

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE**



Evaluación de un sistema de riego por goteo bajo condiciones de hidroponía en el cultivo de pimiento morrón "*Capsicum annuum*"

**POR:  
ENEDELIA GONZÁLEZ GONZÁLEZ**

**TESIS:  
Presentada como Requisito Parcial  
Para Obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

**Marzo del 2018**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**  
**DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE**

Evaluación de un sistema de riego por goteo bajo condiciones de hidroponía en el cultivo de pimiento morrón "*capsicum annuum*"

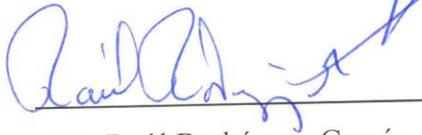
**REALIZADA POR:**  
**ENEDELIA GONZÁLEZ GONZÁLEZ**  
**TESIS**

Que se somete a consideración del H. jurado examinador como  
Requisito Parcial para Obtener el Título de:  
**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

Aprobada por:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Fernando Augusto Villarreal Reyna

**Asesor principal**

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Raúl Rodríguez García

**Asesor**

  
\_\_\_\_\_  
Ing. José Adán Gómez Sandoval

**Asesor**

Universidad Autónoma Agraria  
"Antonio Narro"



Coordinación de la División  
de Ingeniería

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Luis Samaniego Moreno

**Coordinador de la División de Ingeniería**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Marzo del 2018

## DEDICATORIAS

### *A mis padres:*

*Ma. Concepción González Romero y David González Moya, por darme la vida, y principalmente por los valores que me inculcaron, por todo el amor que nos dan a mí y a mis hermanos.*

### *A mis hermanos:*

*Roberto, Carlos Ubaldo, María Gabriela y María Itzel, porque hemos aprendido que la unión nos hace fuertes como familia y que si uno se cae estamos todos los de más para ayudarlo a levantarse, esta dedicatoria es también para **mí cuñada viví** y para mi sobrinito **Edwin**.*

### *A mis abuelos y tíos:*

*A mi abuelitos paternos **Mary y Goyo** porque siempre han estado ahí, por el amor que nos dan a mí y a mis hermanos, a mis abuelitos maternos **Juliana y Zacarías** por los consejos que siempre me dio y sobre todo por el amor que nos demuestran cuando éramos niños, también a toda **la familia González Moya** en especial a mi tía **Estela, Eli, Naye, Yaque, Reyes, Saúl, Patricio**, y a ese ángel que tenemos en el cielo **Miriam** siempre estarás en nuestros corazones, también para mi tía **Cecilia** más que mi madrina una buena aconsejadora..*

### *A mis amigos de la universidad:*

*Martin, Chivis, Aldo, Rody, Felipe, Wilson, Luismi, Rouus, Marisol, Roció Chio, Blanca reina, Ruby, Diana, Francisco, Ismael, por cada sonrisa que me sacaron, por todos los buenos momentos que pase con cada uno de ustedes en la universidad, también para las chicas que me apoyaron cuando entre a **Lupita, Ángeles** y a **mi hermanita Ana**.*

### *A mis amigos y compañeros de la empresa Vallealto:*

*Los ingenieros **Lucí, Adán, Ángel, Christian, Perla, Susy, Diego, Mundo, don Noé, Christian Oziel, don Chuy, don Pepe, Don Luís, Víctor Jasón, Lázaro, Chuy, Gerardo, Miguel, don Davisote, Enrique**, por cada consejo que me dieron para que yo le siguiera echando ganas.*

*A **Emmanuel de Jesús de la Cruz García** te dedico esta tesis porque por el apoyo que me brindaste para así echarle ganas a este sueño hecho realidad.*

## AGRADECIMIENTOS

*A **Dios** por haberme dado la oportunidad de llegar hasta donde estoy, por acompañarme encada momento de mi vida en especial cuando yo creía que no podía y el me daba las fuerzas para seguir.*

*A **mi Alma Mater** la universidad autónoma agraria Antonio narro porque me abrió las puertas y gracias a eso hoy tengo una carrera, le agradezco por todo los servicios que me brindo.*

*A **mis padres** les agradezco eternamente el apoyo y la confianza que depositaron en mí para así lograr mis metas, sin duda es la mejor herencia, les agradezco todo los consejos que me dieron así como las exigencias que tuvieron conmigo porque gracias a eso hoy tengo una meta.*

*Al **Dr. Fernando Augusto Villarreal Reyna**, mi asesor principal por haberme apoyado en cada momento, por la confianza que deposito en mí y sobre todo por el tiempo que me dedico para así yo terminar con esta tesis, también le agradezco por todo lo que me enseñó cuando fue mi maestro.*

*Al **ingeniero Adán Gómez Sandoval**, por ser mi asesor externos y sobre todo por abrirme las puertas de la empresa y darme la oportunidad de hacer mi tesis en este lugar también agradezco infinitamente su apoyo por que más que mi jefe es un excelente maestro la experiencia que he tomado en este lugar es gracias a él, y por cada consejo que me brido.*

*Al **Dr. Raúl Rodríguez García**, por apoyarme como asesor de tesis y sobre todo por lo que me enseñó en clase cuando fue mi maestro.*

*A la **Dr. Rosa Elvira Valdez Ramos** y al **Mc Luis Rodríguez Ramírez**, agradezco de manera infinita el apoyo que me brindaron en la revisión de tesis, gracias por cada uno de sus consejos para que esto sea de mejor presentación.*

*A todos los profesores de riego y drenaje porque gracias a ellos hoy tengo una meta más en mi vida, principalmente al **Dr. Garza Vara** por tenerme paciencia y explicarme los problemas de hidráulica, otro de los profesores que siempre recordare es al **Dr. Muñoz Castro**. También agradezco a **Víctor** por su apoyo.*

*A **Emmanuel de Jesús de la Cruz García** te agradezco ti porque cuando me he me has levantado cuando he sentido que ya no puedo, por estar en los malos y buenos momentos, por todo el tiempo y apoyo que me brindaste, por cada sonrisa que me sacaste, eres especial en mi vida, por los consejos y por estar cuando más necesito de alguien.*

# ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIAS .....	III
AGRADECIMIENTOS .....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	V
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Hipótesis.....	4
1.2. Objetivo general .....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
2.1. Historia del cultivo.....	5
2.2. Generalidades del cultivo.....	5
2.3. Invernadero .....	8
2.4. Cultivo hidropónico .....	9
2.5. Importancia económica del pimiento morrón .....	12
2.6.1. Características del riego por goteo .....	14
2.6.2. Ventajas y desventajas del riego por goteo .....	15
2.7. Componentes de un sistema de riego por goteo.....	16
2.8. Emisores .....	19
2.8.1 Clasificación de los emisores .....	19
2.8.2 Aspectos hidráulicos de goteros y cintilla de riego .....	21
2.9. Generalidades del diseño del riego localizado.....	25
2.10. Evaluación de un sistema de riego por goteo.....	27
2.10.1 Evaluación de los componentes del sistema de riego por goteo .....	28
2.11. Evaluación de la uniformidad del riego por goteo .....	29
2.11.1 Evaluación de la uniformidad de distribución (Du%).....	32
2.11.2. Evaluación del coeficiente de uniformidad (CU%).....	33
2.11.3 Evaluación de la uniformidad de emisión (Eu%).....	34
2.12. Eficiencia de aplicación .....	35

2.13 Factores que afectan a la uniformidad de riego .....	36
2.14 Mantenimiento del sistema de riego .....	38
2.14.1. Medidas generales de mantenimiento .....	38
2.14.2 Lavado de la red de tuberías .....	39
2.14.3 Mantenimiento de los filtros.....	39
2.14.4 Obturaciones.....	40
2.14.5 gradiente hidráulico .....	40
III. MATERIALES Y MÉTODO .....	42
3.1 Ubicación del área de estudio .....	42
3.2. Materiales usados para la evaluación.....	45
3.3. Método .....	46
3.4. Evaluación de la uniformidad de riego en campo .....	46
3.4.1 Análisis capacidad de retención de humedad del slab.....	50
3.5. Análisis de las uniformidades evaluadas en campo CUC %.....	53
3.6 Obtención y manejo de la información requerida para obtener las horas de riego de los lotes. ....	56
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	57
4.1. Resultados en la evaluación de la uniformidad (Cu%, Cv%, Ea%, Er%, Ic) de los 12 lotes evaluados. ....	58
4.1.1 Graficas del Coeficiente de uniformidad (CU%) .....	58
4.2 Eficiencia de aplicación. ....	61
4.3 Índice de consumo.....	62
4.4. Graficas del coeficiente de variación .....	62
4.5. Graficas de presión vs Gastos aforados .....	65
4.5.1 Comparación de gastos calculados contra medidos en cada lote. ....	66
4.6. Recomendaciones.....	73
V. CONCLUSIÓN.....	74
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	75
VII. APENDICES .....	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b> Cabezal de control de riego por goteo (Mendoza, 2013).....	17
<b>Figura 2.2.</b> Componentes generales de una red de distribución en riego localizado (Fernández, 2010).....	18
<b>Figura 2.3.</b> Clasificación de goteros según formas de reducir presión (Liotta, 2015).....	20
<b>Figura 2.4.</b> Grafica de relación de carga vs Gasto (Buxens, 2006).....	23
<b>Figura 2.5.</b> Distribución de la carga de presión en una subunidad.....	41
<b>Figura 3.1.</b> Ubicación del área de estudio.....	42
<b>Figura 3.2.</b> Marco de plantación de estudio (5cm de separación entre plantas).....	43
<b>Figura 3.3.</b> Diseño de lote, toma de datos (Gotero al inicio, 1/3, 2/3 y al final).....	44
<b>Figura 3.4.</b> a) Cada sub unidad abastece a 8 válvulas en 5 Ha (Fase 2 A y B), b) 1Válvula irriga a 6 lotes.....	44
<b>Figura 3.5.</b> Laterales y emisores que se deben de seleccionar para evaluar una sección de riego por goteo.....	48
<b>Figura 3.6.</b> a) colector de riego, b) medición del volumen suministrado por los emisores....	48
<b>Figura 3.7.</b> Medición de la presión al final de la línea regante.....	49
<b>Figura 3.8.</b> Peso de la fibra para evaluar el drenado de la fibra de coco.....	50
<b>Figura 3.9.</b> Peso de la fibra más los 15 litros de agua.....	51
<b>Figura 3.10.</b> Agua que no fue absorbida por la fibra.....	51
<b>Figura 3.11.</b> Drenado del slab y tiempo.....	52
<b>Figura 3.12.</b> Slab ya drenado.....	52
<b>Figura 4.1</b> Graficas de la uniformidad de distribución de los lotes 1.....	58
<b>Figura 4.2.</b> Grafica de la uniformidad de distribución de los lotes 12.....	59
<b>Figura 4.3.</b> Grafica de la uniformidad de distribución de los lotes 24.....	59
<b>Figura 4.4.</b> Grafica de la uniformidad de distribución de los lotes 26.....	60

<b>Figura 4.5.</b> Grafica de la uniformidad de distribución de los lotes 38.....	60
<b>Figura 4.6.</b> Grafica de la uniformidad de distribución de los lotes 50.....	61
<b>Figura 4.7.</b> Grafica del coeficiente de variación lotes 1.....	62
<b>Figura 4.8.</b> Grafica de comportamiento del coeficiente de variación lotes 12.....	63
<b>Figura 4.9.</b> Grafica del coeficientes de variación por debajo del 5% lotes 24.....	63
<b>Figura 4.10.</b> Grafica de coeficiente de variación lotes 26.....	64
<b>Figura 4.11.</b> Grafica del coeficiente de variación lotes 38.....	64
<b>Figura 4.12.</b> Grafica de comportamiento del coeficiente de variación lotes 50.....	65
<b>Figura 4.13.</b> Grafica de los datos tomados en el sistema evaluado lado norte.....	65
<b>Figura 4.14.</b> Grafica de los datos tomados en el área de estudio lado sur.....	66
<b>Figura 4.15.</b> Grafica de propiedades del gotero.....	66
<b>Figura 4.16.</b> Grafica de comparación gastos medido contra calculados lote 1 norte.....	67
<b>Figura 4.17.</b> Grafica de comparación gastos medido contra el calculados lote 1 Sur.....	67
<b>Figura 4.18.</b> Grafica de comparación lote 12 norte.....	68
<b>Figura 4.19.</b> Grafica de comparación lote 12 sur gasto medido contra el gasto calculado.....	68
<b>Figura 4.20.</b> Comparación del lote 24 norte contra el gasto estimado.....	69
<b>Figura 4.21.</b> Grafica de comparación del lote 24 sur contra el gasto estimado.....	69
<b>Figura 4.22.</b> Grafica de comparación del gasto medido contra el calculado lote 26 norte.....	70
<b>Figura 4. 23.</b> Grafica de comparación del gasto medido contra el calculado lote 26 sur.....	70
<b>Figura 4.24.</b> Grafica de comparación del gasto medido contra el calculado lote 38 norte.....	71
<b>Figura 4.25.</b> Grafica de comparación del gasto medido contra el calculado lote 38 sur.....	71
<b>Figura 4.26.</b> Grafica de comparación del gasto medido contra el calculado lote 50 norte.....	72
<b>Figura 4.27.</b> Grafica de comparación del gasto medido contra el calculado lote 50 sur.....	72

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 2.1.</b> Exponentes de descarga de los emisores (Fuentes, 1991).....	24
<b>Cuadro 2.2.</b> Clasificación de la calidad de los emisores según el coeficiente de variación de fabricación (santos et al., 2010).....	25
<b>Cuadro 2.3.</b> Parámetros para determinar la uniformidad (Merriam and Keller 1978).....	31
<b>Cuadro 3.1.</b> Muestra de plantilla de registro de datos de campo.....	50
<b>Cuadro 3.2.</b> Formato de excel para el cálculo de la uniformidad aforadas en campo.....	53

# **EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO BAJO CONDICIONES DE HIDROPONÍA EN EL CULTIVO DE PIMIENTO MORRÓN “*Capsicum annuum*”.**

Enedelia González González

## **RESUMEN:**

Uno de los principales problemas en el Noreste de nuestro país es la falta de agua, por lo que en la agricultura se han utilizado diferentes tipos de sistemas de riego para optimizar dicho uso en los cultivos.

