464,493	1028308,79	787,426	
7	i	500	500	500	526443,162	1021425,06	816
	1	497,461	481,608	505,525	526440,623	1021406,66	821,525
	2	497,374	481,744	504,794	526440,536	1021406,8	820,794
	3	497,804	484,856	504,63	526440,966	1021409,91	820,63
	4	496,868	484,568	503,696	526440,03	1021409,62	819,696
	5	496,236	492,411	502,704	526439,398	1021417,47	818,704
	6	495,087	495,673	502,11	526438,249	1021420,73	818,11
	7	493,399	501,228	501,072	526436,561	1021426,28	817,072

	8	492,115	505,327	499,945	526435,277	1021430,38	815,945
	9	482,22	511,271	498,952	526425,382	1021436,33	814,952
	10	483,731	515,344	497,053	526426,893	1021440,4	813,053
	11	485,517	520,01	495,515	526428,679	1021445,07	811,515
	12	489,394	518,603	496,127	526432,556	1021443,66	812,127
	13	493,176	517,206	496,2	526436,338	1021442,26	812,2
	14	496,87	515,842	496,21	526440,032	1021440,9	812,21
	15	498,885	515,097	496,215	526442,047	1021440,15	812,215
	16	500,62	514,444	496,254	526443,782	1021439,5	812,254
	17	504,226	513,031	496,06	526447,388	1021438,09	812,06
	18	491,123	512,561	497,55	526434,285	1021437,62	813,55
	19	494,894	511,128	497,783	526438,056	1021436,18	813,783
	20	498,631	509,574	497,534	526441,793	1021434,63	813,534
	21	500,944	511,036	496,761	526444,106	1021436,09	812,761
	22	500,769	502,961	498,338	526443,931	1021428,02	814,338
	23	503,078	498,31	499,589	526446,24	1021423,37	815,589
8 y 9	i	500	500	500	543148,307	1026115,57	685
	1	536,699	504,95	500,683	543185,006	1026120,52	685,683
	2	528,033	508,695	500,914	543176,34	1026124,27	685,914
	3	518,35	505,447	500,552	543166,657	1026121,02	685,552
	4	517,961	500,82	500,139	543166,268	1026116,39	685,139
	5	517,603	493,55	499,481	543165,91	1026109,12	684,481
	6	509,7	496,179	499,627	543158,007	1026111,75	684,627
	7	510,074	501,178	500,086	543158,381	1026116,75	685,086
	8	510,512	505,799	500,471	543158,819	1026121,37	685,471
	9	502,718	506,575	500,293	543151,025	1026122,15	685,293
	10	502,087	501,095	499,994	543150,394	1026116,67	684,994
	11	501,716	496,772	499,644	543150,023	1026112,34	684,644
	10*	502,173	501,851	499,994	543150,48	1026117,42	684,994
	12	497,521	497,222	499,606	543145,828	1026112,79	684,606
	13	498,038	502,143	500,043	543146,345	1026117,71	685,043
	14	498,67	507,064	500,269	543146,977	1026122,64	685,269
	15	499,396	506,962	500,489	543147,703	1026122,53	685,489
	16	490,499	488,503	498,503	543138,806	1026104,07	683,503
	17	486,254	489,551	498,468	543134,561	1026105,12	683,468
	18	481,046	489,642	498,399	543129,353	1026105,21	683,399
	19	480,996	493,49	498,901	543129,303	1026109,06	683,901
	20	486,148	493,566	499,021	543134,455	1026109,14	684,021
	21	490,825	493,43	499,083	543139,132	1026109	684,083
	22	490,955	501,228	499,894	543139,262	1026116,8	684,894
	23	486,342	501,327	499,801	543134,649	1026116,9	684,801
	24	483,555	501,174	499,673	543131,862	1026116,75	684,673
	25	481,073	505,445	499,907	543129,38	1026121,02	684,907
26	486,27	505,313	500,096	543134,577	1026120,88	685,096	
27	490,91	505,23	500,447	543139,217	1026120,8	685,447	

	28	491,029	509,176	500,266	543139,336	1026124,75	685,266
	29	488,337	507,922	500,266	543136,644	1026123,49	685,266
	30	481,1	509,369	500,375	543129,407	1026124,94	685,375
	i	500	500	500	548421,885	1021101,96	552
	1	507,314	527,063	496,905	548429,199	1021129,02	548,905
	2	507,318	526,958	496,918	548429,203	1021128,92	548,918
	3	501,713	526,958	498,049	548423,598	1021128,92	550,049
	4	499,085	528,008	498,51	548420,97	1021129,97	550,51
	5	496,27	528,958	499,281	548418,155	1021130,92	551,281
	6	495,692	522,78	499,963	548417,577	1021124,74	551,963
	7	494,705	516,765	500,454	548416,59	1021118,73	552,454
	8	493,241	507,696	501,244	548415,126	1021109,66	553,244
	9	492,171	501,655	501,639	548414,056	1021103,62	553,639
	10	490,842	495,702	501,384	548412,727	1021097,66	553,384
	11	489,759	489,581	501,062	548411,644	1021091,54	553,062
	12	488,848	483,464	500,952	548410,733	1021085,43	552,952
	13	488,143	480,469	501,257	548410,028	1021082,43	553,257
	14	490,422	479,879	500,69	548412,307	1021081,84	552,69
	15	493,423	479,547	500,23	548415,308	1021081,51	552,23
	16	499,083	478,477	499,651	548420,968	1021080,44	551,651
	17	500,039	484,494	499,044	548421,924	1021086,46	551,044
	18	494,907	485,473	499,925	548416,792	1021087,43	551,925
	19	495,739	491,504	500,24	548417,624	1021093,47	552,24
	20	501,147	490,515	499,158	548423,032	1021092,48	551,158
	21	496,868	497,621	500,647	548418,753	1021099,58	552,647
	22	502,805	499,765	499,181	548424,69	1021101,73	551,181
	23	498,047	503,814	500,313	548419,932	1021105,78	552,313
	24	503,754	505,827	498,913	548425,639	1021107,79	550,913
	25	504,78	511,807	498,027	548426,665	1021113,77	550,027
	26	506,269	521,075	497,317	548428,154	1021123,04	549,317
	27	500,818	521,937	498,668	548422,703	1021123,9	550,668
	28	499,767	515,734	498,856	548421,652	1021117,7	550,856
	29	498,801	509,797	497,729	548420,686	1021111,76	549,729
30	489,49	507,69	501,945	548411,375	1021109,65	553,945	
11	i	500	500	500	548884,757	1034112,87	1188
	1	514,448	488,258	502,058	548899,205	1034101,13	1190,058
	2	512,459	490,271	501,535	548897,216	1034103,14	1189,535
	3	509,379	486,955	501,035	548894,136	1034099,83	1189,035
	4	505,948	483,4	500,012	548890,705	1034096,27	1188,012
	5	500,754	488,621	500,153	548885,511	1034101,49	1188,153
	6	495,785	493,603	499,175	548880,542	1034106,47	1187,175
	7	487,953	501,505	498,754	548872,71	1034114,38	1186,754
	8	483,205	506,442	497,561	548867,962	1034119,31	1185,561
	9	486,763	509,925	498,616	548871,52	1034122,8	1186,616
10	497,008	505,18	498,905	548881,765	1034118,05	1186,905	

11	496,691	499,869	499,623	548881,448	1034112,74	1187,623
12	501,713	494,721	499,903	548886,47	1034107,59	1187,903
13	506,866	489,57	500,803	548891,623	1034102,44	1188,803
14	507,582	495,449	500,776	548892,339	1034108,32	1188,776
15	497,668	505,888	499,509	548882,425	1034118,76	1187,509
16	491,671	508,058	498,602	548876,428	1034120,93	1186,602

Anexo 2. Datos de estaciones meteorológicas proporcionados por el Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica.

**INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL**  
**DEPARTAMENTO DE INFORMACION**  
**PROMEDIOS MENSUALES DE DATOS CLIMATICOS**  
(estaciones automáticas)

---

ESTACION : 98 079 LA LINDA, PEREZ ZELEDON      Latitud: 09 ° 21 ' N Longitud: 83 ° 38 ' O      Altitud. 750 m.s.n.m

Elementos	Periodos		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom.	Total
	1998	2007														
LLUVIA	1998	2007	73.2	57.4	105.8	204.8	504.3	430.8	432.3	458.4	542.2	630.2	424.1	230.0	341.0	4091.6
TEM.MAX.	1998	2007	29.9	31.2	31.7	30.5	29.2	28.7	28.6	28.7	28.9	28.4	28.1	28.8	29.4	
TEM.MIN.	1998	2007	18.1	18.3	18.8	19.1	19.2	18.8	18.6	18.6	18.2	18.6	18.6	18.3	18.6	
TEM.MED.	1998	2007	24.0	24.8	25.2	24.8	24.2	23.7	23.6	23.7	23.5	23.5	23.4	23.5	24.0	
HUMEDAD	1998	2007	85.4	81.4	81.4	86.1	91.2	91.8	91.4	91.8	91.9	93.1	93.2	90.7	89.1	
VIENTO VEL.	1998	2007	5.0	5.3	5.4	4.6	4.1	4.1	4.0	4.1	4.2	3.7	3.5	4.1	4.4	
RADIACION	1998	2007	16.5	18.6	19.3	16.7	14.2	12.8	11.9	13.7	14.5	13.1	11.3	13.1	14.6	
VIENTO DIR. PREDOMINANTE			6	6	6	9	9	9	9	9	9	9	9	9		
Promedio días con lluvia >= 0.1 mm.			13	10	14	21	29	27	28	28	28	30	27	24	279	Total

Lluvia en milímetros: 1mm = 1 litro de agua por m<sup>2</sup>. Radiación Solar global en Megajulios(MJ/m<sup>2</sup>)  
Temperatura en Grados Celsius (°C). Evaporación en mm. Viento en km/h. Humedad Relativa en Porcentaje (%).  
VIENTO DIR PREDOM : 1 Norte, 2 Noreste , 3 Este, 4 Sureste, 5 Sur, 6 Suroeste, 7 Oeste, 8 Noreste, 9 Variable  
Brillo Solar en horas y décimas de horas. Presión hPa.

**INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL**  
**DEPARTAMENTO DE INFORMACION**  
**PROMEDIOS MENSUALES DE DATOS CLIMATICOS**  
 (estaciones mecánicas)

ESTACION: 96 001 TINAMASTE

Latitud: 09 ° 17 ' N Longitud: 83 ° 46 ' O Altitud. 680 m.s.n.m

Elementos	Períodos		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
	LLUVIA	1983	2008	53.0	28.3	61.5	192.6	449.8	369.5	315.0	424.9	593.7	669.4	409.3	140.8
TEM.MAX.	1983	1992	25.7	26.4	26.6	26.6	25.6	25.2	24.9	24.9	24.7	24.5	24.5	24.9	
TEM.MIN.	1983	1992	18.4	18.6	19.2	19.8	19.9	19.6	19.2	19.2	19.0	18.9	19.1	18.5	
TEM.MED.	1983	1992	22.0	22.5	23.1	23.2	22.7	22.4	22.0	22.0	21.8	21.7	21.8	21.7	
HUMEDAD	1988	1992	85.2	81.9	81.6	85.2	88.7	90.1	90.4	91.0	90.2	90.9	90.2	87.8	
BRILLO SOLAR	1983	1992	5.0	6.2	5.7	4.3	2.9	2.4	2.3	2.1	2.2	2.2	2.1	3.5	
<b>VIENTO DIR. PREDOMINANTE</b>															
Promedio dias con lluvia >= 0.1 mm.			9	5	7	16	25	26	26	27	28	27	25	16	237.2 Total.

Lluvia en milímetros: 1mm = 1 litro de agua por m<sup>2</sup>. Radiación Solar global en Megajulios(MJ/m<sup>2</sup>)  
 Temperatura en Grados Celsius (°C). Evaporación en mm. Viento en km/h. Humedad Relativa en Porcentaje (%).  
 VIENTO DIR PREDOM : 1 Norte, 2 Noreste , 3 Este, 4 Sureste, 5 Sur, 6 Suroeste, 7 Oeste, 8 Noreste, 9 Variable  
 Brillo Solar en horas y décimas de horas.

Cuadro 29. Resumen de Etr para Tinamaste por mes, según métodos del programa PETP V2.0.

Mes	Método de Thornthwaite	Método de Hargreaves	Método de Linacre	Método de Papadakis	Método de García-López	Promedio
Enero	1,97	4,35	4,36	4,33	3,61	3,86
Febrero	2,13	4,99	4,7	5,4	4,07	4,39
Marzo	2,24	5,34	4,7	5,01	4,18	4,49
Abril	2,22	5,14	4,44	4,53	3,77	4,29
Mayo	2,16	4,69	4,05	3,79	3,31	3,91
Junio	2,09	4,49	3,87	3,79	3,17	3,78
Julio	2,06	4,52	3,88	3,67	3,15	3,76
Agosto	2,04	4,61	3,89	3,71	3,16	3,81
Setiembre	1,96	4,69	3,98	4,01	3,1	3,84
Octubre	1,92	4,33	3,85	3,59	3,03	3,63
Noviembre	1,87	3,96	3,81	3,58	3	3,48
Diciembre	1,87	3,96	4	3,82	3,17	3,54
Promedio						3,9

Cuadro 30. Resumen de Etr para La Linda por mes, según métodos del programa PETP V2.0.

Mes	Método de Thornwaite	Método de Christiansen	Método de Turc	Método de Jensen-Haise	Método de Stephe-Stewart	Método de Linacre	Método de Papadakis	Método de García-López	Promedio
Enero	2,07	2,11	3,17	3,91	2,47	3,09	2,6	3,1	3,3
Febrero	2,2	3,99	3,8	4,71	2,97	3,28	3,11	3,41	3,89
Marzo	2,35	3,81	3,81	4,9	3,09	3,35	2,87	3,59	4,05
Abril	2,43	-4,62	3,56	4,39	2,77	3,18	2,7	3,41	3,5
Mayo	2,38	-17,2	2,95	3,65	2,3	2,95	2,23	3,09	2,37
Junio	2,33	-16,78	2,85	3,35	2,12	2,89	2,23	2,94	2,17
Julio	2,23	-16,28	2,72	3,28	2,07	2,83	2,15	2,83	2,13
Agosto	2,2	-17,56	2,71	3,26	2,06	2,83	2,15	2,79	2,04
Septiembre	2,11	-19,97	2,81	3,26	2,06	2,79	2,2	2,79	1,95
Octubre	2,05	-17,14	2,64	3,15	1,99	2,74	2,08	2,73	1,97
Noviembre	2,03	-13,04	2,55	2,91	1,84	2,74	2,11	2,79	2,05
Diciembre	2	-3,26	2,72	3,26	2,06	2,85	2,3	2,9	2,75
Promedio									2,681

Anexo 3. Estudio de suelos

Cuadro 31. Lecturas de pruebas de Bouyucos.

N° finca	L 40"s	T 40"s	Lc 40"s	L 2h	T 2h	Lc 2h	% MS	% Arcilla	% Limo	% Arena	Tipo de suelo
1	22	22	22,78	16	23	17,08	56,95	42,7	0,35	43,05	arcilloso
2	12	25	13,68	5	25	6,68	34,2	16,7	49,1	65,8	franco arenoso
3	23	24,5	24,53	10	25	11,68	61,325	29,2	9,475	38,675	franco arcillo arenoso
4	20	25	21,68	14	24	15,38	54,2	38,45	7,35	45,8	arcillo arenoso
5	23,6	25	25,28	13	24,5	14,53	63,2	36,325	0,475	36,8	arcillo arenoso
6	22	22	22,78	16	22	16,78	56,95	41,95	1,1	43,05	arcilla
7	18	22	18,78	15	23	16,08	46,95	40,2	12,85	53,05	arcillo arenoso
8	11	24,5	12,53	5	25	6,68	31,325	16,7	51,975	68,675	franco arenoso
9	20	22	20,78	17	23	18,08	51,95	45,2	2,85	48,05	arcillo arenoso
10	22	24,5	23,53	15	24	16,38	58,825	40,95	0,225	41,175	arcilla
11	20,8	24	22,18	16	25	17,68	55,45	44,2	0,35	44,55	arcilloso

Nota: MS: Materiales en suspensión

Cuadro 32. Prueba en ollas de presión a 15 bar.

N° de muestra	Peso PSS + Bandeja	Peso PSH + Bandeja (g)	Peso bandeja de aluminio (g)	Pgrav (g)	%vol	N°Finca	Pgrav Prom	%Vol
1	23,1	29,3	8,6	42,8	36,1	1	30,7	25,9
2	22,5	28,6	8,4	43,3	36,5	1		
3	20,4	21,4	3,7	6,0	5,06	1		
4	16,8	18,5	3,8	13,1	11,5	4	27,7	24,4
5	18,4	20,3	3,9	13,1	11,5	4		
6	20	26,6	8,4	56,9	50,3	4		
7	21	22,5	4	8,8	6,80	6	19,1	14,76
8	21,9	22,7	3,9	4,4	3,43	6		
9	24	30,8	8,6	44,2	34,0	6		
10	26,5	33	8,6	36,3	19,8	8	17,2	9,41
11	27,6	28,8	3,7	5,0	2,74	8		
12	27,3	29,7	4	10,3	5,63	8		
13	24,9	32	8,7	43,8	33,6	2	24,9	19,14
14	21,7	23,9	3,9	12,4	9,49	2		
15	26,1	29,4	8,4	18,6	14,3	2		
16	29,7	30,4	3,9	2,7	2,22	10	11,5	9,43
17	29	30,6	3,8	6,3	5,20	10		
18	35,4	42,2	8,7	25,5	20,8	10		
19	33,4	35,8	8,4	9,6	9,10	11	9,7	9,24
20	27,7	30,8	5,3	13,8	13,1	11		
49	33,3	35	4	5,8	5,50	11		
18	29,1	29,8	4	2,8	2,44	7	7,7	6,76
37	34,4	35,1	3,8	2,3	2,00	7		
12	26,6	30,7	4	18,1	15,8	7		
46	26,3	28,1	4	8,1	8,01	5	7,2	7,13
25	25,7	27	4	6,0	5,94	5		
51	22,7	24,1	4	7,5	7,43	5		
65	23,6	31,6	4	40,8	39,6	9	18,3	17,8
SN	20	21,5	4	9,4	9,11	9		
26	30,9	32,2	4	4,8	4,70	9		
45	29,6	31,2	4	6,3	4,54	3	7,5	5,42
13	23,9	25,6	4	8,5	6,20	3		
29	23,7	25,2	4	7,6	5,53	3		

Cuadro 33. Pruebas en ollas de presión a 3 bar.

N° de muestra	Peso PSH + Bandeja (g)	Peso PSS + Bandeja	Peso cilindro (g)	Pgrav (g)	%Vol	Pgrav Prom	%Vol
K1	100,3	87,2	20,2	19,55	16,52	26,1	22,0
K1,1	104,5	83,7	20	32,65	27,58		
K2	84,7	80	20,3	7,87	6,04	8,3	6,4
K2,1	58,3	54,8	14,7	8,73	6,70		
K3	78,5	78,4	20,8	0,17	0,13	4,0	2,9
K3,1	79,3	75	19,5	7,75	5,62		
K4	81,1	79,4	20,2	2,87	2,21	2,3	1,9
K4,1	77,7	76,6	14,5	1,77	1,57		
K5	70,5	69,8	13	1,23	1,22	3,2	3,2
K5,1	87,1	83,8	19,7	5,15	5,11		
K6	71,7	64,6	13,8	13,98	10,77	7,2	5,6
K6,1	67,5	67,3	20,4	0,43	0,33		
K7	87,2	84	20,6	5,05	4,41	4,4	3,8
K7,1	98,2	95,4	19,9	3,71	3,24		
K8	52,3	50	20	7,67	4,19	7,3	4,0
K8,1	66,6	63,6	19,9	6,86	3,75		
K9	116,3	113,5	19,5	2,98	2,89	3,5	3,4
K9,1	110,5	107	20,2	4,03	3,92		
K10	76,7	70,02	19,6	13,25	10,85	6,7	5,5
K10,1	57,4	57,3	15,6	0,24	0,20		
K11	89,8	86,5	19	4,89	4,64	4,2	4,0
K11,1	76,1	74,2	20,4	3,53	3,35		

Cuadro 34. Cálculos para determinar el peso específico.

N°	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Psh + cilindro(g)	Pss + cilindro (g)	Peso del cilindro (g)	Pss (g)	Psh (g)	Vol cil (cm <sup>3</sup> )	Pa (g/cm <sup>3</sup> )	HG (%)	HV (%)
1	2,9	5,4	108,3	77,7	21,6	56,1	86,7	66,42	0,84	54,55	46,07
2	2,4	5,7	85,9	60,2	13,2	47	72,7	61,24	0,77	54,68	41,96
3	2,9	5,4	90,9	56,4	8,2	48,2	82,7	66,42	0,73	71,58	51,94
4	2,4	5,4	71,8	68,3	19,7	48,6	52,1	54,97	0,88	7,20	6,37
5	2,9	5,4	110,9	86,7	20,8	65,9	90,1	66,42	0,99	36,72	36,44
6	2,9	5,4	99,2	71,2	20	51,2	79,2	66,42	0,77	54,69	42,16
7	2,6	5,4	95,5	65,3	13,3	52	82,2	59,55	0,87	58,08	50,72
8	2,9	5,4	93,3	56,5	20,2	36,3	73,1	66,42	0,55	101,38	55,41
9	2,4	5,4	94,5	67,5	14,1	53,4	80,4	54,97	0,97	50,56	49,12
10	2,9	5,4	117	74,4	20	54,4	97	66,42	0,82	78,31	64,14
11	2,5	5,7	101,5	73,9	13,4	60,5	88,1	63,79	0,95	45,62	43,26

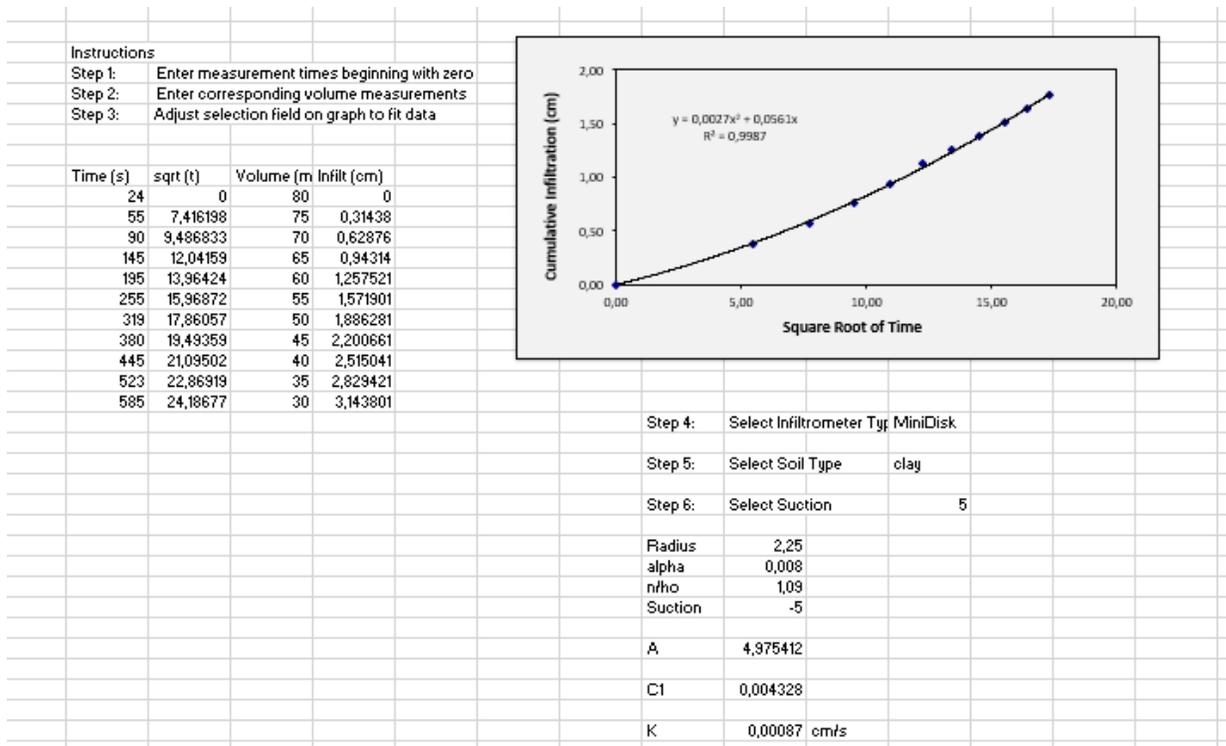


Figura 7. Cálculo de velocidad de infiltración (ml/h) para la finca 1.

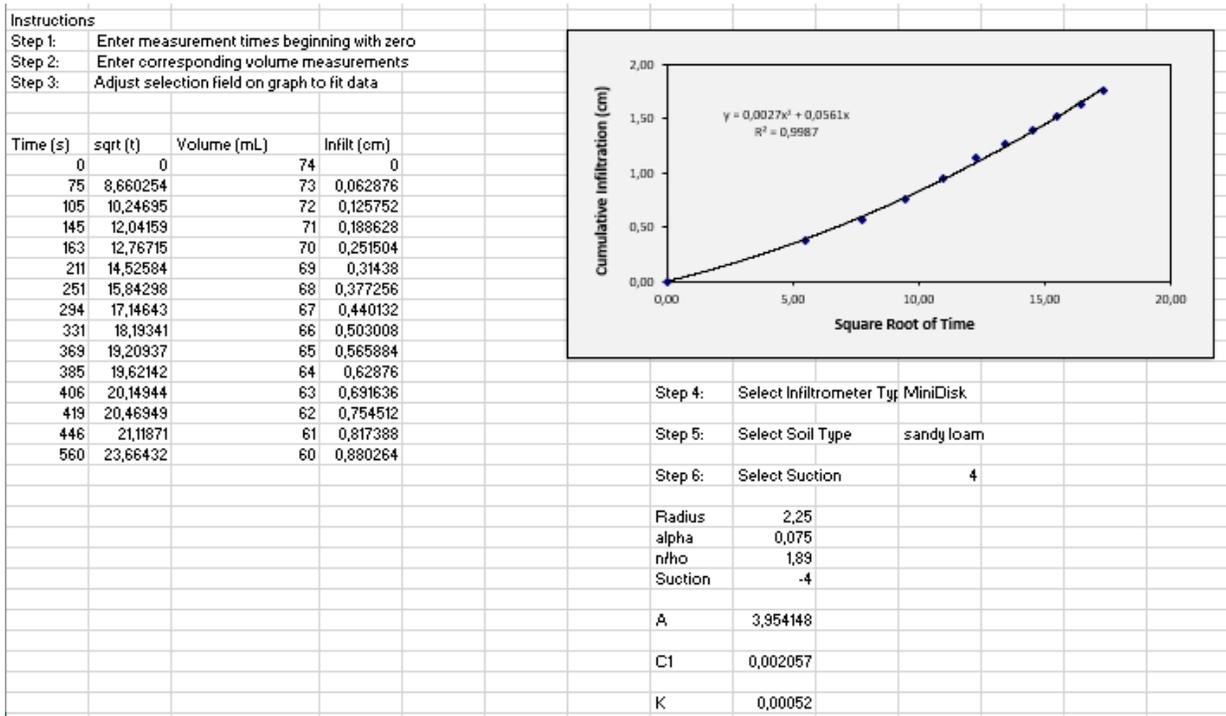


Figura 8. Cálculo de velocidad de infiltración (ml/h) para la finca 2.

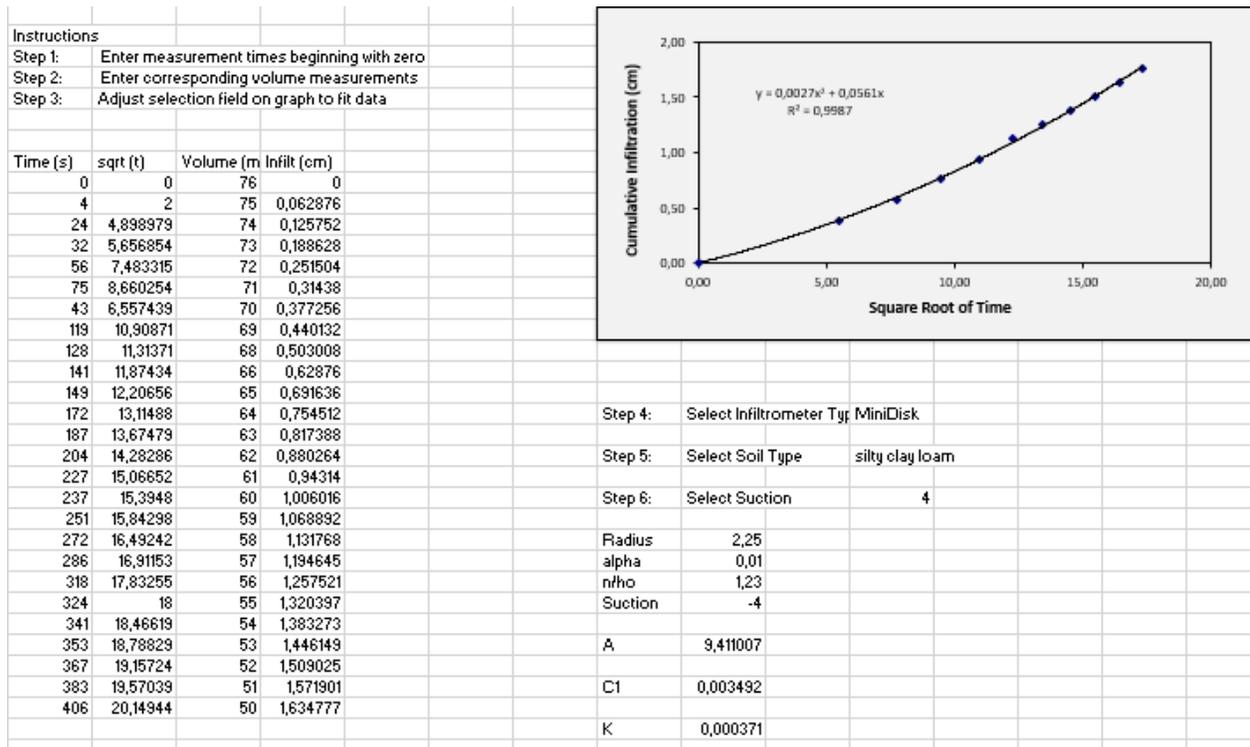


Figura 9. Cálculo de velocidad de infiltración (ml/h) para la finca 3.