La presente investigación se llevó a cabo en la empresa “Vallealto Produce”, ubicada en la sierra de Arteaga Coahuila México. Dicha empresa se localiza en el kilómetro 10 de la carretera San Antonio de las Alazanas, donde objetivo del estudio fue evaluar el coeficiente de uniformidad en un sistema de riego por goteo bajo condiciones de hidroponía, por lo que el cultivo estaba sujeto a un cubo(100 % polvo de fibra de coco) y este a un slab( 70% fibra de coco gruesa, 30% fibra de coco polvo), encontrando el coeficiente de uniformidad como mínimo 91% y como máximo 98%, con intervalos de riego diferentes programado para tres periodos diferentes. Los goteros son auto compensados por lo que la evaluación se realizó al inicio a 1/3 a 2/3 y al final de cada línea de riego y tomando 4 de estas líneas al igual que 12 lotes para así obtener la uniformidad de riego de las 10 has en donde se tenían tres colores diferentes de pimiento morrón (Naranja, Amarillo y Rojo), y considerando que esta evaluación se realizó después de 6 años de vida útil del equipo y sin cambios en el sistema de riego.

**Palabras clave:** Coeficiente Uniformidad, Riego por goteo, Hidroponía, *Capsicum Annuum*.

## I. INTRODUCCIÓN

En México la mayor parte de la producción de pimiento morrón (*Capsicum annuum L.*) se destina a la exportación, tanto la que se genera a campo abierto como la de invernadero. Se siembran aproximadamente 5,800 hectáreas en todo el país, con rendimientos en campo que pueden llegar hasta 50 Ton/has/año (Reséndiz et al., 2010).

La producción nacional de pimiento morrón es de 104.4 mil toneladas con un valor de 1,491 millones de pesos y los estados que se destacan en su generación son Guanajuato, Jalisco, Querétaro, Durango y Coahuila (SAGARPA, 2016).

La producción de pimiento morrón verde en Coahuila durante 2009 presentó un valor de 803.48 toneladas con un rendimiento de 25.11 Ton/ha y un valor de la producción de \$5,172.19 millones de pesos. El municipio de "Ramos Arizpe" presentó la producción mayor con 386.08 toneladas y una superficie cosechada de 16 hectáreas (SAGARPA-CONACYT, 2012). Los principales municipios que producen pimiento morrón son: Hidalgo, Saltillo y Ramos Arizpe, hasta el año 2009.

Uno de los aspectos más interesantes de la agricultura moderna es que los cultivos menores como son las hortalizas, han entrado en una etapa de gran productividad generando cambios en los sistemas de producción. Por otro lado los cambios climáticos están obligando a los productores a buscar una mayor seguridad en los sistemas de producción para garantizar el volumen y la calidad de sus productos (Hernández et al., 2010).

La hidroponía se define como un sistema de producción donde las raíces de las plantas se irrigan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales disueltos en agua y en el que, en vez de suelo, se utiliza como sustrato un material generalmente inerte y estéril, el cual proporciona las condiciones físicas, químicas y sanitarias más adecuadas para el desarrollo vegetal (Rojas et al., 2003).

Los invernaderos para producción de pimiento morrón, por lo general son de alta tecnología y, en consecuencia de costo elevado, por lo que la inversión se justifica cuando el rendimiento por

unidad de superficie y/o el precio del producto son altos. En general el pimiento cultivado en invernadero, por su calidad y sanidad, puede alcanzar un precio hasta cinco veces mayor que el proveniente de cielo abierto, sobre todo si se comercializa hasta que el fruto toma el color característico de la variedad (rojo, naranja, amarillo, crema, chocolate, morado) (Reséndiz et al., 2010).

Puesto que el agua es fundamental para la vida, se ha propuesto que sea uno de los derechos humanos. El 71% de la corteza terrestre es agua y el organismo humano está compuesto por 70% de agua. Sin agua, no serían posibles los procesos fisiográficos que regulan el clima, la formación del suelo ni la cobertura vegetal de todo el planeta. Todos estos elementos repercuten en las actividades socioeconómicas. El debate se vuelve urgente en la medida en que la escasez del agua se agudiza en algunas regiones del planeta (Schmidt et al., 2012).

La tasa de riego se incrementó de 1950 a 1980, el área irrigada en el mundo pasó de 94 a 250 millones de has. La expansión del riego a fines de 1980 y principios de 1990 disminuyó dramáticamente en México. Algunas naciones como China anunciaron y abrieron nuevas superficies. La futura expansión de la superficie de riego se encuentra limitada por la escasez de dicho recurso en los Estados Unidos, Rusia, China, India, Pakistán, España, Italia, Chile, Australia, Golfo Árabe, los países Africanos y México. El sistema de riego por goteo es frecuentemente un importante componente de otras estructuras diseñadas para la producción de cultivos hortícolas (Jiménez et al., 2004).

El riego por goteo es de gran importancia a nivel mundial ya que es utilizado sobre todo en regiones donde existe escasez del recurso hídrico o épocas críticas de precipitación para la agricultura, típico de las condiciones del noreste de México.

Este método de riego es uno de los más avanzados, ya que provee a cada planta la cantidad de agua que necesita en el momento adecuado. Siendo una alternativa viable para la producción de pimiento morrón en hidroponía.

Tomando en cuenta el tipo de material que provee el slab (70% materia gruesa -30% polvo) y el cubo (100% polvo) utiliza como sustrato fibra de coco.

En la empresa “Vallealto produce” ubicada en la carretera San Antonio de las Alazanas, municipio de Arteaga, Coahuila, se encuentra instalado un sistema de riego por goteo en un área aproximadamente de 10 ha, el diseño por goteo actualmente está en mangueras con goteros integrados y estacas, siendo que este sistema de riego tiene más de 5 años funcionando donde se inyectan los nutrientes esenciales para las plantas.

Por estas razones se propone para ellos realizar la evaluación técnica del sistema del sistema de riego regando el cultivo de pimiento morrón (*Capsicum annum*), considerando las adaptaciones realizadas por el encargado del riego.

Con los resultados obtenidos de las evaluaciones realizadas, se presentaran las recomendaciones necesarias al productor, para así obtener un mejor sistema, eficiencia en el uso del agua e incrementar la producción, y reducir la pudrición de raíces.

### **1.1. Hipótesis**

Dada las condiciones actuales de riego en el cultivo de pimiento morrón en invernadero con (intervalos de riego cada 20 minutos y un tiempo de riego de 8 minutos), **“Considero”** que es demasiado el consumo de energía eléctrica y suministros, ya que la capacidad de retención de humedad del medio de sostén podría soportar intervalos (de hasta 40 minutos y riegos de 10 minutos) si el coeficiente de uniformidad presentara un 87%, ya que la variación tanto en el gasto (no mayor del 10 %) y la presión (no mayor de 20%) cumpliendo tal y como está diseñado.

La prueba de hipótesis se realizó en base al gasto de los goteros aforados para los 16 goteros seleccionados dentro de los bloques de riego de acuerdo a la norma NMX-O-177-SCFI-2011.

### **1.2. Objetivo general**

Evaluar el comportamiento de las descargas de los emisores con respecto a la presión de operación y poder estimar el coeficiente de uniformidad, tiempo de riego, intervalo de riego con respecto al suministro de energía.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Historia del cultivo

El pimentón es una planta cuyo origen botánico se centra en América del Sur, concretamente en el área entre Perú y Bolivia, desde donde se expandió al resto de América Central y Meridional. Es una planta cultivada desde hace varios siglos y una vez descubierta por los españoles fue enviada a España en 1493, para extenderse a lo largo de otros países de Europa, Asia y África durante el siglo XVI (Bojacá et al., 2012).

### 2.2 Generalidades del cultivo

El pimiento se cultiva como una planta herbácea anual. Su aspecto es lampiño, de tallos erguidos y de crecimiento limitado. Con alturas y formas de desarrollo muy variables en función del cultivar y de las condiciones del cultivo.

Nombre botánico: *Capsicum annum L.*

Familia: Solanácea

División: Spermatophyta

Línea XIV: Angiospermae

Clase A: Dicotyledones

Rama 2: Malvales-Tubiflorae

Orden XXI: Solanales (Personatae)

### Aspectos morfológicos y fisiológicos de la planta

El tallo y las ramas: se desarrolla a partir de la plúmula del embrión. Estas constituyen elementos estructurales esenciales de soporte de las hojas, flores y frutos. La poda le da regeneración y puede durar varios años. Su porte puede variar entre 0,5 metros de altura en variedades cultivadas al aire libre y 2 metros en algunas variedades cultivadas en invernadero, el crecimiento depende de las prácticas culturales que se le realicen.

Sistema radicular: la raíz es la parte de la planta que se desarrolla por debajo del suelo, en el pimiento consta de una raíz axonomorfa de la que se ramifica un conjunto de raíces laterales. La profundidad en el suelo es de hasta 30-60 cm, aunque la distribución no es uniforme, con una mayor densidad en la parte superficial. Horizontalmente el crecimiento se extiende hasta unos 30-50 cm del eje, según textura y profundidad del suelo.

Las flores: son los órganos reproductores de la planta, siendo en el pimiento hermafroditas, esto es, la misma flor produce gametos masculinos y femeninos. Se forman en las axilas de las ramas; son de color blanco y a veces púrpura. Poseen la corola blanquecina, aparecen solitarias en cada nudo y son de inserción aparentemente axilar.

El pimiento tiene hojas simples, de forma lanceolada o ovoidada, formadas por el peciolo, largo, que une la hoja con el tallo y la parte expandida, la lámina foliar o limbo. Esta es de borde entero o apenas sinuado en la base. La función principal es realizar la fotosíntesis, proceso por el cual la planta capta energía de la luz solar y la transforma en energía química almacenada en los carbohidratos.

El fruto: Se desarrolla a partir gineceo de la flor y más concretamente a partir del ovario fecundado, botánicamente se define al fruto como una baya, se trata de una estructura hueca, llena de aire, con forma de capsula, y la coloración de esta puede ser de color rojo, morada, naranja o amarillo cuando está maduro, que se puede insertar pendularmente, de forma y tamaño muy variable. Los frutos se presentan en diferentes formas y tamaños, existiendo variedades que dan frutos de 1 o 2 g, frente a otras que pueden formar bayas de más de 300 g (Bojacá et al., 2012; Nuez et al., 2003).

### Condiciones climáticas del cultivo

**Temperaturas óptimas:** para la producción de pimiento se recomienda mantenerlas menores que 30 °C durante el día y mayores que 15 °C durante la noche. Si la temperatura es mayor que 30 °C las plantas gradualmente disminuyen la producción potencial por problemas en la polinización. Si la temperatura durante la noche disminuye por debajo de 15 °C, el rendimiento disminuye gradualmente en función del descenso y horas de baja temperatura.

**Calefacción:** en el altiplano mexicano se utiliza comúnmente el gas de petróleo para calentar el aire del invernadero. Sin embargo, este procedimiento presenta varias desventajas técnicas y económicas. Las principales desventajas técnicas son los subproductos de la combustión del gas. Las plantas son susceptibles a este tipo de gases; a continuación se indican las concentraciones en las que ocasionan daños a la planta: Acetileno (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) 1.00 ppm.

Monóxido de carbono (CO) 50.00 ppm,

Ácido clorhídrico (HCl) 0.10 ppm,

Etileno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) 0.05 ppm,

Metano 1000.00 ppm,

Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) 2.00 ppm,

Ozono (O<sub>3</sub>) 4.00 ppm,

Propano (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) 50.00 ppm,

Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) 1.00 ppm.

**Energía para calefacción (hf):** es el calor estimado para calentar el invernadero cuando no hay sol y se ignora el calor generado por motores e iluminación. Este calor se compone de calor de conducción y el calor de intercambio de aire.

**Humedad relativa:** Óptimo: 50 a 70 por ciento. Con humedad alta y vegetación exuberante el cultivo se expone a que la floración y la fecundación de flores se vean en dificultades para desarrollar; también a fuertes ataques de *“bortritis o desarrollo de enfermedades”*, también

interviene en el amortiguamiento de los cambios de temperatura, aumento o disminución de la transpiración y crecimiento de tejidos.

Conforme aumente la humedad del ambiente, será menor la evaporación y la transpiración de las plantas. A mayor temperatura, menor humedad relativa; a menor humedad relativa, mayor consumo de agua.

**Luminosidad:** Muy exigente, principalmente en el inicio del desarrollo y en la floración. Con poca luz los tallos se alargan y quedan debilitados para mantener una buena producción (Serraño, 2010; Bautista et al., 2006).

### **2.3. Invernadero**

Un invernadero es una construcción agrícola con una cubierta traslúcida que tiene por objetivo reproducir o simular condiciones climáticas adecuadas para el crecimiento y desarrollo de plantas de cultivo establecidas en su interior, con ciertas independencias del medio exterior.