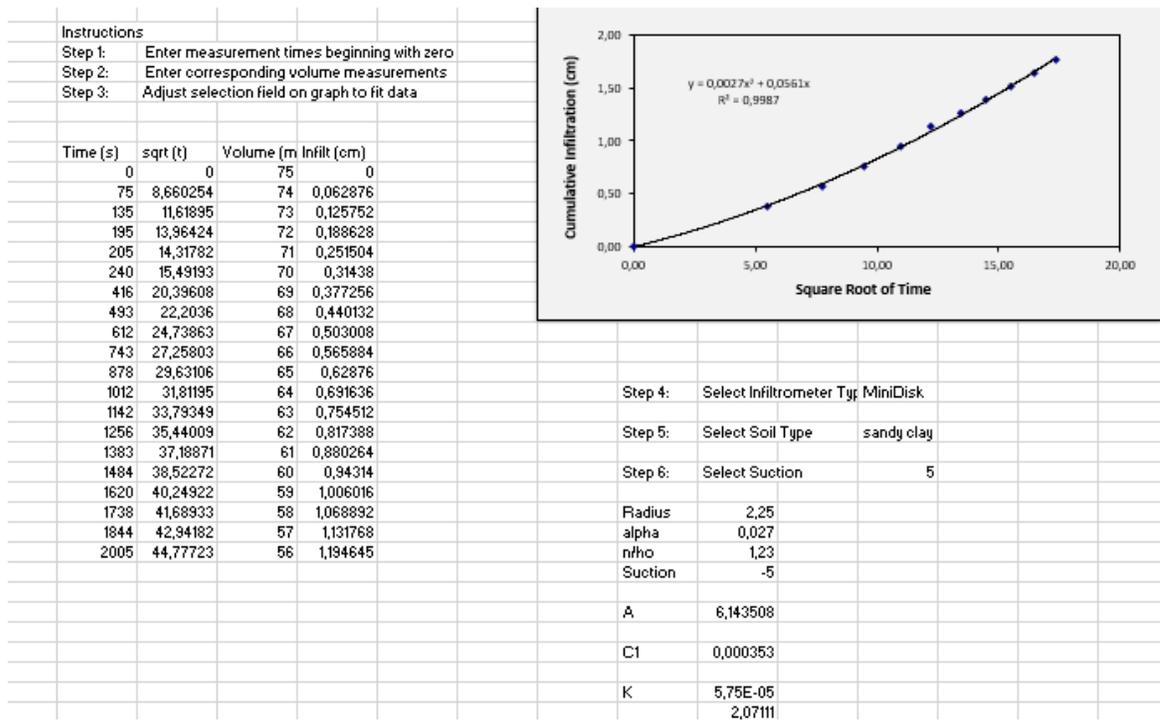


Figura 10. Cálculo de velocidad de infiltración (ml/h) para la finca 4.

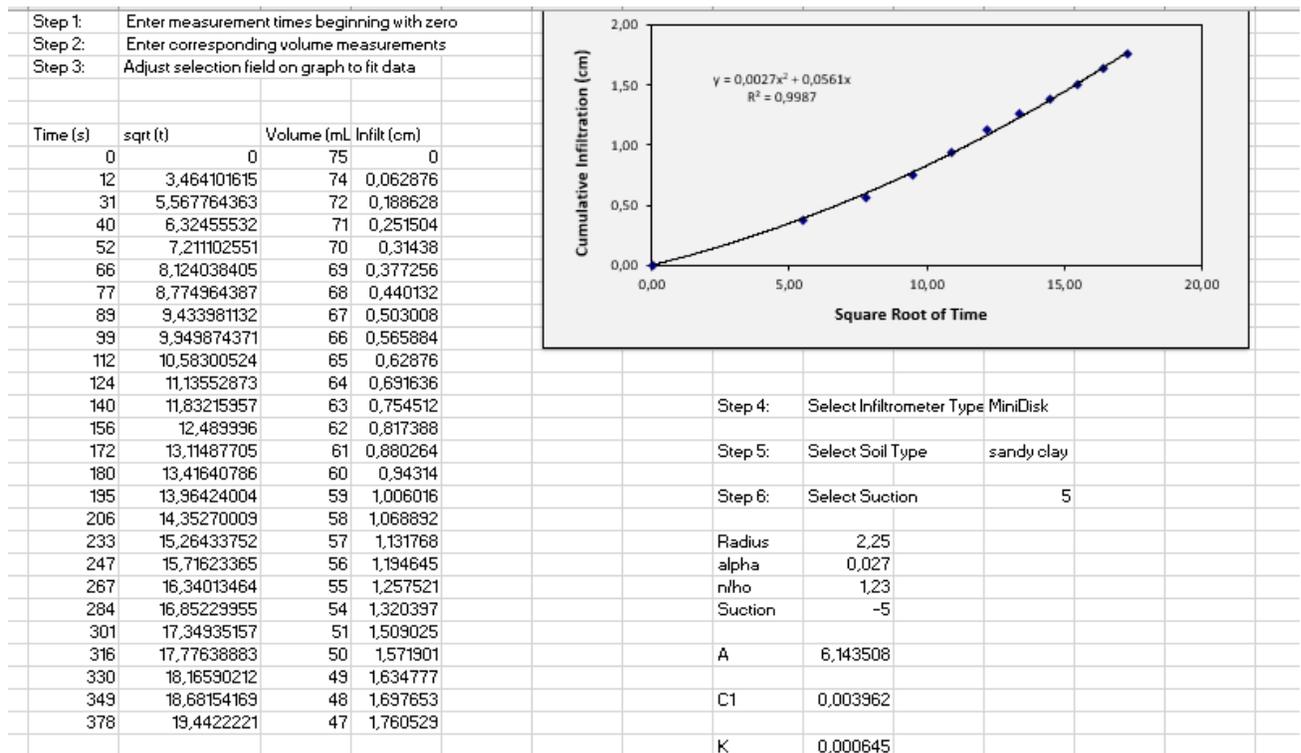


Figura 11. Cálculo de velocidad de infiltración (ml/h) para la finca 5.

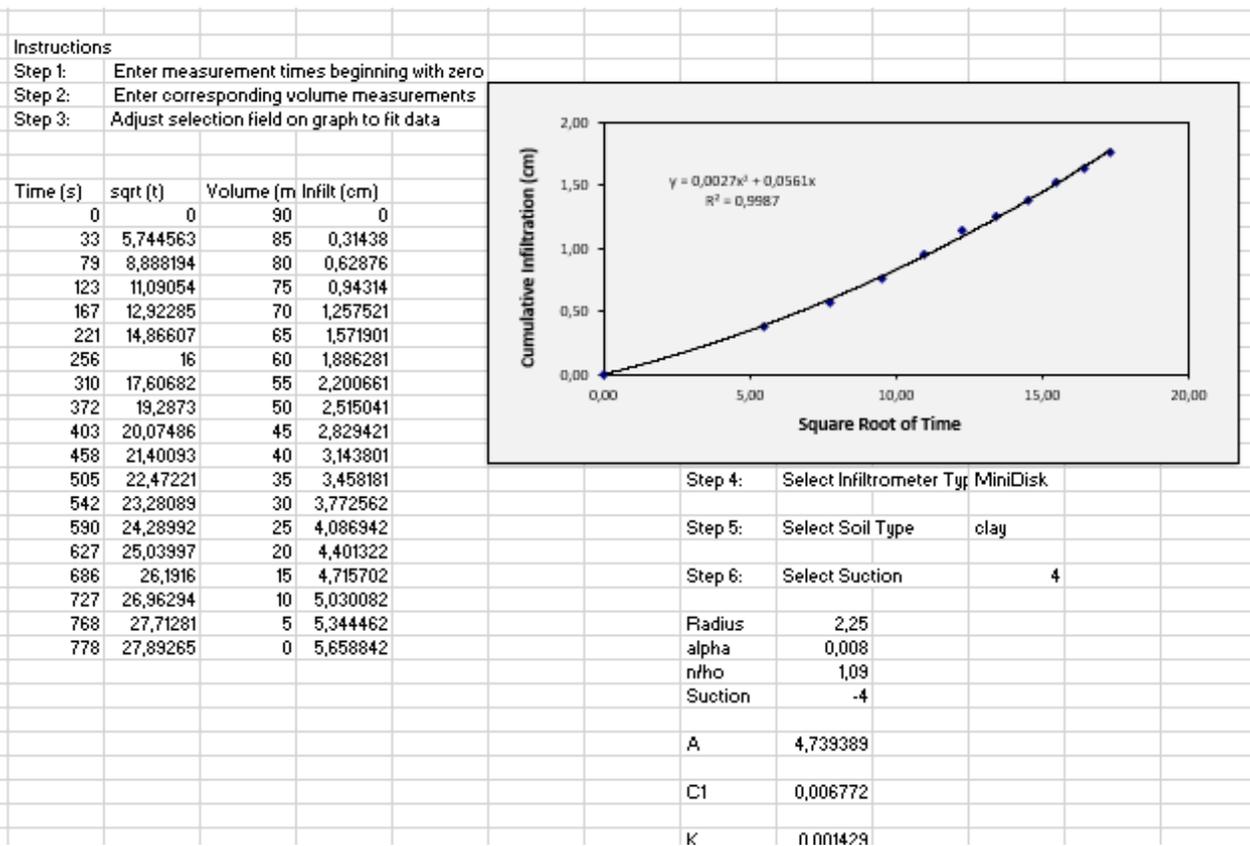


Figura 12. Cálculo de velocidad de infiltración (ml/h) para la finca 6.

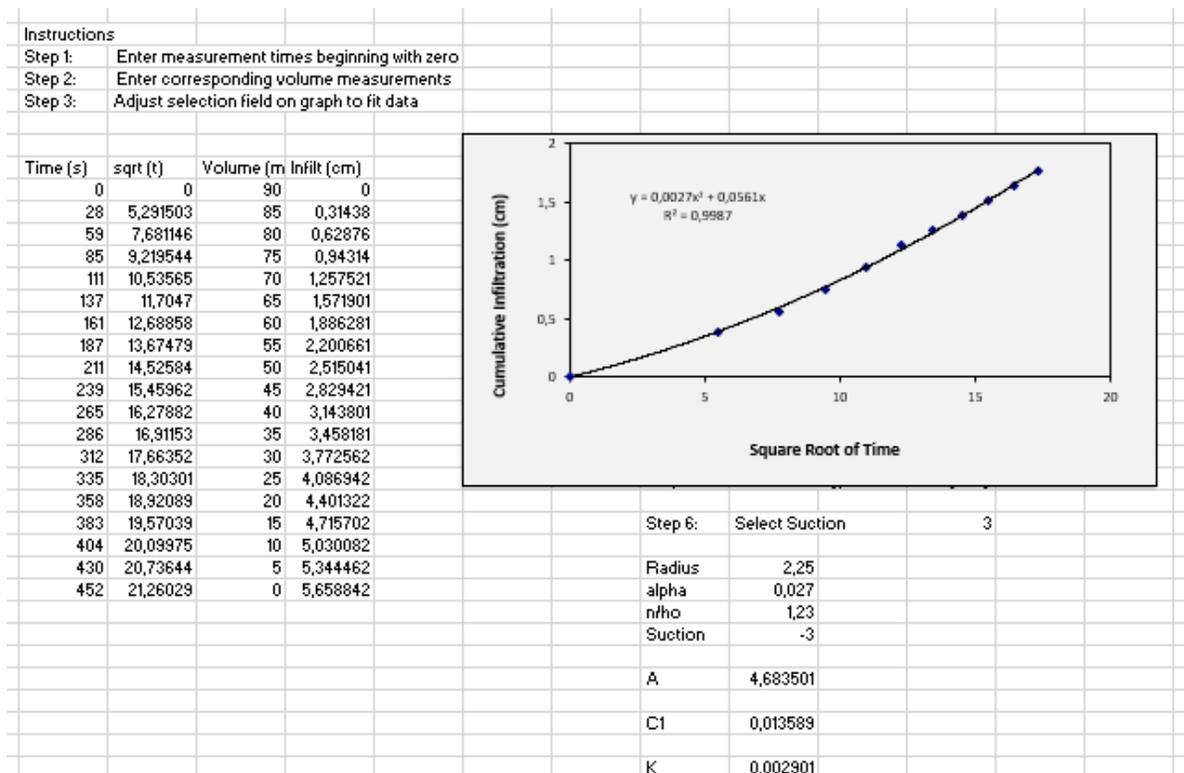


Figura 13. Cálculo de velocidad de infiltración (ml/h) para la finca 7.

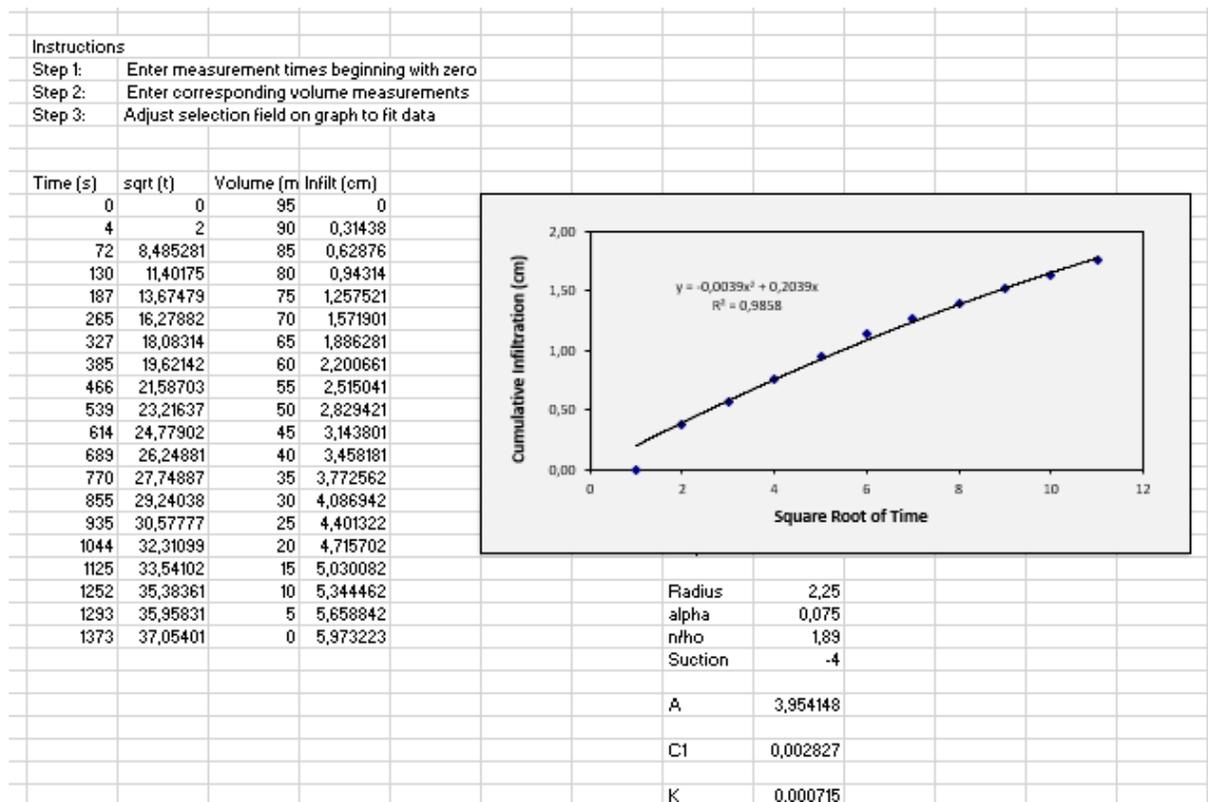


Figura 14. Cálculo de velocidad de infiltración (ml/h) para la finca 8.