De acuerdo con la norma mexicana para el diseño de estructuras para invernaderos (NMX-E-255-CNCP-2008), los aspectos relevantes a considerar en las estructuras son los materiales utilizados. Estos deben de ser económicos, ligeros, resistentes y esbeltos, que formen estructuras pocas voluminosas a fin de evitar sombras sobre las plantas ser de fácil mantenimiento y conservación, modificables y adaptables. Por lo tanto, debe procurarse que en la adquisición de estos materiales se cumplan las especificaciones de fabricación mencionadas en las normas, para cumplir con las especificaciones mínimas de un buen diseño, resistencia mecánica, estabilidad y durabilidad, incluyendo las cimentaciones.

En relación al nivel de tecnificación de invernaderos en México, la mayoría de estos se consideran de baja y media tecnología, en función de lo siguiente:

1).- Tecnología baja: es 100% dependiente del ambiente, al hacer uso de tecnologías simples similares a las utilizadas en cultivo a intemperie.

2).- Tecnología media: corresponde a estructuras modulares o en batería que estén semi-climatizadas, con riegos programados, y pueden ser en suelo o en hidroponía. Por lo general la productividad y calidad es mayor que en el nivel anterior.

3).- Tecnología alta: en este nivel se incluyen instalaciones que cuentan con control climático automatizado (mayor independencia del clima externo), riegos, computarizados y de precisión, inyecciones de CO<sub>2</sub>, para ello cuentan con sensores y dispositivos que operan los sistemas de riego y ventilación, pantallas térmicas para el control de la iluminación y cultivos en sustratos (López et al., 2011).

Actualmente, el uso de invernaderos se justifica mediante la corriente mundial de calidad que se está viviendo, donde los mercados cada vez son más exigentes en calidad, inocuidad, presentación y certificación del contenido, ya que el cliente final observa las diferencias de este tipo de productos con respecto a otros. Esto hace que los productos de invernadero se ubiquen en nichos de mercado de alto nivel.

En México los principales invernaderos se instalaron en la región oriente del Estado de México, por migrantes alemanes y japoneses. A finales de la década de 1970, la comisión para el desarrollo de las zonas marginadas promovió el uso y construcción de invernaderos, sobre todo de estructura de madera y cubierta plástica. En 1980 se da un auge en el desarrollo de los invernaderos principalmente para la floricultura y producción de plántula de hortalizas. Para la década de 1990 ya existen todo tipo de invernaderos en el país, en cuya construcción se ha ido adoptando avances e innovaciones tecnológicas de vanguardia consistentes en el uso de estructura de materiales más ligeros con cubierta de plástico, sistemas sencillos de control climático-automatizado y equipos de riego automatizado con fertirrigación (Bautista et al., 2006).

#### **2.4. Cultivo hidropónico**

Para los cultivos hidropónicos el desarrollo de una tecnología agrícola nos permite un uso más eficiente del agua, por lo que es de vital importancia para el país, ya que en México la

disponibilidad de agua es cada vez menor, tomando en cuenta que la mayor parte de la demanda de agua proviene de la agricultura.

### La hidroponía

Se define como un sistema de producción donde las raíces de las plantas se irrigan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales disueltos en agua y en el que, en vez de suelo, se utiliza como sustrato un material generalmente inerte y estéril, el cual proporciona las condiciones físicas, químicas y sanitarias más adecuadas para el desarrollo vegetal (Rojas et al., 2003).

Rodríguez et al. (2006), define a la técnica hidropónica como un sistema intensivo de producción de cultivos (hortalizas, flores y ornamentales) que se basa fundamentalmente en proporcionar de manera artificial la cantidad de los nutrimentos esenciales para las plantas mediante la disolución en agua de forma química fácilmente aprovechables para ellas.

En México, los estados que más han destacado en cuanto a crecimiento de invernaderos hidropónicos son: Baja California Norte, Baja California Sur, Chiapas, Coahuila, Colima, Guanajuato, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Quintana Roo, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Veracruz y Zacatecas. Los productos hidropónicos mexicanos que más se exportan son el tomate, los pimientos y los pepinos, principalmente a los mercados de Estados Unidos, Canadá y países de Europa (Lugo et al., 2010). El interés por esta técnica de cultivo obedece fundamentalmente a los mayores rendimientos que, por unidad de superficie, se pueden obtener 100 a 3000 % más que el cultivo convencional en el suelo.

Serraño (2011), describe las principales ventajas del sistema hidropónico:

1. Humedad uniforme.
2. Excelente drenaje.
3. Se puede corregir la deficiencia o el exceso de un nutriente.
4. Buen control del pH.

5. Poder cultivar la misma planta, ininterrumpidamente, todas las veces que se quiera.
6. Ahorro en el consumo de agua.
7. Menor costo de producción.
8. Se puede utilizar agua con alto contenido de sales.
9. Disminuir o anular los problemas patológicos del suelo.
10. Disminución del gasto en maquinaria agrícola.
11. Rápida amortización de la inversión.

#### Tipos de sistemas de riego hidropónicos

Los sistemas de cultivos hidropónicos pueden dividirse en dos grupos:

*Cerrados*: en estos la solución nutritiva se recircula aportando de manera más o menos continua los nutrientes que la planta absorberá (son los más comunes a nivel mundial).

*Abiertos*: también llamados a solución perdida, donde la solución nutritiva no se recicla, si no que se elimina cuando el exceso no lo retiene (lixiviado) el sustrato en que están las raíces de las plantas (Rodríguez et al., 2006).

El sistema de riego más utilizado es el goteo, el cual consiste en la aplicación del riego con solución nutritiva directamente al pie de las plantas mediante una red de cintas de goteo que atraviesan las camas (sustrato de soporte a la planta) y dejan salir el agua y la solución nutritiva con un determinado caudal. Como ya es bien conocido, la mayor parte del agua absorbida por las plantas se pierde ya sea en forma líquida o en forma de vapor a través de un proceso llamado transpiración que depende de las condiciones climáticas (Rojas et al., 2003).

#### Cultivo en sustrato

La planta cultivada en sustrato desarrolla su sistema radical en un medio poroso diferente del suelo agrícola, contenido en un recipiente limitado por unas barreras físicas que impiden el desarrollo de raíces fuera del mismo. Esto proporciona al cultivo en sustrato unas características singulares que le diferencian claramente de cultivo en suelo.

La reducción del volumen del sistema radical tiene como consecuencia la necesidad de aumentar la disponibilidad relativa de agua y nutrientes si se pretende alimentar adecuadamente a la planta. El medio poroso empleado como sustrato debe proporcionar además el aire necesario para la respiración de las raíces. Para cumplir estos objetivos, es necesario recurrir a materiales con unas características del espacio poroso muy diferentes a las que se dan en cultivo en suelo. La consecuencia de la reducción de volumen y de las características de los medios porosos empleados, es la reducción de la capacidad tampón y en consecuencia una gran sensibilidad del cultivo frente a variaciones de los factores que afectan al entorno radical, como disponibilidad de aire, agua y nutrientes, pH, CE, etc. (Terés, 2000).

## **2.5. Importancia económica del pimiento morrón**

El chile morrón forma parte del reducido género de hierbas tropicales perteneciente a la familia de la Dulcamara Solanáceas, se refiere a las variedades de chile dulce, hay muchas variedades, de diferente crecimiento, tamaño, forma, color y pungencia del fruto.

La producción de pimiento morrón representa una alternativa económica muy atractiva durante el ciclo otoño-invierno, debido al elevado rendimiento, alta calidad del fruto y elevados precios que alcanza éste durante la época invernal; sin embargo, dicha actividad productiva debe llevarse a cabo en invernaderos, por las restricciones ambientales que limitan el cultivo a cielo abierto en esa época. Los rendimientos que se pueden alcanzar en invernaderos con cubierta plástica con tecnología intermedia son 130 Ton/ha; al usar tecnología mediana-alta se alcanzan 180 Ton/ha, y con alta tecnología se logran hasta 250 Ton/ha (Moreno et al., 2011).

## 2.6. Generalidades del riego por goteo

Los sistemas de riego permiten conducir el agua mediante una red de tubería y aplicarla a los cultivos a través de emisores que entregan pequeños volúmenes de agua en forma periódica. El agua se aplica de forma de gota por medio de goteros.

El riego por goteo es un sistema presurizado donde el agua se conduce y distribuye por conductos cerrados que requieren presión. Desde el punto de vista agronómico, se denomina riegos localizados por que humedecen un sector de volumen de suelo, suficiente para un buen desarrollo de cultivo. También se le denomina de alta frecuencia, lo que permite regar una o dos veces por día, todos o algunos días, dependiendo el tipo de suelo y las necesidades del cultivo. La posibilidad de efectuar riegos frecuentes permite reducir notoriamente el peligro de stress hídrico, ya que es posible mantener la humedad del suelo a niveles óptimos durante todo el periodo de cultivo, mejorando las condiciones para el desarrollo de las plantas (Liotta, 2015). Al riego por goteo se le llama así porque aplican el agua con un caudal no superior a 15 l/h, por punto de emisión o metro lineal de manguera de goteo (Bautista et al., 2006).

### ¿Qué es el riego por goteo?

Se define al riego por goteo a una aplicación precisa, lenta y frecuente del agua al suelo, en una zona más o menos limitada del volumen radicular, mediante un punto o una línea de emisores sobre o bajo superficie del suelo.

Gurovich (1985), define al riego como la aplicación oportuna y uniforme de agua a un perfil del suelo para reponer en este el agua consumida entre dos riegos consecutivos.

En este método de riego, el agua se aplica directamente al suelo, gota a gota, utilizando unos aparatos llamados goteros, los cuales necesitan presión para su funcionamiento, aunque esta presión es mucho más baja que la que se necesita en riego por aspersión (Mendoza, 2013).

Casillas y Briones (1986), señalan que un sistema de riego por goteo es aquel donde se aplica agua filtrada (y fertilizante) dentro o sobre el suelo directamente a cada planta en forma individual. En los arboles sembrados en huertas y otros cultivos ampliamente espaciados, esto

es realizado utilizando líneas laterales que corren a lo largo de cada hilera del cultivo. Los emisores que son anexados a la línea lateral suministran las necesidades de agua a cada planta.

Gómez (1979), nos dice que el riego por goteo se ha concebido así, como una manera de entregar agua a las plantas en cantidad suficiente pero en la necesaria para que tengan un desarrollo óptimo. Es evidente que se ha perseguido fundamentalmente un ahorro del líquido elemento, y se consigue el riego con este condicionalmente de forma prácticamente perfecta.

El estado de Israel ha propulsado mucho este sistema de riego, y puede decirse que muchos de los dispositivos que se emplean actualmente han sido perfeccionados o desarrollados en este país.

### **2.6.1. Características del riego por goteo**

Las condiciones que permite establecer un sistema de riego por goteo en algunas de sus modalidades están determinadas por:

**Cultivo:** este método se emplea principalmente a frutales, manzanos, chabacanos, vid y otros, y en algunas hortalizas como fresa, espárragos y melones.

**Suelo:** se adapta a todo tipo de suelo, es decir desde suelos poco profundos hasta suelos de alta erosión.

**Pendiente:** se utiliza en cualquier topografía especialmente en pendientes fuertes, e irregulares.

**Gastos:** este método utiliza básicamente gastos relativamente pequeños (Rojas et al., 2001).

La localización del agua en la proximidad de las plantas se manifiesta en que se modifican algunas características de las relaciones suelo-agua-planta, tales como: reducción de la evaporación, distribución del sistema radical, régimen de salinidad, etc. La alta frecuencia de aplicación del agua implica unas importantes consecuencias sobre su aprovechamiento, ya que al estar siempre el suelo a la capacidad de campo o muy próximo a ella, las plantas absorben el agua con mucha facilidad.

## **2.6.2. Ventajas y desventajas del riego por goteo**

### **Ventajas**

1. Se puede utilizar en todos los cultivos en hilera, es apropiado para hortalizas y frutales.
2. Tiene una alta eficiencia en el uso del agua, se puede regar el triple del área regada con sistemas por gravedad y el doble del área regada por aspersión.
3. Se puede utilizar en terrenos con pendientes altas, y en suelos muy delgados.
4. En tierras donde se cuenta con una fuente de agua en la parte superior al área de riego, se puede utilizar para el riego por goteo, aprovechando la energía potencial disponible (diferencia de nivel entre la fuente y las áreas de riego). En riego por goteo, las cargas para su funcionamiento son menores que en riego por aspersión. Es un método de fácil manejo, para su operación no necesita mano de obra experimentada.
5. No es afectado por el viento.
6. Se puede utilizar en zonas donde existen bajos caudales en las fuentes.
7. Dado que no se moja toda la superficie del terreno, sino únicamente en una franja, el desarrollo de malezas es muy bajo comparado con los otros métodos.
8. No existe erosión de los suelos.

### **Desventajas**

1. La principal desventaja de este método es la facilidad con que los orificios de los goteros se obstruyen, principalmente cuando se utiliza agua de mala calidad y no se hace un filtrado adecuado de la misma.
2. Necesita una buena supervisión del riego, pues cuando los goteros se obstruyen no se puede apreciar desde lejos y al taparse un gotero se produce un crecimiento desuniforme del cultivo (Mendoza, 2013).

## 2.7. Componentes de un sistema de riego por goteo

Los elementos que pueden entrar a formar parte del equipo de un sistema riego por goteo, consta básicamente de tres tipos de componentes: el cabezal de riego, la red de distribución de agua y los emisores.

- El cabezal de riego localizado

Se llama cabezal de control al conjunto de elementos destinados a filtrar, tratar, medir, inyectar el fertilizante y en general a suministrar el agua a la red de riego. Se incluye, en caso de ser necesario, un equipo de bombeo que dota al agua de la presión necesaria para alcanzar el punto más alejado de la red. Puede formar parte del cabezal o estar alojado en un lugar independiente. Cuando el agua llega al sistema desde una toma de agua localizada en un sitio lo suficientemente alto para proporcionar la presión requerida, no es necesaria la estación de bombeo. Se entiende por cabezal de riego al conjunto de elementos destinados a filtrar, tratar, medir y suministrar el agua a la red de distribución. El cabezal suele contar también con un equipo de fertirriego para añadir el fertilizante. Los siguientes elementos incluye el cabezal, así como se muestra en la figura 2.1.

- a).- Válvula de aspiración
- b).- Control de nivel de agua
- c).- Equipo de bombeo
- d).- Válvulas de aire
- e).-Inyector de fertilizante
- f).- Equipo de filtrados
- g).- Válvula de retención
- h).- Manómetros de presión

i).- Programador

j).- Tablero eléctrico



**Figura 2.1.** Cabezal de control de riego (Mendoza, 2013).

- La red de distribución

La red de tuberías o red de distribución está formada por las tuberías que llevan el agua filtrada y tratada desde el cabezal, y los elementos singulares o accesorios o piezas para adaptar la red de tuberías a la forma o configuración de la parcela a regar.

Del cabezal parte una red de tuberías que se llaman primarias, secundarias, etc., según su orden. Las de penúltimo orden son las tuberías múltiples o Mannifold donde se conectan las tuberías laterales, las de último orden, llamadas tuberías laterales, distribuyen el agua por medio de emisores u orificios.

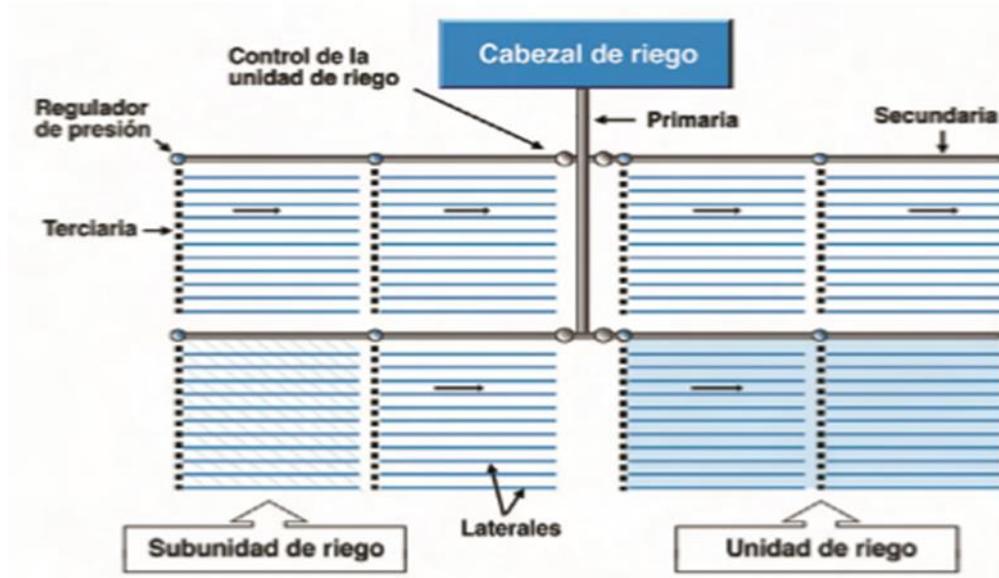
a).- Tubería primaria: es aquella que transporta el agua desde el cabezal hasta las unidades de riego.

b).- Tubería secundaria: es aquella que se deriva de la línea principal y conduce al mismo modo distribuye el gasto requerido por cada unidad de riego.

c).- Tubería terciaria: es aquella que entrega el agua las sub unidades de riego también conocida como Mannifold o Distribuidora.

d).- Línea lateral: también conocidas como líneas regantes, y en estas líneas van insertados los goteros y corren perpendicularmente a los distribuidores.

e).- Elementos de conexión: Arreglan parte importante en la red de distribución de agua, ya que son piezas especiales diseñadas para empalmar tubos o reducir diámetros, cambiar direcciones o conexiones.



**Figura 2.2.** Componentes generales de una red de distribución en riego localizado (Fernández, 2010).

- Emisores

Son los elementos de la red que producen y controlan la salida de agua desde los laterales. Lo más usual es que los emisores estén situados a cierta distancia unos de otros, por lo que la salida del agua se produce de manera discreta a lo largo del lateral de riego formando los bulbos húmedos, sin embargo, el agua también puede aplicarse de forma continua creándose una banda humedecida en el suelo (Fernández, 2010).

## 2.8. Emisores

Los goteros o emisores son *disipadores de energía de presión del agua en gotas*. La disipación de energía es la fracción del fluido al pasar a través de un conducto cerrado y en las pérdidas de energía localizados, debidas a accidentes en trayectorias del fluido o a una combinación de ambos (Fernández, 2010). También son los encargados de controlar la salida del agua desde las tuberías al suelo. Son elementos importantes y delicados de una instalación de riego localizado.

Plana (2008), menciona que se clasifican como goteros a los emisores que tienen un caudal entre 0 y 16 l/h. Lo más habitual es que se utilicen goteros con un caudal bajo, hasta 2 l/h. para cultivos de hortalizas, y goteros de mayor caudal, entre 4 y 8 l/h. para frutales.

### Un buen emisor debe cumplir los siguientes requisitos:

Debe de ser poco sensibles a las variaciones de presión, tiene que ser muy uniformes (que todos los goteros sean iguales) y que no se obstruyan fácilmente.

### Debe reunir las siguientes características:

Proporcionar un caudal pequeño y uniforme, para lo cual se precisa un orificio pequeño, aunque suficientemente grande para prevenir las obstrucciones, debe de ser poco sensible a las variaciones de presión.

### 2.8.1 Clasificación de los emisores

Según Santos et al. (2010), los emisores pueden ser clasificados según numerosos criterios: el régimen de descarga, la disipación de la presión, la conexión a la tubería, la distribución del agua, la forma de la sección transversal, la capacidad de obstruirse, la capacidad de compensar las variaciones de presión, el material de construcción, etc.

Liotta (2015), menciona que se pueden clasificar de la siguiente manera, se pueden observar en la figura 2.3.

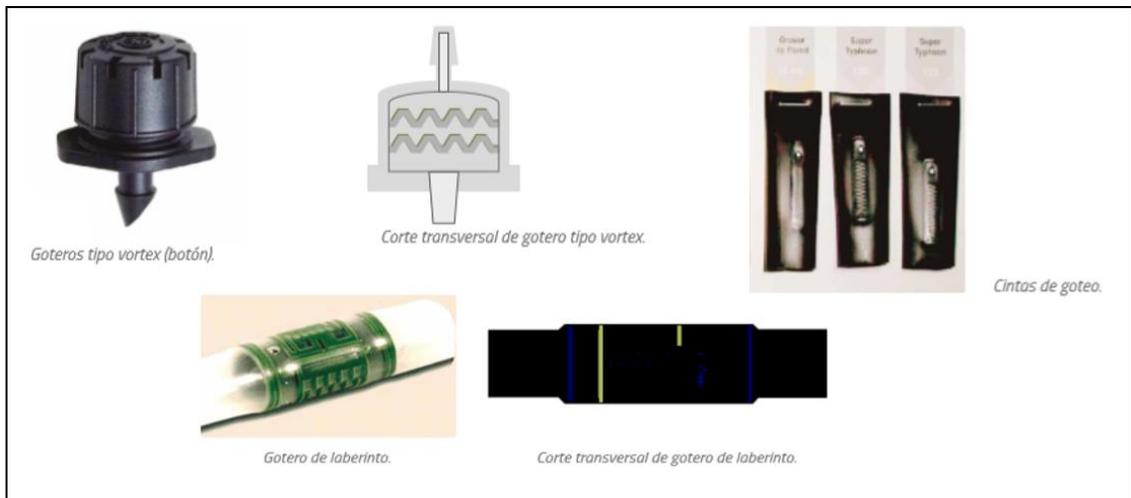
1. Góteros: existen una gran variedad de góteros de diferentes formas y configuraciones para disparar la presión, los más utilizados operan con caudales entre 1 y 4 l/h.

De laberinto: son de largo conducto que obliga al agua a un recorrido en forma tortuosa y perder presión. Son de régimen turbulento, poco sensibles a la temperatura y a las obstrucciones.

Tipo Vortex (de botón): es este caso el agua después de atravesar un orificio, ingresa a una pequeña cámara en forma tangencial originando un movimiento en espiral que ocasiona una pérdida de carga y luego sale al exterior en forma de gota.

2. Cintas: poseen emisores, normalmente espaciados entre 0.20 a 0.60 m. su uso es más frecuentemente en cultivos de temporada (Hortalizas) y trabajos con presiones inferiores a 10 m (1kg/cm<sup>2</sup>). La pared de la cinta puede ser muy delgada (0.1 – 0.2 mm) por esta razón tiene más bajo costo.

Las cintas de riego y los góteros laberinticos vienen de fábrica con los emisores ya incorporados, en una gran variedad de caudales y espaciamientos.



**Figura 2.3.** Clasificación de góteros según formas de reducir presión (Liotta, 2015).

Si los emisores tiene mecanismos de regulación de presión se clasifican en:

1. Auto-compensados: tienen la particularidad de mantener el mismo caudal aunque varíe la presión. El flujo es turbulento y en su interior posee una membrana de silicona (diafragma) que se deforma por diferencia de presión del agua antes y después de la misma, modificando el conducto de paso y manteniendo el caudal constante. Su uso es más frecuente en terrenos ondulados, con pendientes pronunciadas y para longitudes extensas.
2. No-compensados: no tiene mecanismo de regulación de caudales y varía en función de la presión. Puede funcionar con menor presión que los auto-compensados y son más económicos. Sin embargo, para no perder uniformidad de caudales ( $\pm 10\%$ ), la longitud de los laterales deben ser menor.

### **2.8.2 Aspectos hidráulicos de goteros y cintilla de riego**

La mayor parte de los emisores pueden clasificarse en: emisores de largo corrido, de orificio, de vórtice, autocompensantes de la variación de presión y de tubos poroso. Santos et al. (2010) dice que las características hidráulicas de cada emisor están directamente relacionadas con el régimen de flujo del agua cuando esta atraviesa el emisor, el cual se caracterizan por el número de Reynolds.

$$Re = \frac{V * D}{\nu}$$

Donde:

V = es la velocidad media

D = es el diámetro

$\nu$  = es la viscosidad cinemática

Relación caudal-presión

García y Briones (1986), afirman que el caudal que descarga un emisor está relacionada con la presión hidráulica existente a su entrada, de acuerdo a la relación caudal-presión.

Según Fuentes (1991), la curva característica de un gotero relaciona su caudal con la presión del agua. Viene definida por la ecuación:

$$q = Kh^x$$

q= Caudal del gotero, expresado en litros/hora.

K= Coeficiente característico de cada gotero.

h= Presión a la entrada del gotero, expresado en m.c.a.

x= Exponente de descarga del gotero (x = 1 en régimen laminar; x < 1 en régimen turbulento).

También dice que los fabricantes deberían proporcionar la ecuación del gotero o, al menos, su curva característica. Cuando no se dispone de estos datos se hace un ensayo consistente en someter al gotero a dos presiones distintas (h<sub>1</sub>, y h<sub>2</sub>,) y aforar sus respectivos caudales (q<sub>1</sub>, y q<sub>2</sub>,).

En este caso x y K se obtienen mediante las fórmulas:

$$x = \frac{\log\left(\frac{q_1}{q_2}\right)}{\log\left(\frac{h_1}{h_2}\right)} \quad K = \left(\frac{q_1}{h_1^x}\right)$$

Donde:

x= Es adimensional

q<sub>1</sub>= Primer gasto del emisor

q<sub>2</sub>= Segundo gasto del emisor

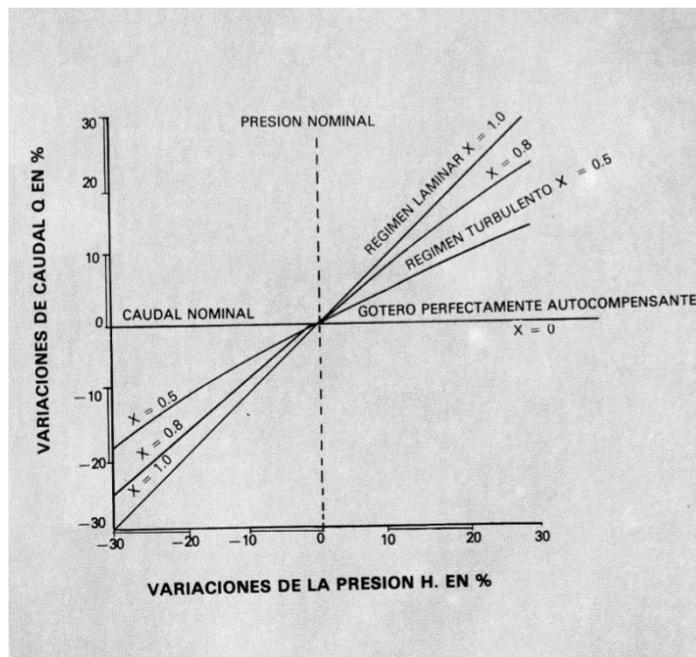
K= Es adimensional

h<sub>1</sub>= Primera presión del emisor.

h<sub>2</sub>= Segunda presión del emisor

El exponente de descarga expresa la sensibilidad de los goteros a las variaciones de presión. Cuando su valor se aproxima a 1 significa que el caudal del gotero varía mucho con los cambios

de presión. Cuando el valor se aproxima a cero significa que el caudal varía muy poco con las variaciones de presión, en cuyo caso el gotero se llama autocompensantes. Interesa, por tanto, que el exponente de descarga sea bajo, se representa en la gráfica 2.4.