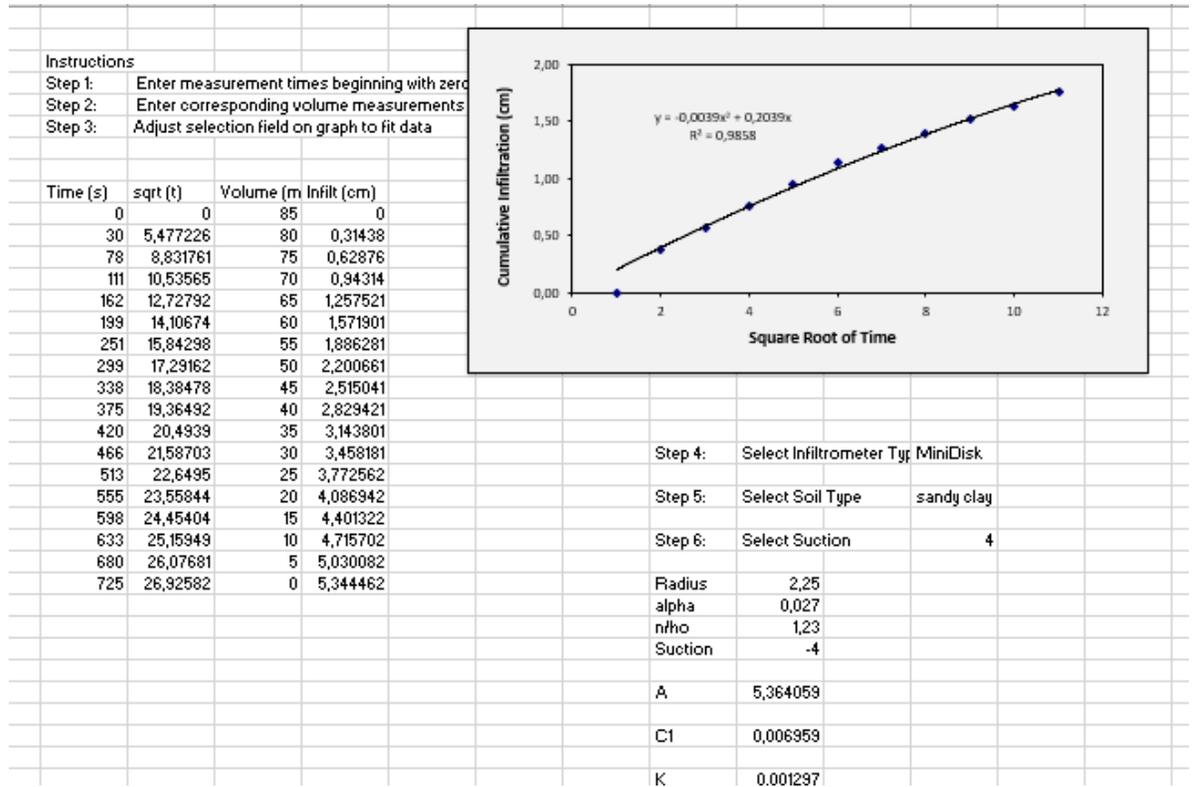


Figura 15. Cálculo de velocidad de infiltración (ml/h) para la finca 9.

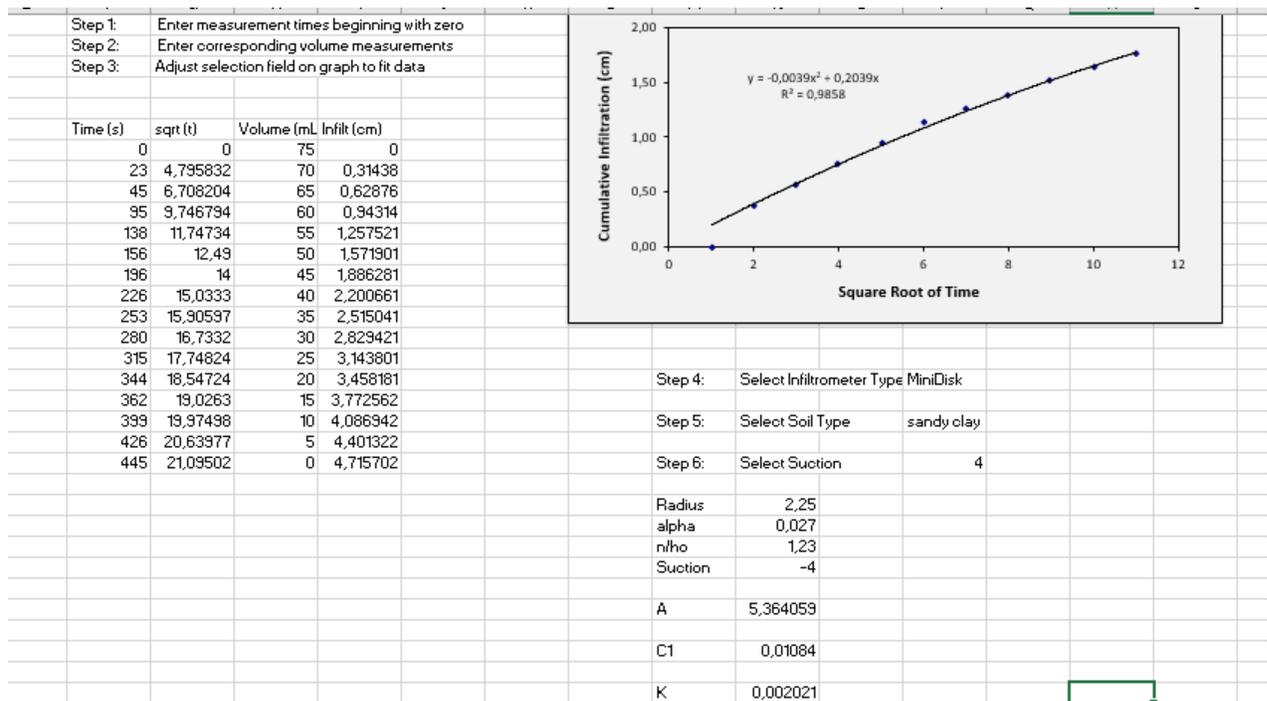


Figura 16. Cálculo de velocidad de infiltración (ml/h) para la finca 10.

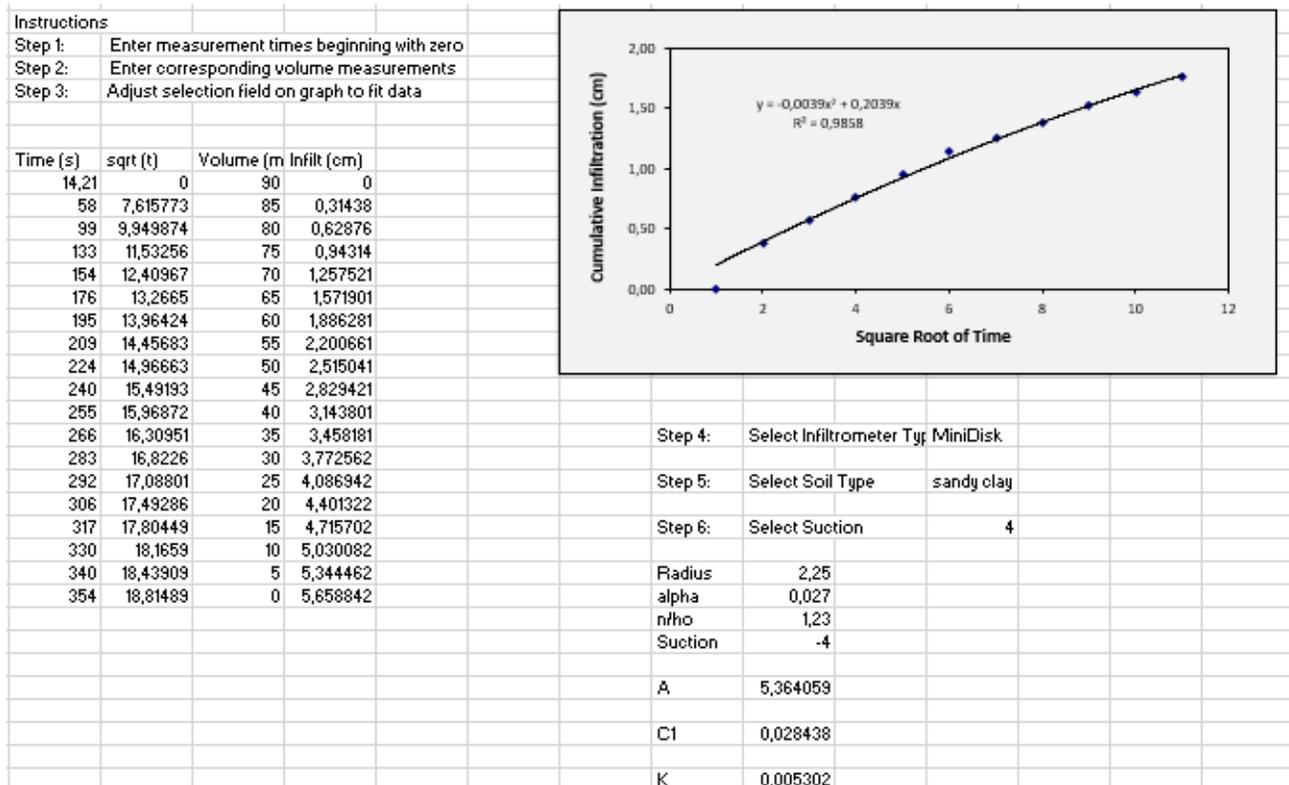


Figura 17. Cálculo de velocidad de infiltración (ml/h) para la finca 11.

**FNFJ080254Q**

MADE IN ITALY

Numero Bobina  
Reel Number  
**8552**

**P**  
IIP/Bizex  
CODE  
17041311228552

8 033278 017472

0017477821121704138552

Diametro Interno <b>16.1</b> mm Inside Diameter <b>5/8</b> inch	Spessore Wall Thickness <b>8</b> mil <b>200</b> $\mu$ m	Portata 3.2 lph @0,7bar <b>3.8</b> lph @1,0bar Flow Rate 0.85 GPH @10psi <b>1.00</b> GPH @15psi	Spaziatura <b>25</b> cm Spacing <b>10</b> inches
Lunghezza Bobina <b>800</b> m Reel Length <b>2625</b> ft	Press. Max di Esercizio <b>0.9</b> bar Max Working Pressure <b>13.0</b> psi	Recommended filtration <b>120</b> mesh	

ALA GOCCOLANTE A PORTATA VARIABILE/EMITTING PIPE AT VARIABLE FLOW RATE  
Conservare per eventuale reclamo/Keep this label in case of complain

Figura 14. Especificaciones técnicas de la cinta de goteo.

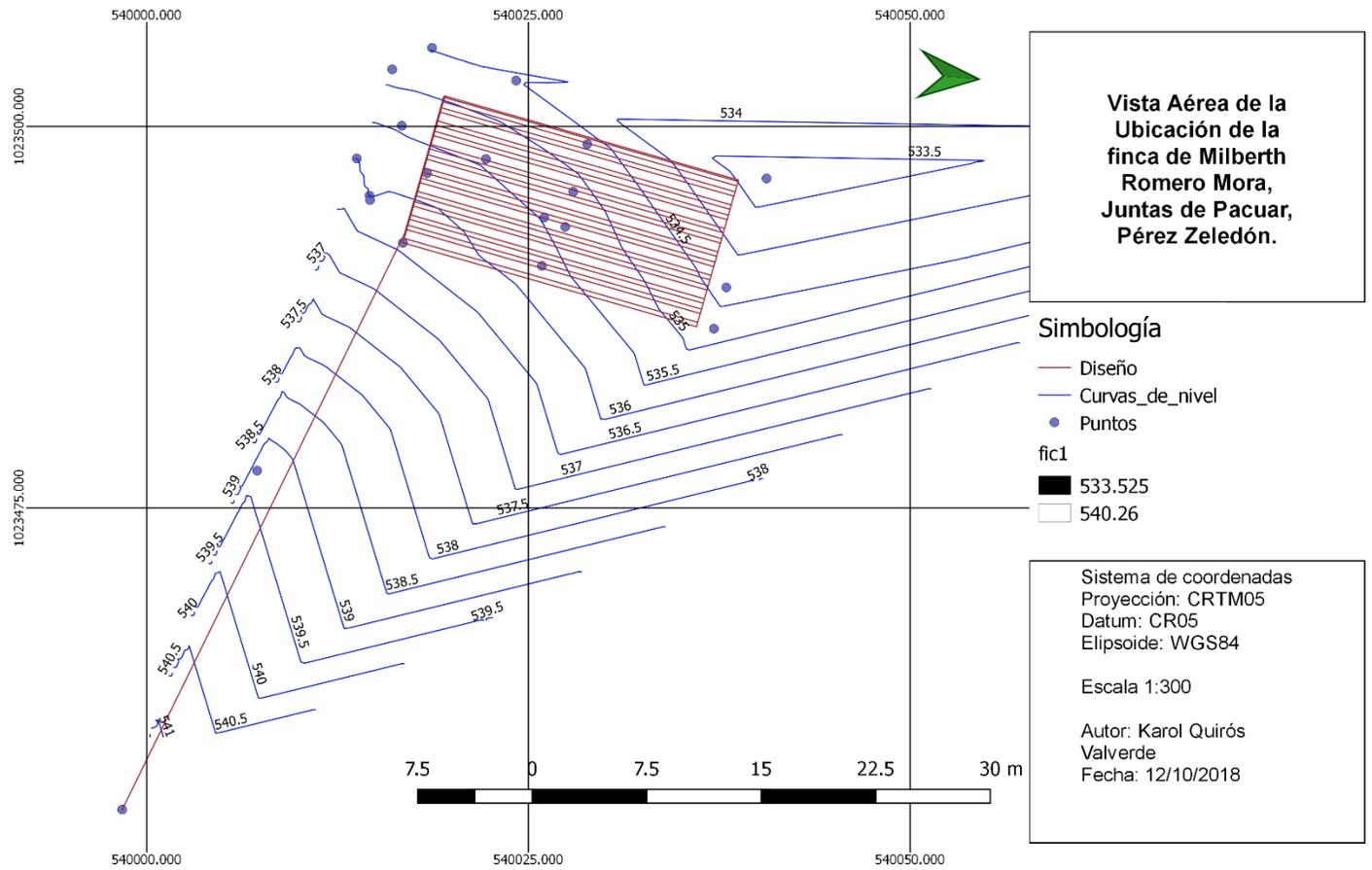


Figura 15. Curvas de nivel de la finca 1.