**Figura 2.4.** Grafica de relación de carga vs Gasto (Buxens, 2006)

En el cuadro 2.4, se señalan algunos valores del coeficiente de descarga  $x$  de la sensibilidad de los emisores a la presión.

**Cuadro 2.1.** Exponentes de descarga de los emisores Santos et al (2010),

Emisor	X
De régimen laminar	<b>1</b>
Micro tubos	<b>0.75 - 1</b>
Helicoidal	<b>0.65 – 0.75</b>
De régimen turbulento (orificio, de laberinto)	<b>0.5</b>
Vortex	<b>0.4</b>
Autocompensantes	<b>0 – 0.4</b>
Teórico perfectamente autocompensantes	<b>0</b>

### Coeficiente de variación

El coeficiente de variación (Cv) de fabricación de un emisor es un buen indicador de variación de los caudales proporcionados por emisores nuevos, debiendo suministrarse por los fabricantes los valores esperados para los Cv de los respectivos goteros. El Cv de fabricación puede ser obtenidos a través del ensayo en el laboratorio o puede ser calculado por los usuarios recurriendo a, por lo menos, 50 emisores en funcionamiento simultaneo. La expresión es la siguiente:

$$Cv = \frac{\sqrt{(q_1^2 + q_2^2 \dots + q_n^2 - nqa^2)/(n - 1)}}{qa}$$

Donde:

q1, q2,... qn = son los caudales observados (lh<sup>-1</sup>)

n = número de emisores en la muestra

qa = es el caudal medio de la muestra ( $lh^{-1}$ )

La variabilidad de fabricación se clasifica conforme a la tabla 2.2, de acuerdo a la EP 405.1, ASAE, 2003 mencionada por Santos et al. (2010),

**Cuadro 2.2.** Clasificación de la calidad de los emisores según el coeficiente de variación de fabricación.

<b>Clasificación</b>	<b>C<sub>v</sub></b>
<b>Emisores por punto</b>	
Excelente	< 0,05
Buena	0,05 a 0,07
Marginal	0,07 a 0,11
Mala	0,11 a 0,15
Inaceptable	> 0,15
<b>Emisores en línea continua</b>	
Buena a excelente	< 0,10
Media	0,10 a 0,20
Mala a inaceptable	> 0,20

## 2.9. Generalidades del diseño del riego localizado.

El diseño hidráulico determina las dimensiones de los diferentes componentes del sistema de tal manera que funcione adecuadamente con altos niveles de uniformidad. El dimensionamiento del sistema está determinado por las condiciones de operación previstas, en función de las características de la topografía, el suelo y el cultivo (Santos et al., 2010).

Bautista et al. (2006), afirma que el diseño de un sistema de riego localizado debe contemplar dos aspectos: el agronómico y el hidráulico. Nos describe únicamente el primero.

Información requerida: para el diseño de riego localizado es necesario obtener o recabar la siguiente información:

1. Plano del lote o invernadero, con datos de curvas de nivel o pendiente.
2. Textura del suelo, características físicas y químicas del mismo o características de los sustratos (invernadero).
3. Marco de plantación: separación entre plantas, ( $S_t$ ) y separación entre hileras ( $S_r$ ).
4. Dosis neta de riego en el periodo pico ( $D_p$ ), expresada en  $L\ cama^{-1}\ día^{-1}$  o en  $mm/día$ .
5. Profundidad esperada de raíces o profundidad del sustrato.
6. Datos del emisor o emisores propuestos: caudal ( $L\ h^{-1}$ ), carga (m).
7. Caudal, carga y potencial de la motobomba (si existe).
8. Catálogos de emisores y de la bomba utilizada.
9. Intervalo de riego mínimo y máximo ( $I$ ) que se desea o recomienda, expresada en días.
10. Caudal disponible en la fuente de abastecimiento (pozo, lago, canal, etc).
11. Coeficiente de uniformidad deseado.
12. Tiempo disponible para el riego ( $t_d$ , en  $h/día$ ).
13. Calidad del agua.

Aspectos agronómicos: Lo que se tiene que calcular, en este sentido, es la dosis de agua requerida en el periodo de máxima demanda, así como definir el número de emisores por franja (cama) y el tiempo de operación por posición de riego.

Requerimiento de riego: Definir cuál es el requerimiento de la cama o la bolsa donde se tiene al cultivo en su periodo épico.

Tiempo de riego: Se conoce el número de emisores/cama, así como el caudal de cada uno de ellos, el intervalo de riego y la cantidad de agua requerida por cada cama por día.

Disposición del sistema: en las camas de riego, como se quiere mojar 100%, se colocan dos, tres o más líneas de riego por cama, dependiendo el caudal del emisor, del ancho y el suelo o sustrato utilizado.

## **2.10. Evaluación de un sistema de riego por goteo**

Mendoza (2013), menciona que los sistemas de riego bien diseñados y operados garantizan un buen resultado productivo y económico, no obstante tan importante como el diseño y la operación es la conservación de la capacidad de los sistemas, por ello se vuelve de primera importancia el mantener un continuo monitoreo del funcionamiento a fin de detectar y corregir oportunamente las eventuales fallas y deficiencias que puedan presentarse y así evitar riesgos en el desarrollo del cultivo.

Por lo que mediante este procedimiento se puede comprobar el correcto funcionamiento del sistema de riego por goteo, de forma que se pueda cumplir con el objetivo primordial del riego, como es la satisfacción de las necesidades de agua del cultivo.

Los principales puntos a tener en cuenta a la hora de realizar la evaluación son:

- a) Comprobar el estado de los diferentes componentes de la instalación y si el manejo de los mismos es el adecuado.
- b) Determinar la uniformidad en la distribución del agua de riego.
- c) Evaluación del manejo del riego.
- d) Determinación de la calidad de las tuberías

El sistema de riego por goteo se evalúa para recoger información acerca de: La eficiencia del sistema, la uniformidad de distribución del agua de riego, uniformidad de caudales, uniformidad de presiones y manejo del sistema.

### **2.10.1 Evaluación de los componentes del sistema de riego por goteo**

Fernández (2010), señala que uno de los aspectos fundamentales a evaluar en un riego localizado es el buen funcionamiento de los distintos equipos, componentes, piezas, etc. Que forman parte de la instalación de riego.

#### Equipos de filtración

Es necesario revisar el estado en el que se encuentren los filtros (arena, malla o anillas) del sistema de riego localizado, Número de filtros, Localización de los filtros, Capacidad de filtrado, Filtros con limpieza automática o manual, Presión a la entrada y salida del filtro, Características y estado del elemento filtrante.

#### Equipo de fertirrigación

Es necesario evaluar el equipo de fertirrigación al menos dos veces por campaña de riego para asegurar la correcta incorporación de nutrientes al cultivo, si el equipo de fertirrigación está instalado en el cabezal de riego, es imprescindible colocar un filtro de malla o de anillas a continuación de éste para eliminar las impurezas del abono y evitar posibles obturaciones en otros puntos de la red de riego, también es necesario comprobar el tipo de equipo del que se dispone, su capacidad, la dosis de fertilizante y el pH del agua de riego en los últimos goteros, para ver si se adecua a las necesidades del cultivo en riego y al establecido para el control de las obturaciones, comprobar si los inyectores (en caso de haberlos) funcionan correctamente y el estado del tanque fertilizante, que deberá limpiarse cada 15 días con agua a presión.

#### Elementos de control

Los elementos de control, reguladores, válvulas, limitadores, etc., que permiten controlar el caudal a aplicar y el paso del agua por un determinado punto de la red. En ellos pueden producirse fugas cuya detección será imprescindible para que la aplicación del agua de riego sea lo más uniforme posible en todos los emisores. Para evitar esto, será necesario comprobar el estado de todas las juntas del sistema de riego. La evaluación del funcionamiento de los distintos automatismos es fundamental para conseguir una dosis y frecuencia de riego adecuada. También

se observará el estado de todas las conexiones eléctricas con el fin de prevenir desgastes, corrosiones, etc. Y determinar el momento de su limpieza.

### Unidades de riego

Para evaluar las unidades de riego se tomará nota del número de unidades, la superficie de cada una de ellas y el número de subunidades que la componen. También es conveniente realizar un croquis de la parcela en el que se señale la disposición de las distintas unidades y subunidades de riego. Por último, habrá que señalar si al comienzo de la unidad y/o subunidad hay instalado algún contador del volumen de agua aplicada, además del tipo de control de riego que se realiza, por tiempo o por volumen.

### Laterales y emisores

Los últimos componentes que se consideran en la evaluación de una instalación de riego localizado son los laterales y los emisores. De los laterales se deben señalar los diámetros y su posición respecto a las plantas. La evaluación de los emisores consistirá en la toma de datos acerca de su tipo y caudal nominal, del diámetro mínimo de paso de agua y por último de los distintos tratamientos que se realizan para prevenir las obturaciones. La detección de fugas y roturas tanto en laterales como en emisores es fundamental. De igual forma la detección y eliminación de obturaciones en los emisores ayudará a conseguir una mayor uniformidad del agua aplicada y por tanto una mayor homogeneidad y rendimiento del cultivo.

## **2.11. Evaluación de la uniformidad del riego por goteo**

Fernández (2010), señala que en un sistema de riego localizado es muy importante conocer que el agua de riego, los fertilizantes y demás productos fitosanitarios que se incorporen a ella se están aplicando de manera uniforme. Cuando la uniformidad de aplicación es baja se tiene un problema el cual se traducen en plantas con un exceso de agua y otras con déficit hídrico, además de un mal reparto de abono, produciéndose un derroche de nutrientes por una parte y una carencia de ellos por otra, lo que supondrá una alteración del desarrollo del cultivo y por tanto

de la producción. Y también dice que en el sistema de riego por goteo, el parámetro que nos indica un adecuado funcionamiento, es el coeficiente de uniformidad, el cual puede tener dos aplicaciones principales; tales como: prueba del sistema en el campo y para diseñar líneas regantes.

Camp (1997) dice que el riego por goteo puede proporcionar una alta eficiencia de aplicación y lograr una alta uniformidad de aplicación. Ambos son importantes para permitir cultivos uniformemente altos y preservar la calidad del agua, cuando el agua y los productos químicos se aplican a través del sistema de riego.

Para evaluar la uniformidad de un sistema de riego localizado, se elige la unidad de riego más representativa de la instalación, tiene que ser una unidad de tamaño medio y con una pendiente que represente la media de la instalación, que esté situada a ser posible en una zona central y cuyos laterales tengan una longitud media. Si se considera necesario, se tomará también la unidad que presente las condiciones más desfavorables, es decir, la unidad más alejada o cercana al cabezal de riego según la pendiente, con laterales o tuberías terciarias más largas y con pendientes mayores.

Una vez que se ha elegido la unidad de riego representativa de la instalación, se elige la subunidad usando el mismo criterio para la unidad de riego, primero se determina el coeficiente de uniformidad de la subunidad elegida y posteriormente a la de la unidad de riego. Para evaluar la uniformidad en campo se utilizan dos coeficientes: el coeficiente de uniformidad de caudales (CUC) y el coeficiente de uniformidad debido a presiones (CUP). Si las unidades son poco uniformes en superficie y/o forma, la evaluación se deberá hacer en todas y cada una de ellas y con el mismo criterio se deberá operar en las subunidades de riego. En cualquier caso, cuando se termine la instalación del sistema de riego deberá medirse la uniformidad en todas las unidades (Fernández, 2010).

La falta de uniformidad en una instalación de riego por goteo se deberá principalmente a:

1. Variaciones en el caudal de los emisores. Estas variaciones pueden ser causadas por distintos motivos como la variabilidad que se produce en el proceso de fabricación, defectos a la hora del montaje de los emisores, obturaciones, etc. Un indicador de la calidad de los emisores y de su

estado de conservación es la diferencia entre el coeficiente de uniformidad de caudales y el de presiones dentro de la misma subunidad.

2. Diferencias de presión dentro de la subunidad, debidas a pérdidas de presión a lo largo de la tubería terciaria y de los laterales y también a factores topográficos. El coeficiente de uniformidad debido a presiones es un buen indicador de las diferencias de presión en la subunidad.

3. Diferencias de presión entre diferentes subunidades. Estas diferencias se deberán a la ausencia de reguladores de presión a la entrada de cada subunidad, o a su mal funcionamiento y/o mal manejo o mal cálculo de la red secundaria. La importancia de estas diferencias de presión se estima mediante la diferencia entre el coeficiente de uniformidad de la unidad y el coeficiente de uniformidad de la subunidad.

4. Diferencias de presión entre diferentes unidades, debidas a la ausencia de reguladores de presión a la entrada de cada unidad de riego, al mal funcionamiento y/o mal manejo de los mismos en caso de haberlos, o al mal diseño hidráulico de la red primaria o de la secundaria.