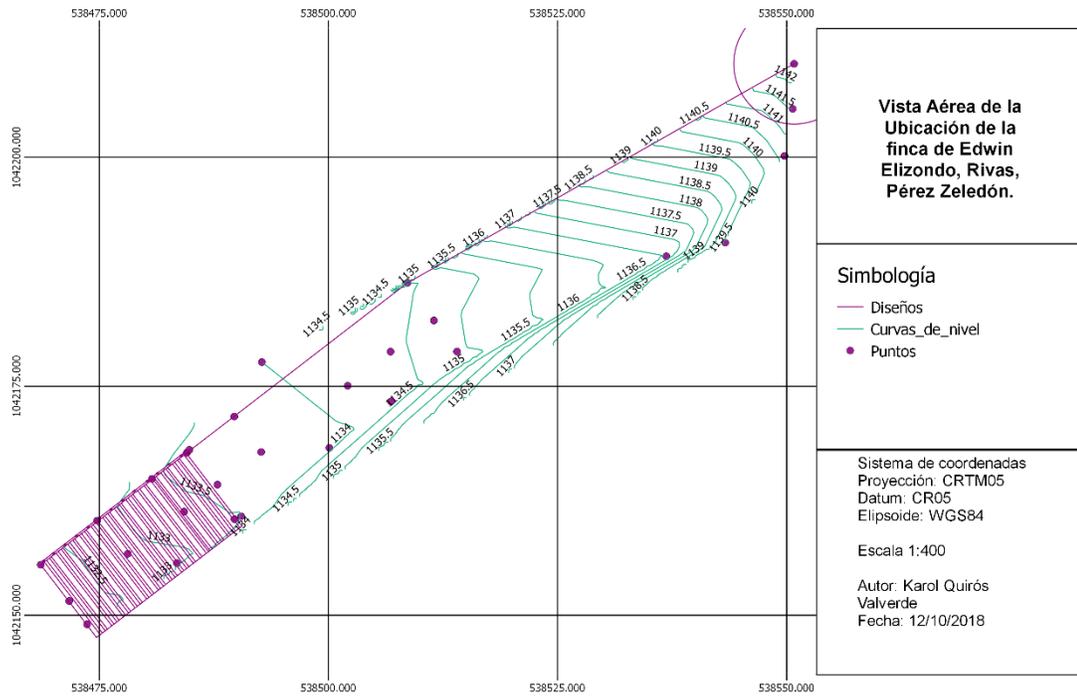


Figura 16. Curvas de nivel de la finca 3.

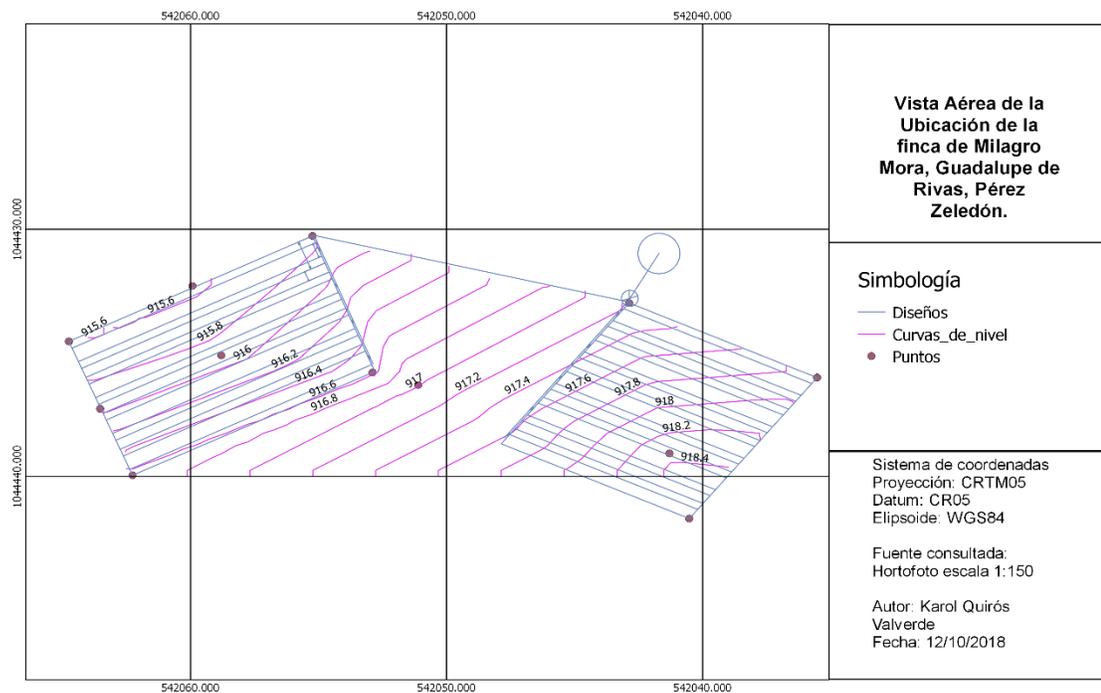


Figura 17. Curvas de nivel de la finca 4.

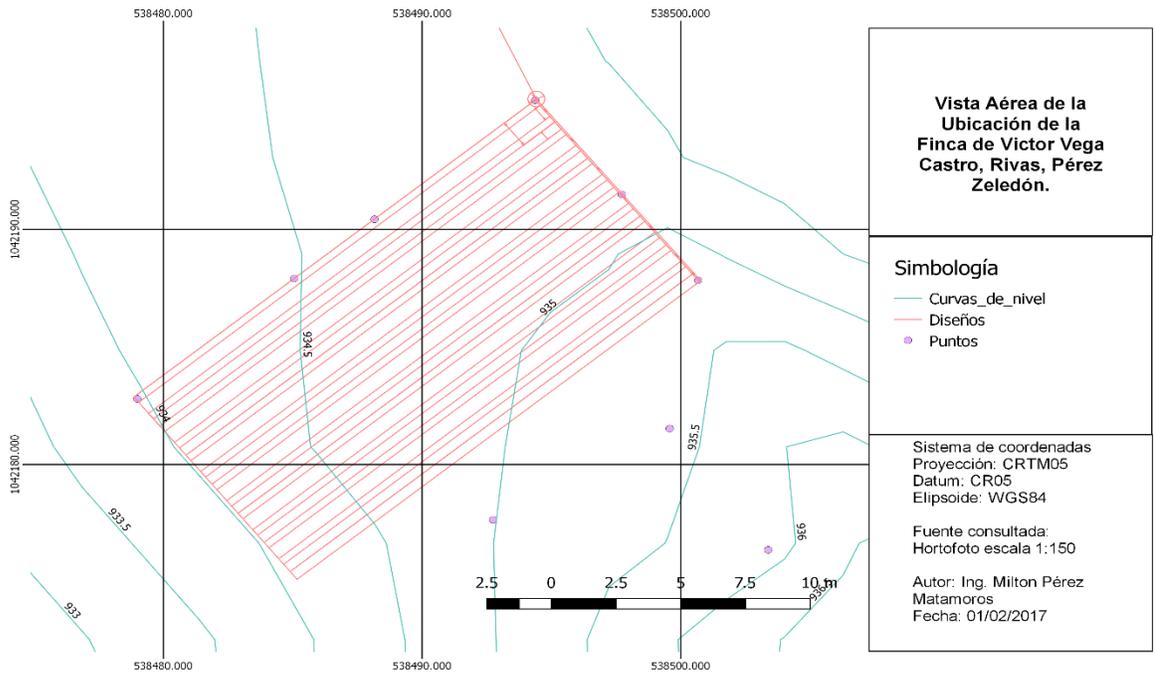


Figura 18. Curvas de nivel de la finca 5.

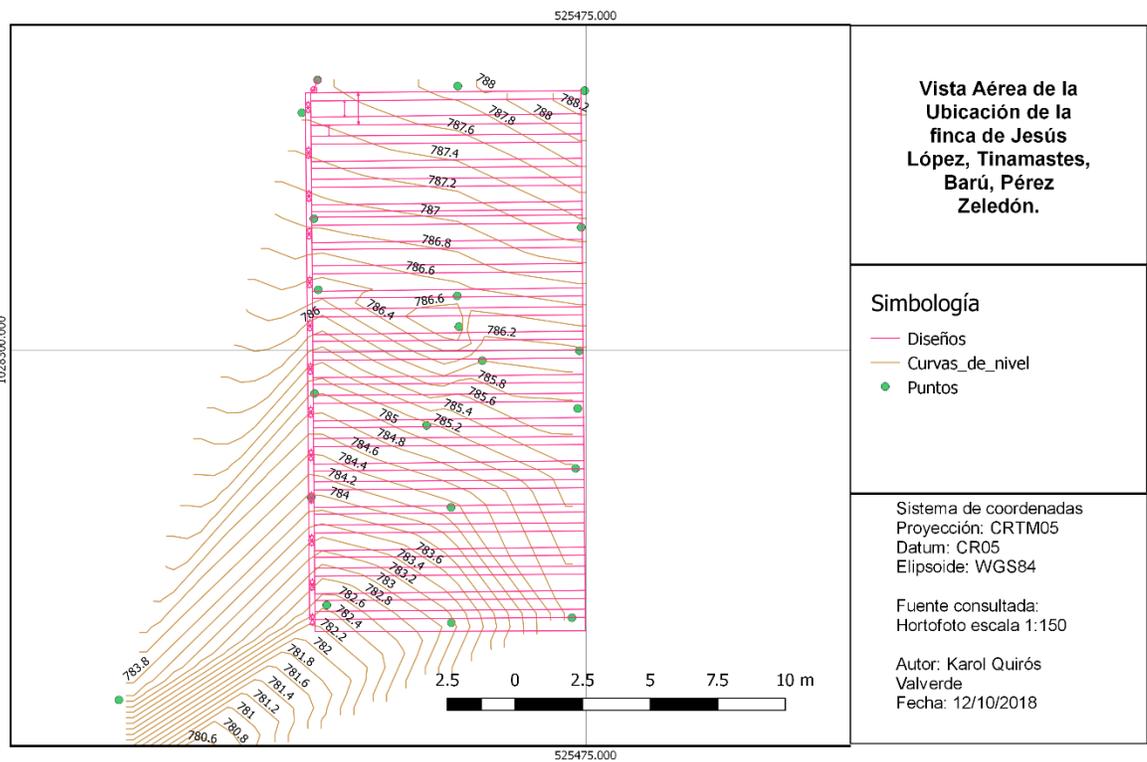


Figura 19. Curvas de nivel de la finca 6.

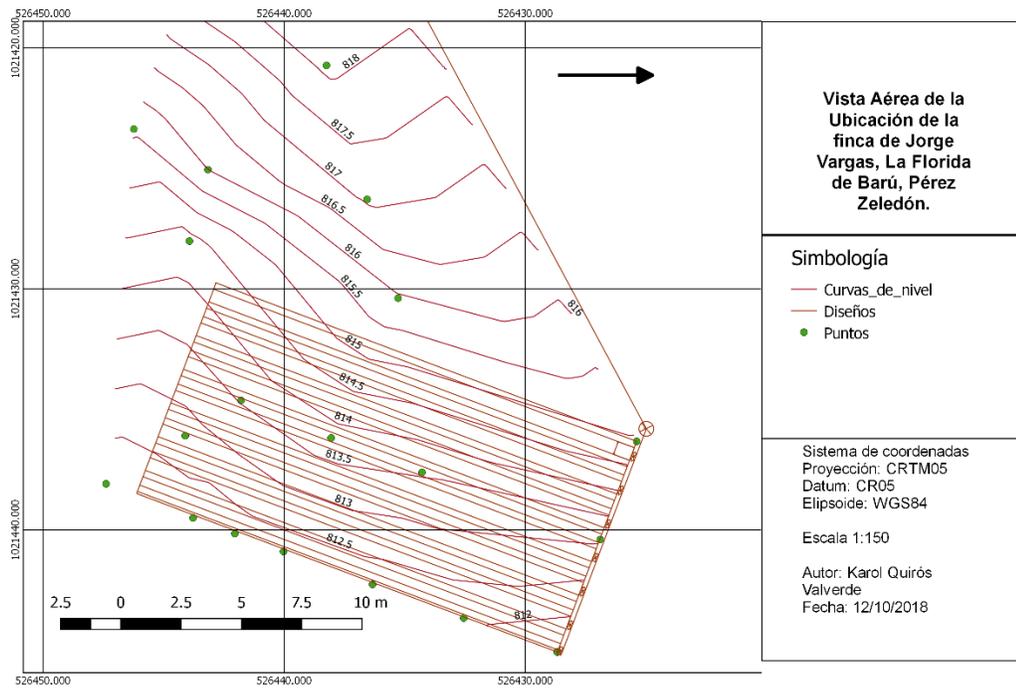


Figura 20. Curvas de nivel de la finca 7.