Para determinar los coeficientes de uniformidad en las evaluaciones de Merriam and Keller (1978), utilizaron la siguiente tabla:

Porcentaje	Rango de aceptación
90% a 100%	Excelente
80% a 90%	Buena
70% a 80%	aceptable
< 70%	Pobre

**Cuadro 2.3.** Parámetros para determinar la uniformidad (Merriam and Keller, 1978).

### 2.11.1 Evaluación de la uniformidad de distribución (Du%)

Un sistema de riego debe distribuir el agua uniformemente en toda la superficie regada, de manera que todas las plantas reciban la misma cantidad y esta sea la adecuada para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo durante el intervalo entre riegos.

La uniformidad de emisión (Eu) de la prueba de campo es la relación expresada en porcentaje, de la carga mínima promedio del emisor en la cuarta parte de los datos más bajos, con respecto a la descarga promedio general para los datos observados dentro del bloque.

Fuentes (1999), menciona que la diferencia de caudales entre los emisores se debe, fundamentalmente, a que están sometidos a distintas presiones (factores hidráulicos) y a la falta de uniformidad en la fabricación (factores constructivos).

La uniformidad de emisión (Eu) se define como la relación promedio de los cuartos emisores más bajo de las muestras entre el promedio de todas las muestras (Merriam and Keller, 1978).

Un Eu que incluye solo factores hidráulicos es el siguiente:

$$Eu = \frac{q_{25}}{q_a} * 100$$

$q_a$ = Caudal medio de todos los emisores considerados, expresados en l/h (Litros por Hora) o gph.(Galones por Hora)

$q_{25}$ = Caudal medio de los emisores que constituyen el 25 % de caudal más bajo, expresados en l/h (Litros por Hora) o gph (Galones por Hora)

La metodología fue aplicada y desarrollada por Karmeli y Keller (1976) y mencionada por García y Briones (1986), para evaluar la uniformidad de emisión.

Mendoza (2013), nos dice que para calcular el coeficiente de uniformidad de caudales, se elige un número determinado de emisores distribuidos uniformemente dentro de la subunidad de riego representativa del conjunto de la instalación. En general, se recomienda seleccionar 16 emisores para calcular este coeficiente. Para ello, se eligen los laterales más cercano y más lejano de la

unión del múltiple y la tubería secundaria y los dos intermedios (a 1/3 y 2/3 de la longitud del múltiple medido desde la toma).

En cada lateral se seleccionan 4 emisores siguiendo el mismo criterio, es decir, el más cercano y el más lejano de la toma del múltiple. Y los dos intermedios (a 1/3 y 2/3 de la longitud del lateral medido desde la toma).

Con los datos de caudal obtenidos en cada uno de los emisores se calcula la media de los caudales de los emisores que representan el 25% con el más bajo caudal (Q25%) y se calcula la media de todos los emisores (Qm).

$$EU = 100 * \left( \frac{Q_{25\%}}{Q_m} \right)$$

Donde:

Q25% = La media del caudal de la descarga del 25% de los emisores con caudal más reducido.

Qm = Caudal medio de todos los emisores.

### **2.11.2. Evaluación del coeficiente de uniformidad (CU%)**

El coeficiente de uniformidad (CU) se utiliza para evaluar las instalaciones en funcionamiento y para el diseño de nuevas instalaciones. En el diseño, el CU es una condición que se impone y que viene detenida por factores económicos. Un CU elevado exige mayor costo inicial de la instalación (mayor diámetro de las tuberías, laterales más cortos, mayor número de reguladores de presión, etc.), mientras que un CU más bajo trae como consecuencia un mayor consumo de agua (Fuentes, 1999).

Los coeficientes de uniformidad de agua como los propuso originalmente Christiansen (1942), para riego por aspersión, mencionados por Tijerina (1999), dentro de los factores que afectan al coeficiente de uniformidad de aplicación del agua, se encuentran los factores intrínsecos del

diseño hidráulico de los sistemas de riego, los factores climáticos y los factores de funcionamientos. El UC se expresa en porcentaje con la siguiente ecuación:

$$CUC = 100 \left( 1 - \left| \frac{\sum_{i=1}^n |Xi - Xm|}{nXm} \right| \right)$$

Donde la expresión siguiente es la desviación estándar:

$$= \left( \frac{\sum_{i=1}^n |Xi - Xm|}{n} \right)$$

La ecuación final queda expresada como:

$$Cu = \left( 1 - \left( \frac{\text{Desviación estandar}}{qa} \right) \right)$$

Donde:

Cu = esta expresado en porcentaje

Desviación estándar = es la desviación estándar de los valores individuales de las láminas recolectadas.

qa= es la descarga promedio del emisor de todos los datos, lph o gpm.

Uc=Coeficiente de uniformidad de Christiansen | xi- xm | representan, en valor absoluto, las desviaciones con relación a la media Xm del agua captada por n pluviómetros. En ocasiones el CUC de Christiansen también se ha utilizado para evaluar la uniformidad de aplicación del riego en sistemas de riego por gravedad

### 2.11.3 Evaluación de la uniformidad de emisión (Eu%)

Merriam y Keller (1978), definen a la uniformidad de emisión como la descarga mínima del emisor entre la descarga promedio, expresada en porcentaje. Para que alcancen una mejor uniformidad los emisores deben de cumplir los requisitos tales como, proporcionar un gasto

constante y uniforme, el cual no debe de variar significativamente con diferencias menores de presión, presentar una sección transversal suficientemente amplia para reducir los problemas de obstrucciones, ser compacto con una baja variabilidad de manufactura.

Fuentes (1999), menciona que la causa más importante de la variación de caudal (aparta de las obturaciones, que deben ser controladas) es la variación de fabricación de los emisores y las diferencias de presión, por cuya razón se puede definir el siguiente coeficiente de uniformidad, que se recomienda utilizar en el diseño.

$$CU = \left(1 - \frac{1.27 CV}{\sqrt{e}}\right) \left(\frac{q_m}{q_a}\right)$$

CV = Coeficiente de variación de fabricación del emisor.

e = Numero de emisores por cada planta.

$q_m$  = Caudal mínimo de los emisores considerados (se suele referir a una subunidad) l/h.

$q_a$  = Caudal medio de todos los emisores considerados l/h.

Cuando el emisor tiene salidas múltiples se considera como un solo emisor en el caso de que el mecanismo de la pérdida de carga sea común a todas las salidas. Si cada salida tiene un mecanismo de pérdida de carga:

e = número de emisores por planta x número de salidas.

En el caso de que el número de plantas sea superior al del gotero, el valor de e sigue siendo igual al número de emisores que suministran agua a la misma planta, con independencia de que un riego varias plantas.

## **2.12. Eficiencia de aplicación**

La eficiencia de un sistema de riego es la relación entre la cantidad de agua utilizada por las plantas y la cantidad de agua suministrada desde la bocatoma, la cantidad de agua que es captada de alguna fuente natural de un sistema de riego esta conducida a través de un canal principal y

luego derivada el agua por un canal de distribución y finalmente se deriva el agua a nivel parcela para algún cultivo del productor agrario.

La eficiencia de aplicación de riego es la cantidad de agua útil para el cultivo que queda en el suelo después de un riego, en relación al total del agua que se aplicó. Generalmente se mide en porcentaje o litros de agua útil en el suelo por cada 100 litros aplicados.

El valor de la eficiencia se verá afectada por la superficie de la parcela, para lo cual tendrá una relación de proporcionalidad (Benites et al., 2015).

$$Ea\% = \frac{A1 + Er1 + A2 + Er2 \dots \dots + An + Ern}{A1 + A2 + \dots + An}$$

An = Área de parcela

Ern = Eficiencia de riego en parcela.

$$Ea = \frac{Va}{Vd} * 100$$

Va = Volumen de agua almacenada en la profundidad radicular.

Va= Volumen de agua derivado a la parcela.

### **2.13 Factores que afectan a la uniformidad de riego**

La uniformidad de aplicación del agua en un sistema de riego por goteo depende primordialmente de dos factores:

- 1.- Las características del emisor
- 2.- El criterio usado en el diseño

Algunas de las características de los emisores que afectan la uniformidad de la aplicación del agua son:

1. Variaciones en la tasa de descarga debidas a variaciones en la fabricación de los emisores.
2. Proximidad de las relaciones descarga-presión a las especificadas en el diseño.
3. El exponente de descarga del emisor,  $b$ .
4. El rango posible de presiones de operaciones.
5. Perdida de presión en las líneas laterales causadas por la conexión del emisor.
6. Susceptibilidad a taparse o fallar de los emisores.
7. Estabilidad de la relación descarga-presión sobre un largo periodo.

Los criterios de diseño que afecta la uniformidad de distribución son:

1. Eficiencia de la filtración.
2. Variaciones permitidas en la carga de presión.
3. Grado de control usado en la descarga o presión.
4. Relación de descarga y presión en el sistema de control de carga.
5. Tratamiento químico para disolver las sales.
6. Corrección en los emisores por el efecto de la temperatura.
7. Uso de una malla secundaria de seguridad en la filtración.
8. Incorporación de la medición del gasto
9. Consideración de diseñar una extra capacidad del sistema o presión para compensar la reducción del flujo causado por el tapado parcial de los emisores. Un buen manejo es también un requisito para obtener una alta uniformidad en la aplicación del agua en un riego por goteo (García et al., 1986).

Por lo tanto la uniformidad de aplicación depende completamente de la uniformidad que tengan las descargas de los emisores, el objetivo principal de un buen diseño en un sistema de riego por goteo es el de proveer una suficiente capacidad de flujo en el sistema para irrigar adecuadamente a las plantas.

## **2.14 Mantenimiento del sistema de riego**

Un programa de mantenimiento incluye como medidas preventivas las siguientes: limpiar los filtros, lavar las líneas, agregar cloro e inyectar ácidos al sistema. La observación de estas medidas preventivas, puede evitar la necesidad de hacer reparaciones mayores, como reemplazar las partes dañadas y se puede extender la vida del sistema. El propósito del mantenimiento preventivo es evitar que los emisores se tapen, ya que los sólidos suspendidos, la precipitación de magnesio y calcio, los óxidos y el sulfuro de manganeso-hierro, las algas, las bacterias y las raíces de las plantas pueden tapar los emisores.

Es importante asegurarse que el sistema tenga un medidor de caudal y un par de medidores de presión (manómetros), se recomienda colocar un manómetro antes de los filtros y otro después de los filtros. También es importante conocer las características del agua para que se pueda anticipar los problemas.

### **2.14.1. Medidas generales de mantenimiento**

#### Control visual

Se realiza de acuerdo con la experiencia del encargado del sistema. Por lo general, en cada ciclo de riego se examina una parte del sistema, de manera tal que al final de cada semana se haya revisado todo el equipo. Cuando el sistema está recién instalado, el control se hace con mucha frecuencia.

### Comprobación de los laterales de riego a lo largo de los múltiples

Se debe comprobar la salida del agua por los primeros goteros de cada línea, lo que indica que el agua penetra en todos los laterales. Si se detecta una avería, es necesario examinar el segmento entre el primer gotero y el múltiple.

### Comprobación de los finales de línea

Comprobar la llegada del agua a todos los finales de línea, lo que indica que no hay líneas cortadas ni estranguladas. Si se detecta una avería es necesario revisar en todo lo largo del lateral para encontrarla y repararla.

## **2.14.2 Lavado de la red de tuberías**

Es necesario lavar la tubería de distribución. Este punto debe ser tenido en cuenta en el momento de preparar el diseño hidráulico, para poder preparar la tubería y facilitar el lavado, dejando válvulas de purga o lavado en los extremos. Si se trabaja con aguas muy sucias y con un alto contenido de sólidos en suspensión, el lavado debe realizarse varias veces durante la temporada.

Las tuberías múltiples se lavan antes de conectarlas con los laterales de goteo, abriendo los finales de tubería y dejando correr el agua sin regular la presión, o sea a la presión más alta que el equipo permita (no más que la tolerable, para no dañarlo). Los laterales de goteo se lavan con la misma frecuencia que la tubería múltiple. Después de haberlos conectado con los múltiples y con los extremos finales abiertos, se deja correr el agua con la máxima presión posible (sin dañar la tubería).

## **2.14.3 Mantenimiento de los filtros**

Es importante para el éxito del sistema. El agua debe ser filtrada para remover los sólidos suspendidos. Como se ha descrito en el apartado correspondiente, hay tres tipos principales de

filtros: filtros hidrociclón (separadores centrífugos); filtros de arena, y filtros de malla y disco. Una práctica común es instalar una combinación de filtros para que estos funcionen efectivamente.

#### **2.14.4 Obturaciones**

La obturación de los elementos de un sistema de riego localizado es el principal y más delicado problema que se presenta en este tipo de instalaciones, ya que su solución no es nada fácil. Cuando se producen obturaciones, el caudal de los emisores disminuirá en función del grado de obturación, por lo que las necesidades de agua del cultivo pueden quedar en algunos casos sin cubrir. Además, el grado de obturación no afectará de forma homogénea a todos los emisores del sistema. Lo que originará diferencias en los caudales emitidos, esta variación de caudales producirá una disminución de la uniformidad y eficiencia de riego, que afectará de forma negativa el desarrollo homogéneo de todo el cultivo y con ello su rendimiento (Mendoza, 2013).

#### **2.14.5 gradiente hidráulico**

Flores (2000), dice que el gradiente hidráulico es un concepto muy importante que se define como la relación de la carga hidráulica que el agua consume, entre la trayectoria que recorre. Se cuantifica por la relación  $\Delta h/L$ , de la cual resulta adimensional;  $\Delta h$  es la diferencia de carga hidráulica y  $L$  es la longitud de la trayectoria del agua.

$$i = \frac{\Delta h}{L}$$

Mendoza (2013) menciona que la uniformidad de emisión es importante en el diseño de sistemas de riego por goteo porque es uno de los componentes de la eficiencia de riego, otros componentes son las pérdidas que ocurren durante la operación del sistema. La uniformidad de

la emisión depende de la variación de caudales que se presenta en la subunidad como consecuencia de la variación de presiones que se presentan debido a variaciones topográficas y pérdidas de carga en la red de riego.

En la figura 2.5 se presenta un esquema de la distribución de presión en una subunidad de riego por goteo, ubicada en un terreno a nivel con diámetros de múltiples y laterales constantes, la definición de los términos de la figura son los siguientes:

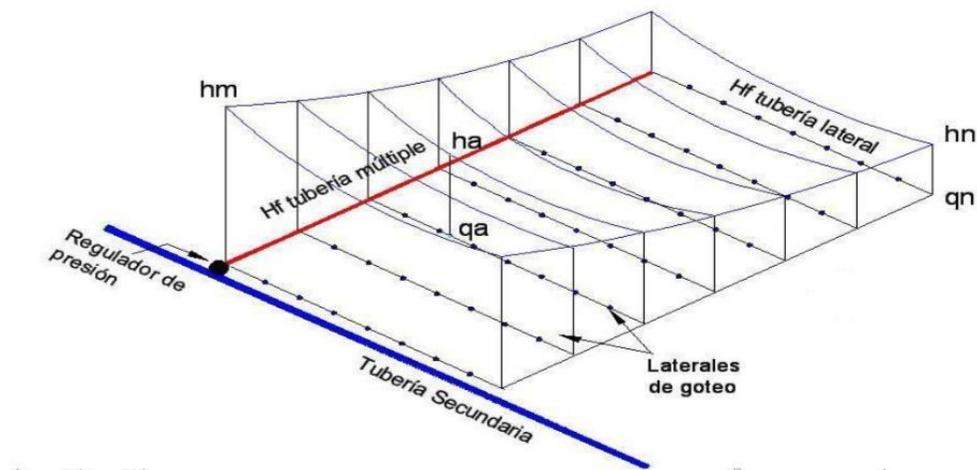
$h_m$  = Carga máxima en la subunidad

$h_n$  = Carga mínima en la subunidad

$h_a$  = Carga promedio en la subunidad

$q_n$  = Caudal mínimo en la subunidad

$q_a$  = Caudal promedio en la subunidad

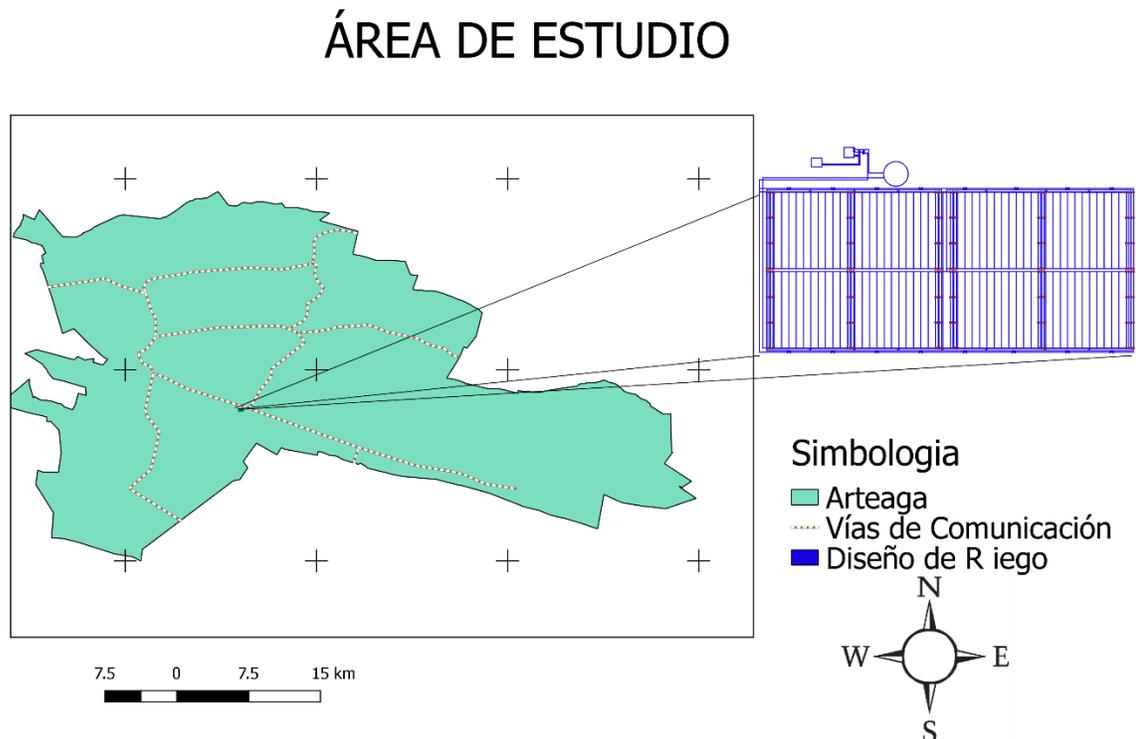


**Figura 2.5.** Distribución de la carga de presión en una subunidad

### III. MATERIALES Y MÉTODO

#### 3.1 Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó en la empresa “Valle Alto Produce”, ubicada en la sierra de Arteaga Coahuila México. Dicha empresa se localiza en el kilómetro 10 de la carretera San Antonio de las Alazanas, en la zona 14 R, con coordenadas geográficas 25°26'15.5"N latitud, 100°49'09.8"W longitud, proyectadas en (UTM) 328723m Este, 2800415.45 m Norte y a una altimetría de 2048 MSNM. La evaluación se llevó acabo en 10 ha de invernadero de alta tecnología, donde el cultivo es pimiento morrón “Capsicum Annum” de diferentes variedades y colores (rojo, amarillo y naranja).



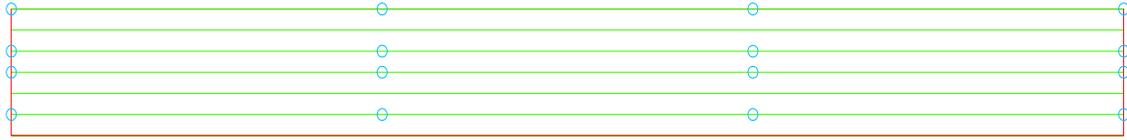
**Figura 3.1.** Ubicación del área de estudio.

### Características del Estudio

El área de estudio son lotes que miden 9.6 m de ancho y 100 m de largo, cada lote cuenta con 6 líneas que están separadas a 1.6 m entre ellas y cada línea tiene 95 costales de fibra de coco, cada fibra de coco tiene 6 espacios donde se posiciona los cubos con la planta y tienen una separación de 5 cm. El sistema de riego está establecido desde el 2010, por lo que tiene 6 años de existencia, las plantas se irrigan con un sistema de riego por goteo con goteros auto-compensados con un gasto de aplicación de 2 lph. Dichos riegos son aplicados automáticamente de acuerdo a la radiación que se encuentre en el día, si no hay radiación no hay riegos por lo que en los días nublados las plantas dejan de trabajar y no gastan energía, los intervalos de riego están programados de acuerdo a los periodos, para cada planta se le proporciono un gotero el cual descarga en una estaca.



**Figura 3.2.** Marco de plantación de estudio (5cm de separación entre plantas).



**Figura 3.3.** Diseño de lote, toma de datos (Gotero al inicio, 1/3, 2/3 y al final).

Características del sistema de riego

En el cultivo hidropónico es un sistema cerrado por lo que el agua que se drena de las canaletas es devuelta a un tanque donde se vuelve a tratar esa agua y posteriormente se utiliza un cierto porcentaje de esta, después de haber sido leída por los “uv”. Así mismo los tanques de fertilizantes mandan una cierta cantidad a las sub unidades de riego, para las 10 ha las cuales se irrigan con dos sub unidades de riego por lo que tienen 8 válvulas cada una, también se utiliza agua de pozo, pero todo esto en conjunto es programado.



a)



b)

**Figura 3.4.** a) Cada sub unidad abastece a 8 válvulas en 5 Ha (Fase 2 A y B), b) 1Válvula irriga a 6 lotes.

### Aspectos climáticos

El clima es uno de los aspectos importantes en esta investigación debido a la influencia sobre el crecimiento y desarrollo de los cultivos de dichas zonas y así mismo para la programación del riego. En el municipio de Arteaga a lo largo del año hay pocas precipitaciones, se clasifica como BSh por el sistema Köppen-Geiger. La temperatura aquí es en promedio 18.2 ° C, precipitaciones que promedian 375 mm.

La precipitación más baja es en marzo, con un promedio de 7 mm. 75 mm, mientras que la caída media en septiembre, así como el mes que tiene la mayor precipitación del año. El mes más caluroso del año es junio con una media de 23.1 °C y el mes más frío del año es de 11.9 °C en el medio de enero (Climate-data.org).

### **3.2. Materiales usados para la evaluación**

Equipo necesario para la evaluación.

1. Manómetro: Utilizado para medir un rango de presiones., en la parte final de las líneas.
2. Cronómetro: Se usó para tomar el tiempo de drenado de la fibra de coco.
3. Probeta graduada de 5000 ml.
4. Recipientes recolectores de 500 ml.
5. GPS: Para tomar las coordenadas del lugar.
6. Formato de registro de campo.
7. Cámara fotográfica
8. Programa asistido por computadora AutoCAD.
9. Programa de ArcGis.
10. Balanza de 40 kg.

### 3.3. Método

Se utilizó la metodología de *Coficiente de Uniformidad de Christiansen* que en si la desviación media estándar de las lecturas en las líneas más representativas de los lotes de riego, con 12 repeticiones.

La presión se midió al final de la línea de las 4 líneas en los 12 lotes. El gasto se tomó de 4 emisores por línea, al inicio, a 1/3, a 2/3 y al final, con 12 repeticiones.

*La capacidad de retención de humedad del material* se utiliza el método gravimétrico el que consistió en medir primero el peso del slab (sin agua) y posteriormente se saturó con 15 litros de agua, así mismo se tomó la lectura del slab saturado dejándose drenar por un tiempo, después se tomó la lectura del slab ya drenado por lo que se le volvió a agregar otros 15 litros de agua, también se pesó el slab saturado, por lo que se dejó drenar, solo se realizaron 3 repeticiones.

### 3.4. Evaluación de la uniformidad de riego en campo

Se evaluaron 48 líneas tomadas de 12 lotes siendo esto un área de 1200 m<sup>2</sup>, los datos obtenidos en el campo se utilizaron para sacar el CUC de la línea regante del sistema.

#### Prueba de campo

Formato para registro de los datos de campo para evaluar un sistema de riego por goteo.

1.- Ubicación: San Isidro, carretera a San Antonio de las Alazanas, Arteaga, Coahuila. Empresa: Vallealto Produce S.A de C.V Fecha: Septiembre - Noviembre del 2016, Observador: Enedelia González González

2.- Cultivo: Pimiento Morrón Nombre botánico: Capsicum annum L Espaciamiento: 5cm entre plantas Meses del cultivo: 2 a 3 meses de trasplante. Variedades: Prosperity (Naranja), Eurix (amarillo), Fabris (Rojo) y 719 (Naranja) Espaciamiento entre plantas: 16.66 cm entre plantas y entre hileras 1.65m

3.- Sustrato del slab: Fibra de coco (70-30%) Irrigación: todos los días dependiendo, la radiación programada. Frecuencia: entre 20 a 35 min.

4.- Emisor: Marca: NETAFIM PAT. C.N.L Tipo: Inserción espaciado: 20 cm

5.- Descarga nominal por punto de emisor: 2 lph Número de emisores por planta: 1 emisor Proporcionado: 1200 ml/día Años que se lleva usando el mismo sistema: 6 años

6.- Longitud de la lateral: 100 m Número de líneas por lote: 6 líneas Cantidad de válvulas: 8 válvulas para 50 lotes

8.- Diámetro de la manguera: 3/8 '' Coloración: Blanca Longitud: 100 m

9.- Año en que se comenzó a funcionar el invernadero: 2010 Lotes a evaluar: 1, 12, 24, 26, 38 y 50 (Norte y Sur) Medidas del lote: 9.65m \* 100m Separación entre líneas: 1.65 m Área total a evaluar: 1200 m<sup>2</sup>.

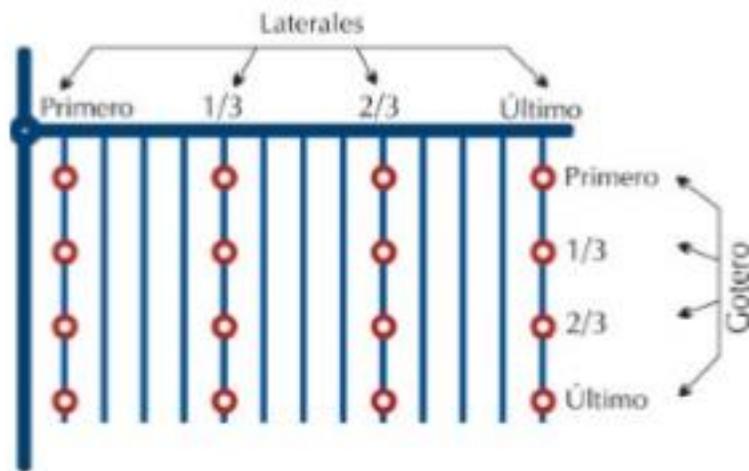
10.- En el Apéndice A podemos observar la localización de la prueba y diseño del sistema.