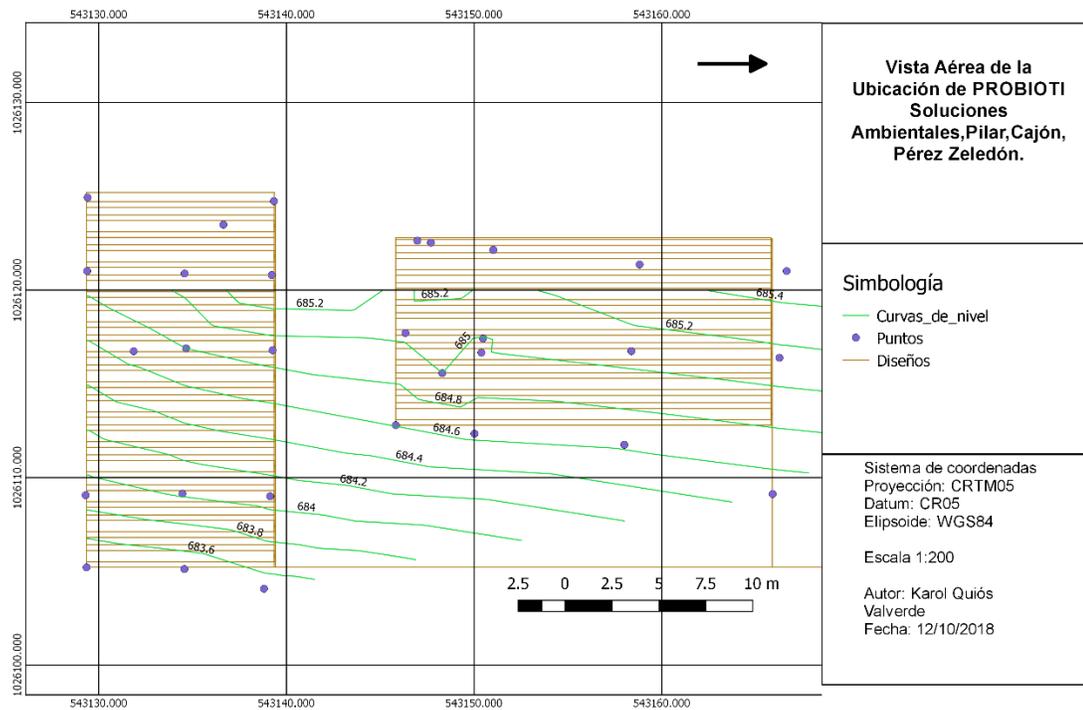


Figura 21. Curvas de nivel de la finca 8 y 9.

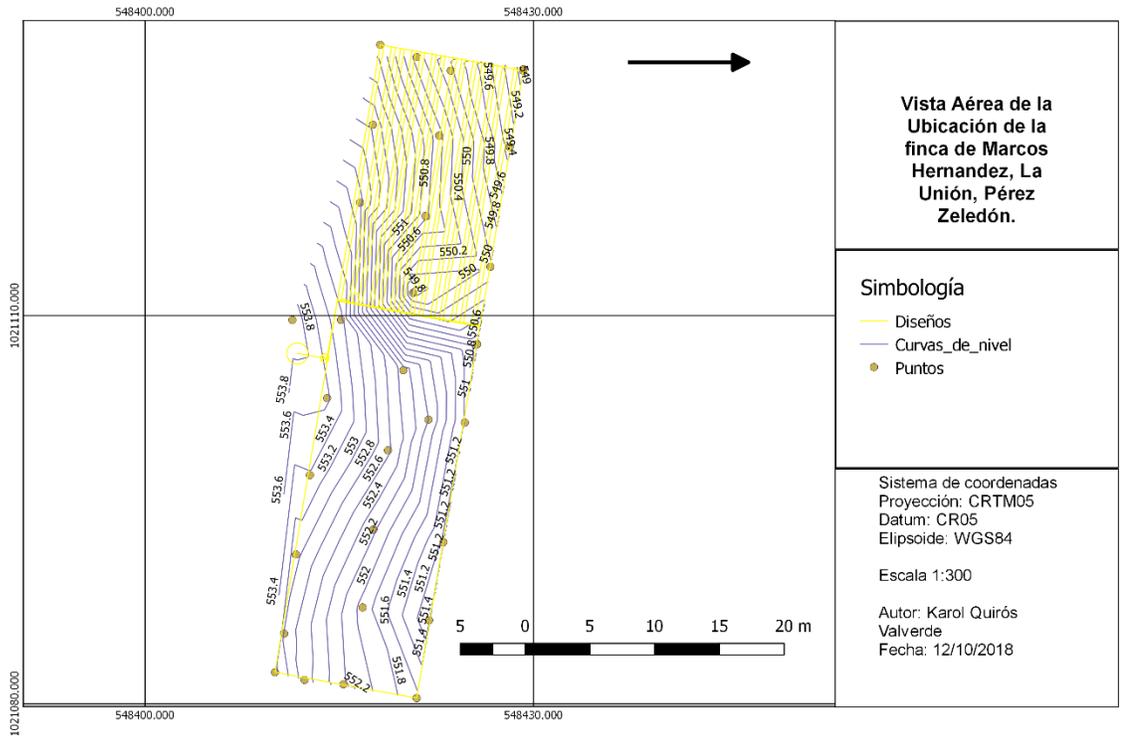


Figura 22. Curvas de nivel de la finca 10.

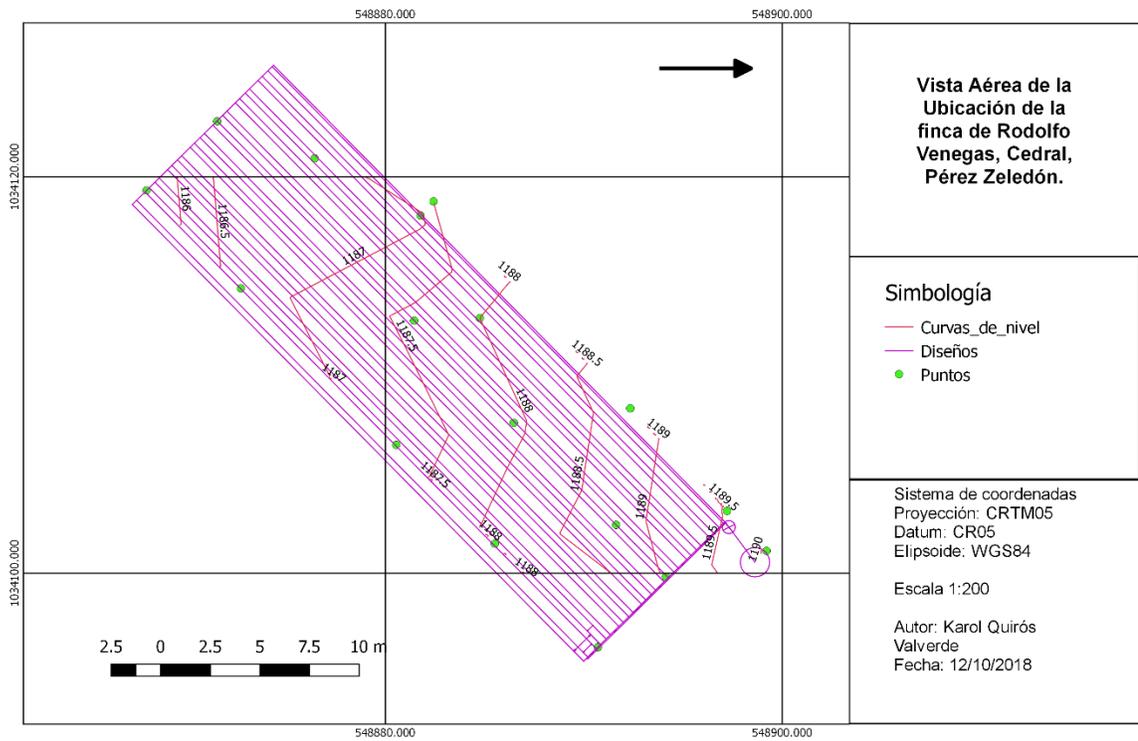
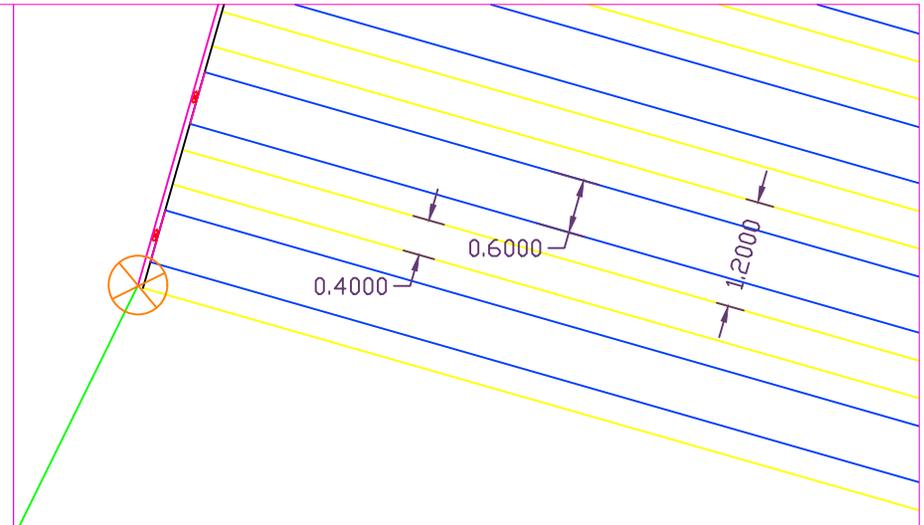
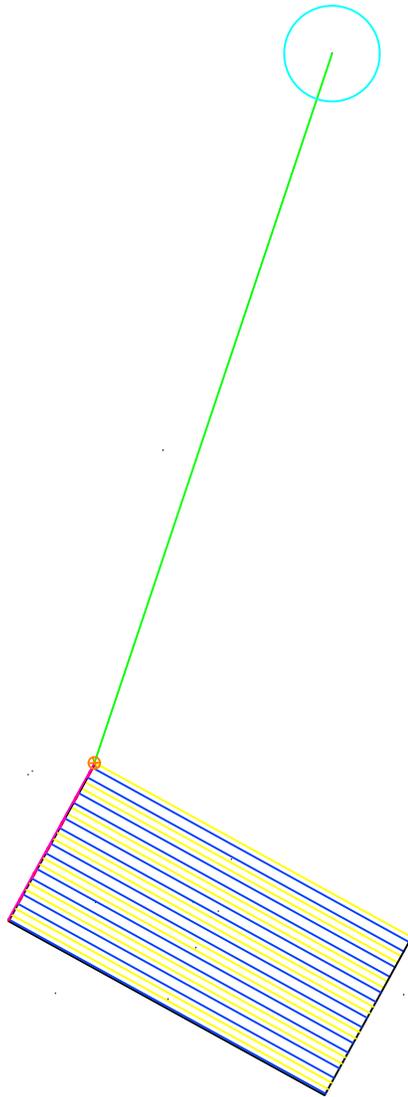


Figura 23. Curvas de nivel de la finca 11.

Cuadro 35. Accesorios y costos para sistema de riego.

DESCRIPCIÓN	CANT	PRECIO U/VI	TOTAL
TEE PVC 1" ALTA LISA	116,00	824,00	95 584,00
CODO PVC 1" LISO 90° ALTA	216,00	663,00	143 208,00
CODO PVC 1" LISO 45° ALTA	184,00	766,00	140 944,00
REGULADOR DE PRECION 1"	20,00	33 000,00	660 000,00
VALVULA DE COMPUERTA (LLAVE PASO AMANCO)	111,00	3 168,00	351 648,00
MUTIPLE DE POLIETILENO 25 MMX 91,7 MTS	2,00	47 800,00	95 600,00
MUTIPLE DE POLIETILENO 25 MM X 50 MTS	10,00	17 000,00	170 000,00
TUBERIA CON GOTEIO INTEGRADO 16MM X 800M	10,00	31 000,00	310 000,00
TEE PVC 1" ALTA LISA	20,00	824,00	16 480,00
ADAPTADOR MACHO PVC 3/4"	30,00	239,00	7 170,00
PEGAMENTO WET DRY 1/4	10,00	9 474,00	94 740,00
INYECTOR VENTURY POLIDUCTO 1"	2,00	32 300,00	64 600,00
FILTRO MALLA POLIDUCTO 1"	2,00	3 700,00	7 400,00
ADAPTADOR MACHO PVC 1/2"	20,00	123,00	2 460,00
ADAPTADOR HEMBRA PVC 1/2"	20,00	178,00	3 560,00
LLAVE DE PASO BOLA 1"	10,00	3 168,00	31 680,00
TAPON PVC HEMBRA LISO DE 1/2"	20,00	170,00	3 400,00
TAPON PARA SISTEMA DE GOTEIO 16MM	203,00	25,00	5 075,00
UNION PARA SISTEMA DE GOTEIO 16MM	203,00	120,00	24 360,00
CONECTOR SENCILLO PARA SISTEMA DE GOTEIO 16MM	363,00	265,00	96 195,00
LIMPIADOR DE SUPERFICIES AMANCO PARA PVC	10,00	4 420,00	44 200,00
MANOMETRO DE 0 A 100 PSI	11,00	5 300,00	58 300,00
ADAPTADOR MACHO PVC 1"	40,00	465,00	18 600,00

## **PLANOS**



# Simbología

-  Camas
-  Lateral
-  Multiple
-  Principal
-  Válvula
-  Fuente
-  Cabezal

Escuela de Ingeniería Agrícola

MAG-Asoorgánicos, Pérez Zeledón

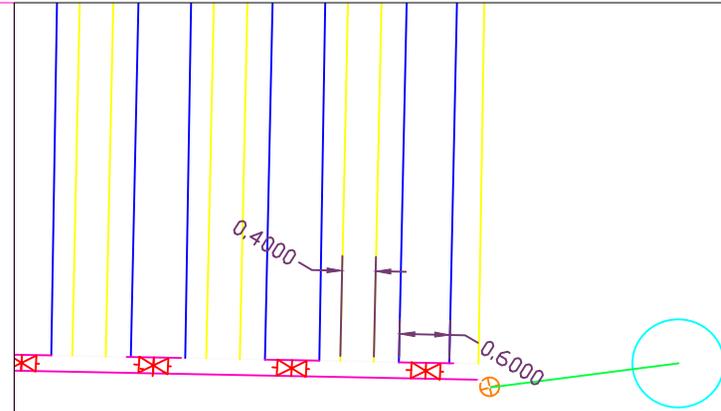
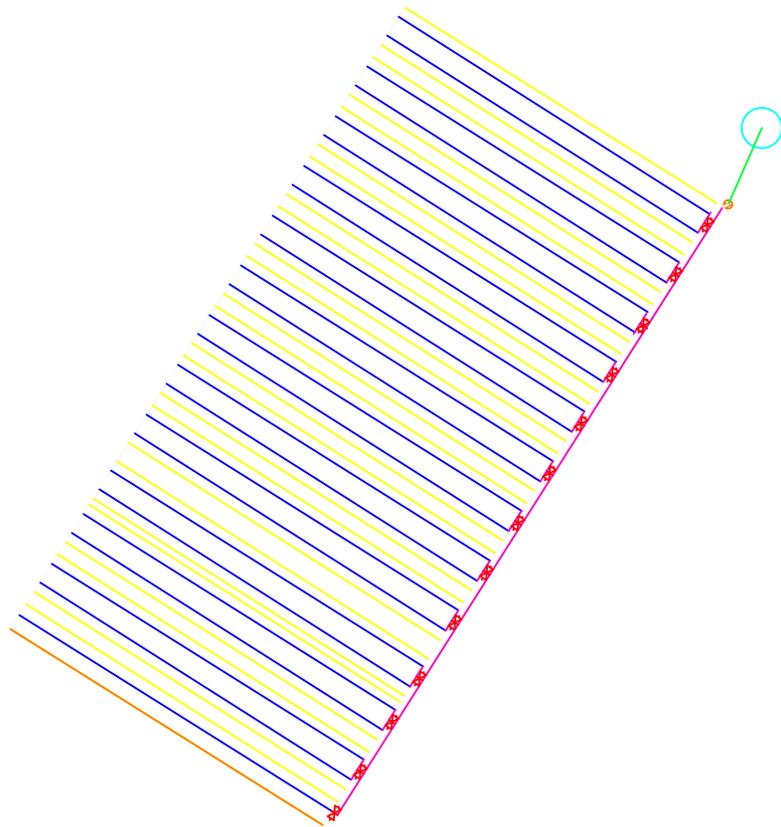
Fecha: 11/10/2018

Lámina: 1

Escala: 1:0.094

Elaborado por:

Quiros, K.



## Simbología

-  Camas
-  Lateral
-  Multiple
-  Principal
-  Válvula
-  Fuente
-  Cabezal

Escuela de Ingeniería Agrícola

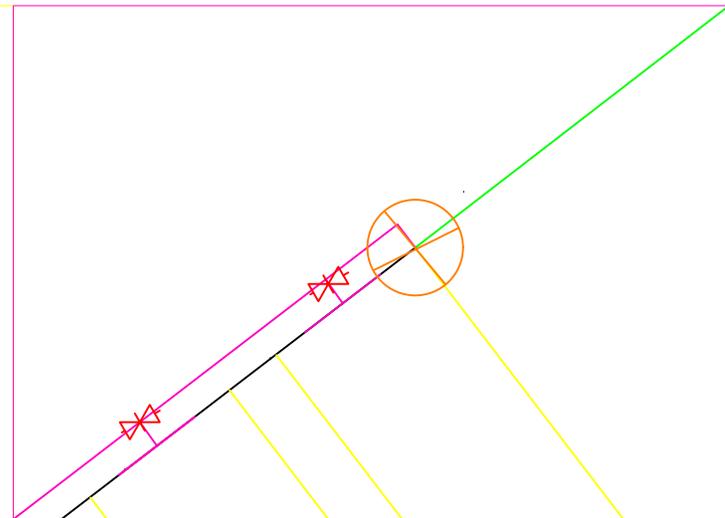
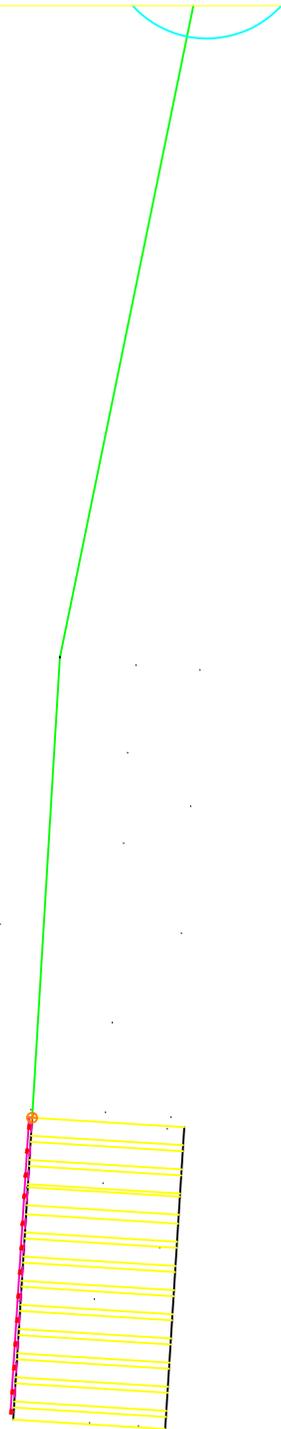
MAG-Asoorgánicos, Pérez Zeledón

Fecha: 11/10/2018

Lámina: 2

Escala: 1:0.19

Elaborado por:  
Quiros, K.



# Simbología

-  Camas
-  Lateral
-  Multiple
-  Principal
-  Válvula
-  Fuente
-  Cabezal

Escuela de Ingeniería Agrícola

MAG-Asoorgánicos, Pérez Zeledón

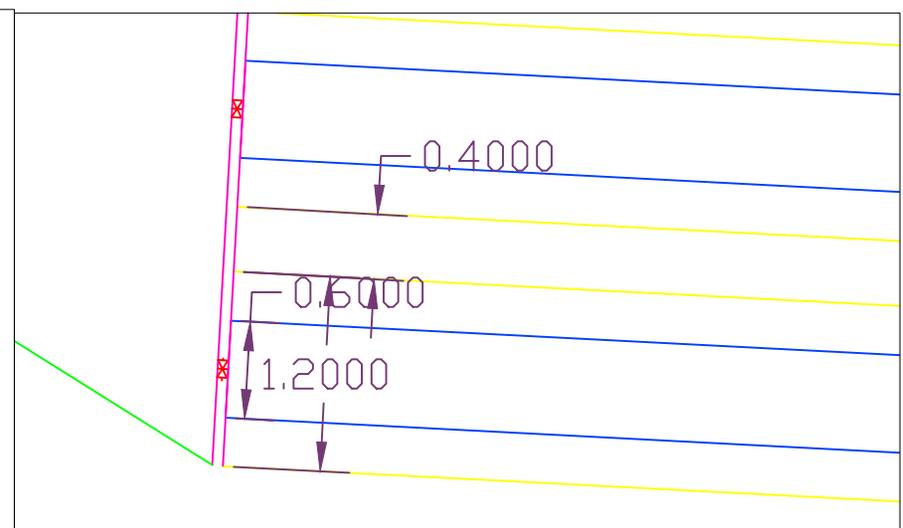
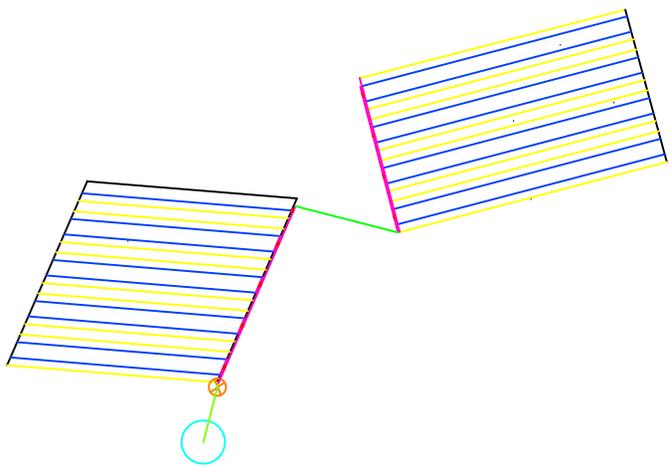
Fecha: 11/10/2018

Lámina: 3

Escala: 1:0.08

Elaborado por:

Quiros, K.



# Simbología

-  Camas
-  Lateral
-  Multiple
-  Principal
-  Válvula
-  Fuente
-  Cabezal

Escuela de Ingeniería Agrícola

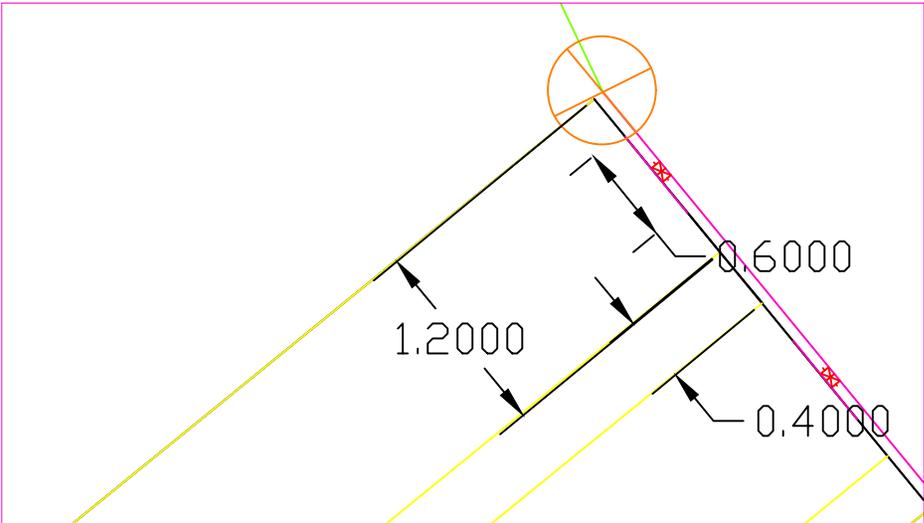
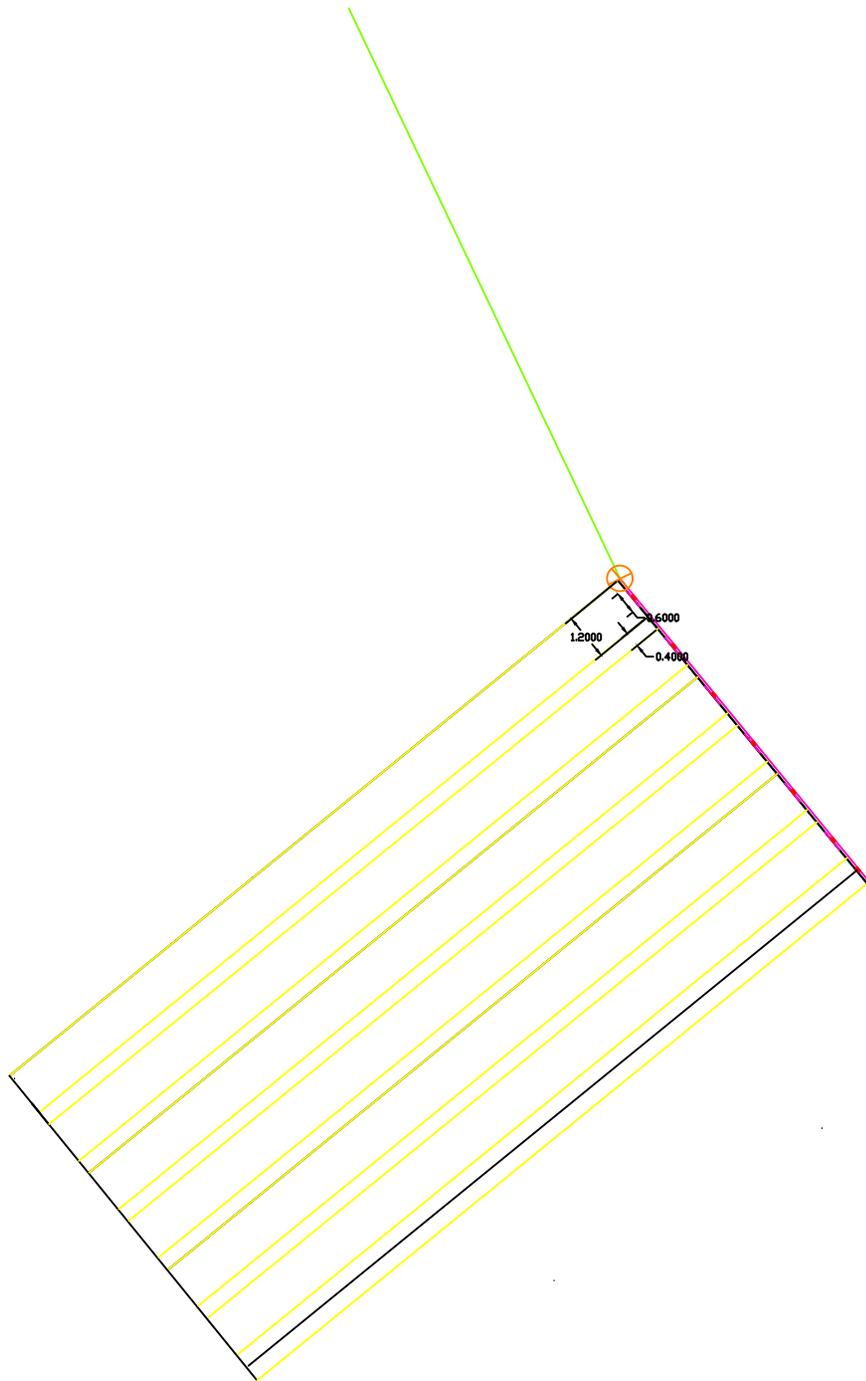
MAG-Asoorgánicos, Pérez Zeledón

Fecha: 11/10/2018

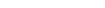
Lámina: 4

Escala: 1:0.13

Elaborado por:  
Quiros, K.



# Simbología

-  Camas
-  Lateral
-  Multiple
-  Principal
-  Válvula
-  Fuente
-  Cabezal

Escuela de Ingeniería Agrícola

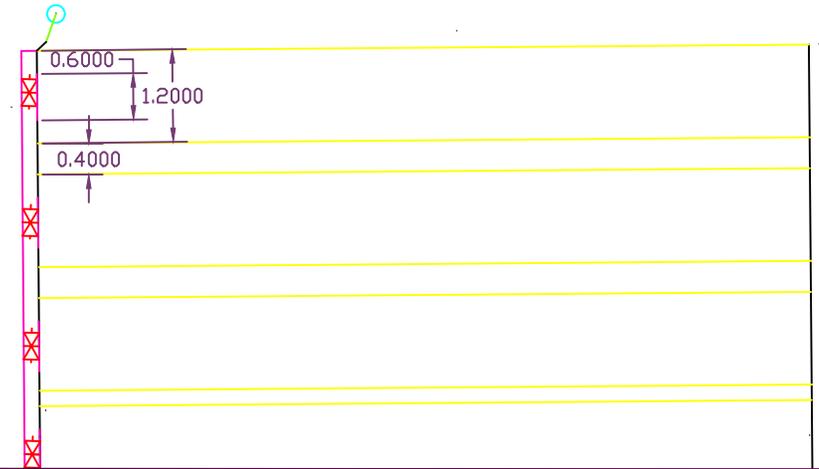
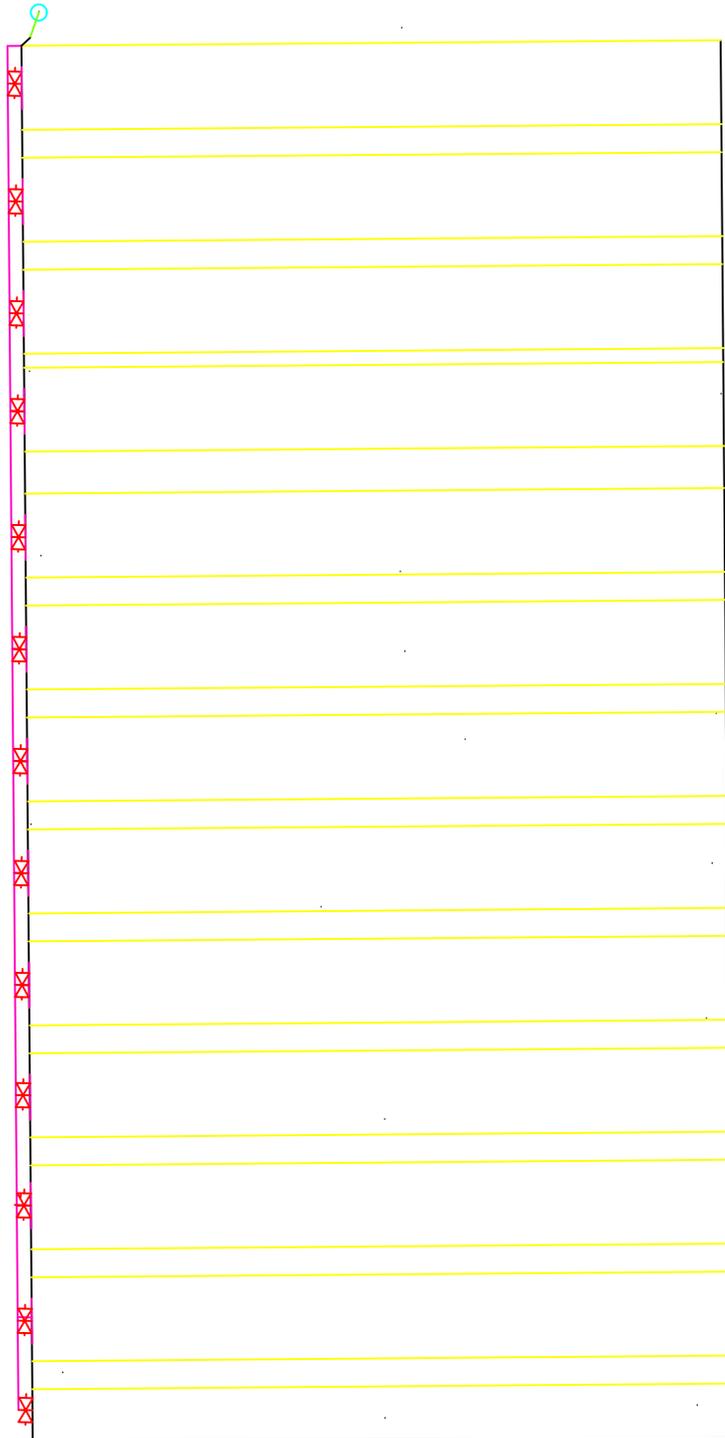
MAG-Asoorgánicos, Pérez Zeledón

Fecha: 11/10/2018

Lámina: 5

Escala: 1:0.20

Elaborado por:  
Quiros, K.



# Simbología

-  Camas
-  Lateral
-  Multiple
-  Principal
-  Válvula
-  Fuente
-  Cabezal

Escuela de Ingeniería Agrícola

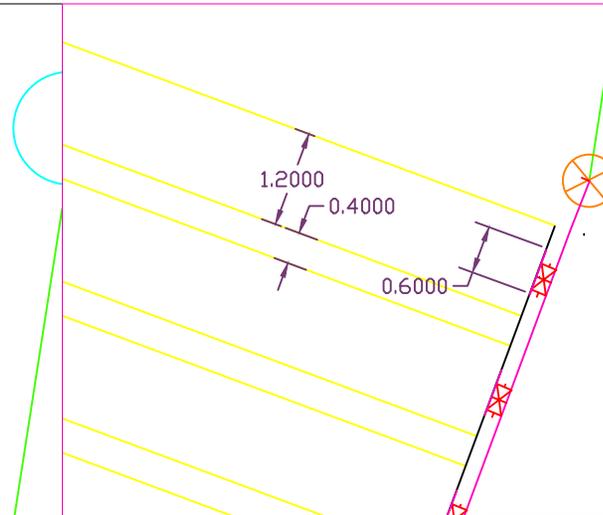
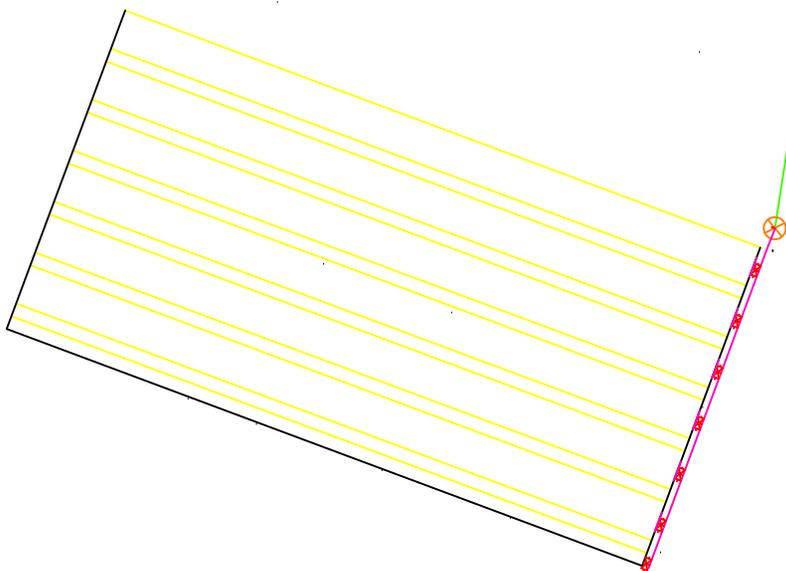
MAG-Asoorgánicos, Pérez Zeledón

Fecha: 11/10/2018

Lámina: 6

Escala: 1:0.37

Elaborado por:  
Quiros, K.



# Simbología

-  Camas
-  Lateral
-  Multiple
-  Principal
-  Válvula
-  Fuente
-  Cabezal

Escuela de Ingeniería Agrícola

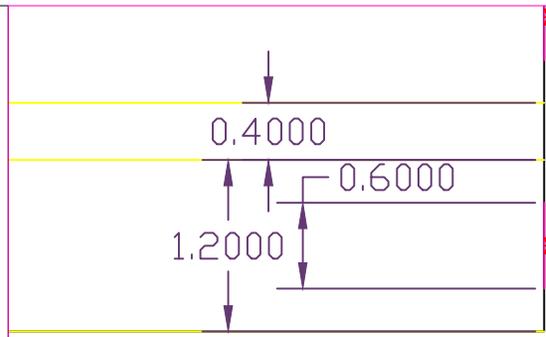
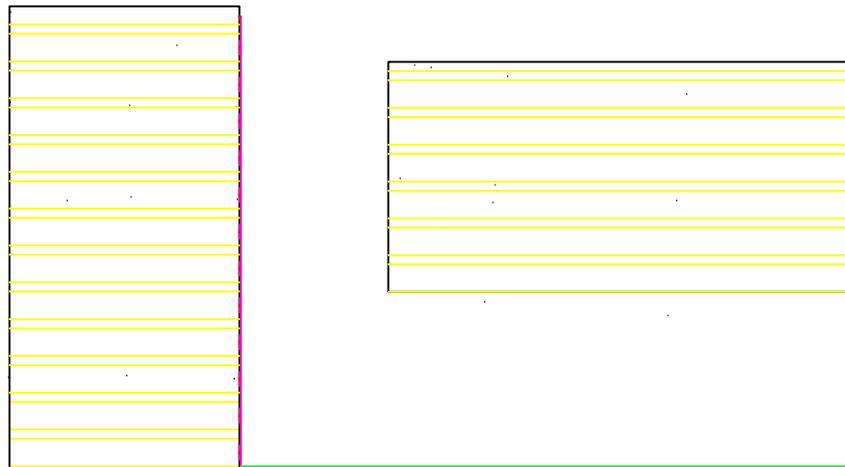
MAG-Asoorgánicos, Pérez Zeledón

Fecha: 11/10/2018

Lámina: 7

Escala: 1:0.18

Elaborado por:  
Quiros, K.



# Simbología

-  Camas
-  Lateral
-  Multiple
-  Principal
-  Válvula
-  Fuente
-  Cabezal

Escuela de Ingeniería Agrícola

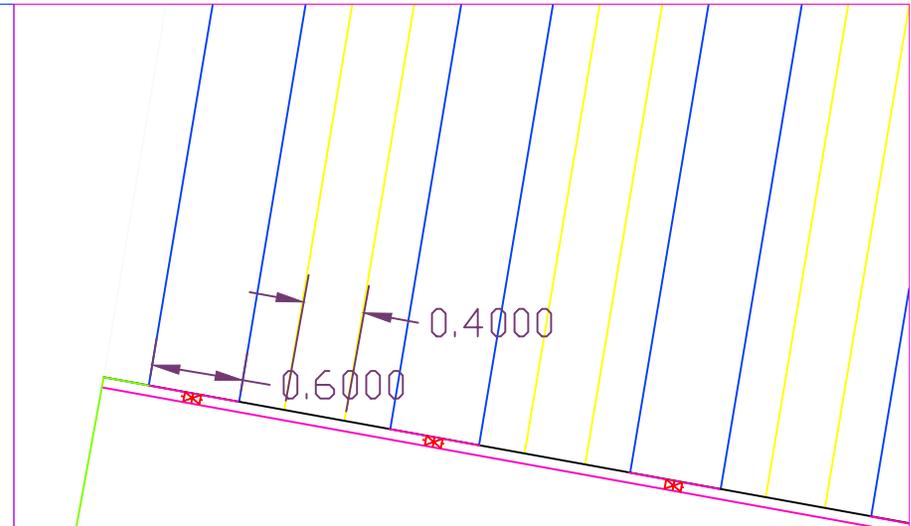
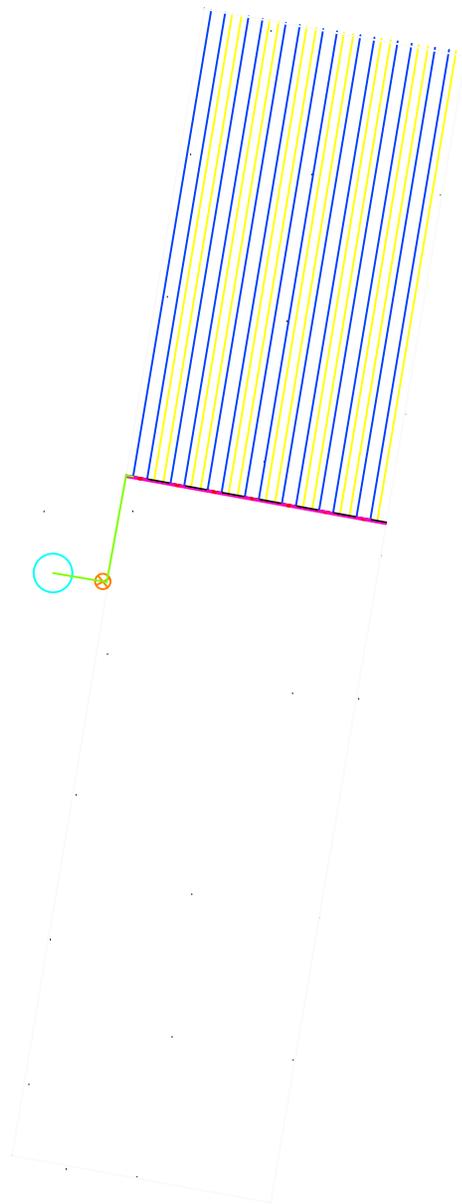
MAG-Asoorgánicos, Pérez Zeledón

Fecha: 11/10/2018

Lámina: 8

Escala: 1:0.12

Elaborado por:  
Quiros, K.



# Simbología

-  Camas
-  Lateral
-  Multiple
-  Principal
-  Válvula
-  Fuente
-  Cabezal

Escuela de Ingeniería Agrícola

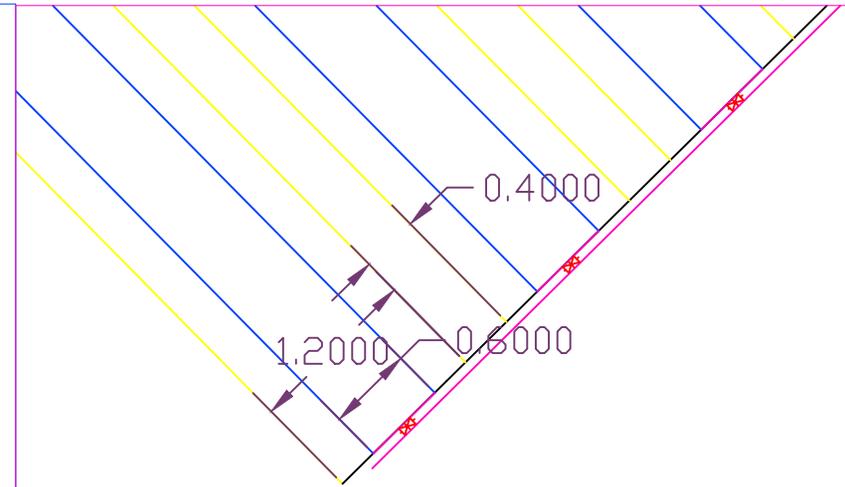
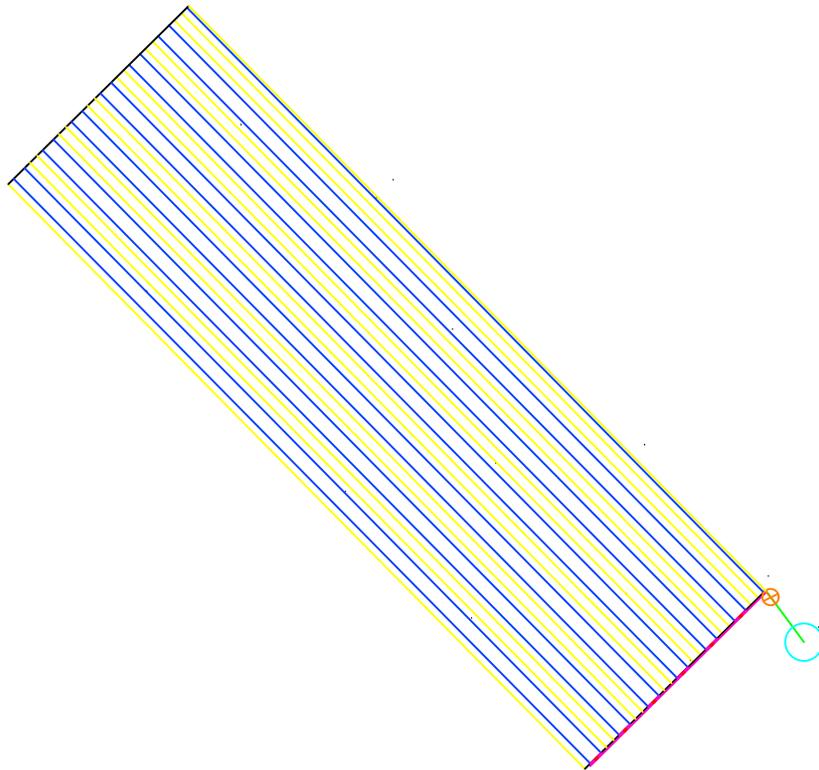
MAG-Asoorgánicos, Pérez Zeledón

Fecha: 11/10/2018

Lámina: 9

Escala: 1:0.13

Elaborado por:  
Quiros, K.



# Simbología

-  Camas
-  Lateral
-  Multiple
-  Principal
-  Válvula
-  Fuente
-  Cabezal

Escuela de Ingeniería Agrícola

MAG-Asoorgánicos, Pérez Zeledón

Fecha: 11/10/2018

Lámina: 10

Escala: 1:0.13

Elaborado por:

Quiros, K.