11.- Número de líneas: 48 Número de lotes: 12 en total Secciones: Fase 2 A y B

Para la recolección de datos en campo se usó el método propuesto por Merriam y Keller (1978), realizando los siguientes pasos.

1. Se eligió un número determinado de emisores distribuidos dentro de una sección de riego, por lo general se recomienda seleccionar 16 emisores.

2. Tomando se en cuenta los laterales más cercanas y más lejanas de la toma de la tubería distribuidora y los dos intermedios. En cada línea regante se seleccionaron cuatro emisores siguiendo el mismo criterio, ósea el más cercano y el más lejano de la toma de la línea regante y dos intermedios, a continuación se muestra en la figura 3.5.



**Figura 3.5.** Laterales y emisores que se deben de seleccionar para evaluar una sección de riego por goteo.

3. Se colocó un recipiente colector para que cuando empezara el riego, posteriormente se midió el volumen de riego suministrada por los emisores para ellos se usó una probeta graduada. A continuación se muestra como se realizó, en la figura 3.6.



a)



b)

**Figura 3.6.** a) colector de riego, b) medición del volumen suministrado por los emisores.

4. Se midió la presión al final de la línea regante, con un manómetro; la variación de presión no debe ser mayor al 20% de la presión de operación del sistema. Se puede apreciar en la figura 3.7.



**Figura 3.7.** Medición de la presión al final de la línea regante.

5. Ese tiempo será igual para todos ellos, y con las medidas obtenidas se calculó el caudal en lph. Y conociendo el caudal de cada emisor seleccionado se calculó el coeficiente de uniformidad (CU), coeficiente de variación (Cv), índice de consumo (Ic), Eficiencia de requerimiento y la eficiencia de aplicación (Ea).

6. Después se procesaron los datos de campo a Excel, para sacar los logaritmos a los gastos y cargas que proyectaron la prueba de campo, de esta forma se obtuvo las ecuaciones para obtener la uniformidad de las secciones de riego.

**En el cuadro 3.1.** Muestra la pantalla de registro de datos de campo de una línea regante de manguera con goteros NETAFIM PAT.C.N.L 2 lph. Esta muestra es utilizada para la evaluación de la uniformidad de riego.

Posición del emisor en la lateral	Posición de la lateral en la línea distribuidora			
	Inicio	A 1/3	A 2/3	Al final
Inicio				
A 1/3				
A 2/3				
Al final				

**Cuadro 3.1.** Muestra de plantilla de registro de datos de campo.

### 3.4.1 Análisis capacidad de retención de humedad del slab.

Procedimiento para la evaluación del dren gravitacional y el de bajo tención.

1. Se eligió un slab para así posteriormente ser pesado y de ahí basarnos en los pesos, registrados primero el peso del slab sin agua en Kg.



**Figura 3.8.** Peso de la fibra para evaluar el drenado de la fibra de coco.

2. Se le añadieron 15 litros de agua al slab para saturarlo completamente, registrando posteriormente el peso de la fibra más los 15 litros de agua en kg.



**Figura 3.9.** Peso de la fibra más los 15 litros de agua.

3. Después se tomó el peso del agua sola sin slab (agua que no se absorbida, fue el agua que se perdió por gravitación) y se registró en kg.



**Figura 3.10.** Agua perdida gravitacionalmente por la fibra.

4. Se pesó el slab con agua que absorbió (slab saturado) registrándose en kg.
5. Al tener todos los datos anterior se pasó el slab a drenar para así toma el tiempo en que se dreno el agua saturada obteniéndose los minutos y segundos que tarda.



**Figura 3.11.** Drenado del slab y tiempo.

6. Finalmente se pesó del slab ya drenado registrándose en kg.



**Figura 3.12.** Slab ya drenado.

### 3.5. Análisis de las uniformidades evaluadas en campo CUC %

Para realizar este análisis se utilizaron los datos tomados en campo. Fueron ingresados los gastos de los emisores seleccionados por cada línea regante en un formato de Excel (cuadro 3.2).

**Cuadro 3.2.** Formato de excel para el cálculo de la uniformidad aforadas en campo.

Datos tomados en campo														
línea	Góteros	Repeticiones del lado (note o sur)												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		lph	lph	lph	lph	lph	lph	lph	lph	lph	lph	lph	lph	
lote 1	1	1												
		2												
		3												
		4												
	2	1												
		2												
		3												
		4												
	3	1												
		2												
		3												
		4												
	4	1												
		2												
		3												
		4												

Posteriormente después de llenar el formato con los datos de los gastos se realizó el cálculo del Coeficiente de uniformidad (CU%).

Formato para evaluar el dren en un slab (volumen vs Tiempo)

Peso del slab sin agua: \_\_\_\_ Kg

Litros de agua para saturar al slab: \_\_\_\_ lt

El peso de la fibra de coco más los lt de agua: \_\_\_\_ kg

Peso del agua sola sin slab (agua que no fue absorbida): \_\_\_\_ kg

Peso del slab con agua que absorbió (slab saturado): \_\_\_\_ kg

Tiempo en que se drenó el agua saturada fue de: minutos: segundo.

Peso del slab ya drenado: \_\_\_\_ kg

Al tener estos datos se pasa a las fórmulas para sacar el % de dren que se va gravitacionalmente y el dren que estaba bajo tensión.

#### Cálculo de la uniformidad de distribución (UD%)

La UD se determinó utilizando la siguiente ecuación:

$$UD\% = 100 * \left( \frac{q_{min}}{q_{prom}} \right)$$

#### Cálculo de coeficiente de uniformidad (CU%)

Para determinar el CU se utilizó la siguiente fórmula:

$$CU\% = 100 * \left( 1 - \left( \frac{Des Est}{q_{prom}} \right) \right)$$

Se realizó en el programa de Excel, también ahí mismo se determinó la desviación estándar y promedio, consiguiendo de esta forma los resultados.

#### Cálculo para determinar la uniformidad de distribución (EU%)

Esta se obtuvo de la relación que existe de la descarga del emisor de la cuarta parte más baja de los datos, con respecto a la descarga promedio de todos los datos del lote, y se expresa de la siguiente forma:

$$Eu\% = 100 * \left(\frac{qn}{qa}\right)$$

Con el programa de Excel obtuvimos los resultados de nuestro sistema, tomando el promedio de los 4 datos más bajos con respecto al promedio general del lote.

#### Cálculo para determinar % dren gravitacional y bajo tensión

La capacidad de retención de humedad en el slab determino % de dren gravitacional y el que se encuentra a bajo tensión.

$$\% \text{ dren} = \frac{\text{agua que no fue absorbida}}{\text{El peso de la fibra de coco más los lt de agua}} * 100 = \% \text{ Gravitacional}$$

$$\% \text{ dren} = \frac{\text{Peso del slab ya drenado}}{\text{Peso del slab con agua que absorbió (slab saturado)}} * 100 = \% \text{ Bajo tensión}$$

#### Calculo para determinar el Cv del sistema

De los datos obtenidos en campo se sacó Cv pero para esto se tuvo que sacar la desviación estándar.

$$\text{Des. Estandar} = \left( \sqrt{\frac{|\sum(X - X_m)|^2}{n - 1}} \right)$$

$$Cv = \left( \frac{\text{Des. Estandar}}{X_m} \right) * 100$$

#### Cálculo para determinar la Eficiencia de aplicación (Ea%)

Para obtener este dato usamos la Evapotranspiración que para este cultivo es de 4.67 mm/día, para esto se utilizaron los % de dren gravitacionalmente, entonces la Ea es la relación que existe en nuestro cultivo entre la evapotranspiración litros/día con litros que consume cada gotero.

$$Ea = \left( \frac{\text{Evapotraspiració} \frac{\text{litros}}{\text{día}}}{\text{Litros que consume cada gotero}} \right) * 100$$

O

$$Ea = \frac{\text{Volumen requerido}}{\text{Volumen aplicado}} * 100$$

En el apéndice B se puede apreciar las fichas técnicas de las variedades para así tener la eficiencia de aplicación con forme a la evapotranspiración.

#### Eficiencia de requerimiento (Er %)

La eficiencia de requerimiento que utilizamos es el 100% ya que es un sistema hidropónico cerrado por lo que este no pierde el agua porque toda la que se drena es devuelta a un tanque donde esta agua es reutilizara un cierto porcentaje, junto con agua de pozo y los fertilizantes.

#### Cálculo de coeficiente de variación del gotero.

Esta se obtuvo con la relación en los litros psi por la presión a estimar, con esto obtuvimos presión y gasto de acuerdo a esa presión, ajustando la curva de presiones con respecto a la exponencial.

$$Cv = 1 - \frac{q_{medido}}{q_{nuevo}}$$

#### Índice de consumo

El Ic se obtuvo de la relación que hay entre la cobertura total lt/ha entre el porcentaje del área a evaluar (el porcentaje es en punto decimal).

$$Ic = \text{Área} * Eto \text{ mm/día}$$

### **3.6 Obtención y manejo de la información requerida para obtener las horas de riego de los lotes.**

#### Evapotranspiración

Con las siguientes formulas obtuvimos las horas de riego

$$\text{Volumen de agua} = \text{área} * \text{Eto mm} = \text{m}^3$$

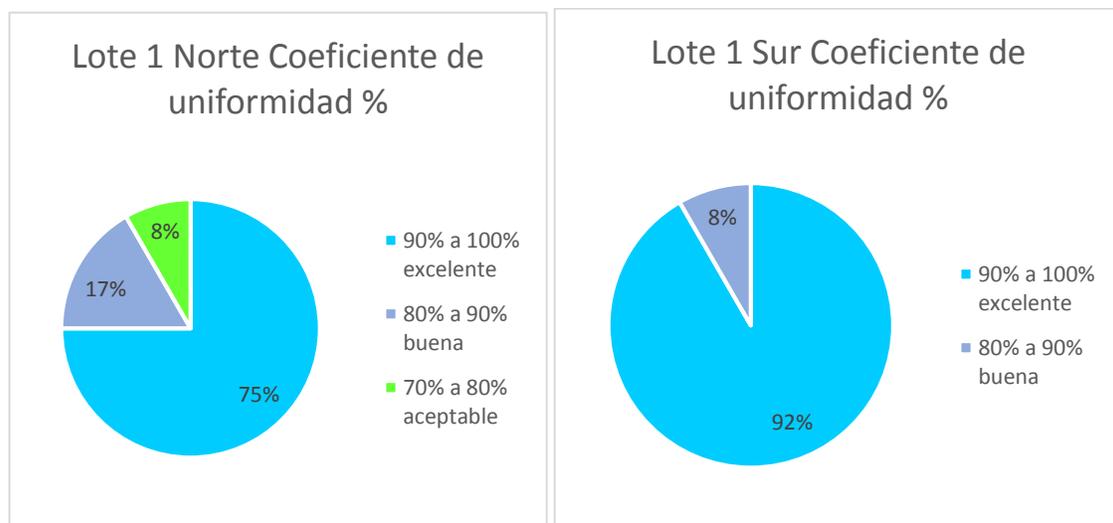
$$\text{Horas de riego} = \text{Vol. De agua calculado} / \text{gasto del emisor de planta.}$$

#### **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

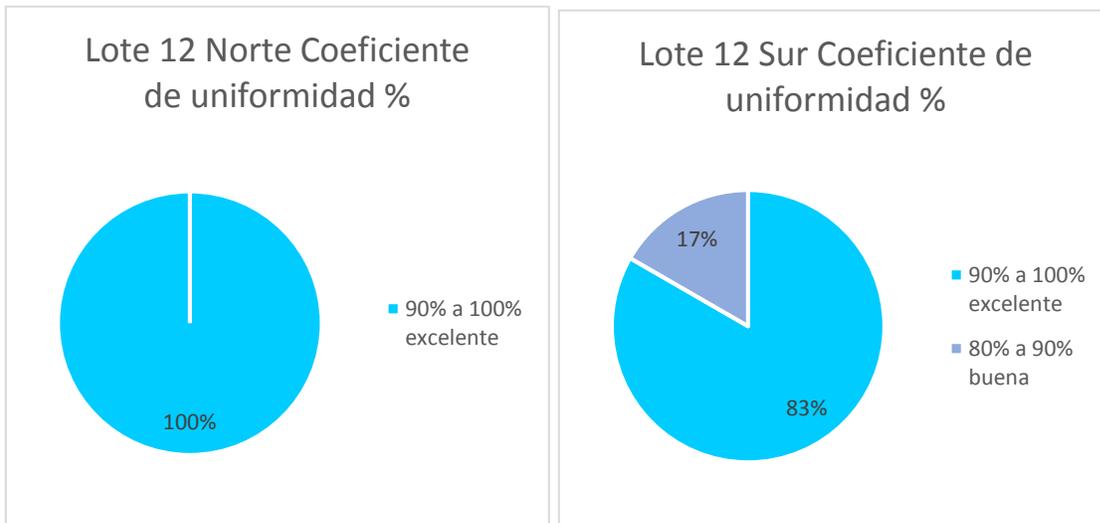
#### 4.1. Resultados en la evaluación de la uniformidad (Cu%, Cv%, Ea%, Er%, Ic) de los 12 lotes evaluados.

Coeficiente de uniformidad para riego por goteo propuesto por Merriam y Keller (1978)

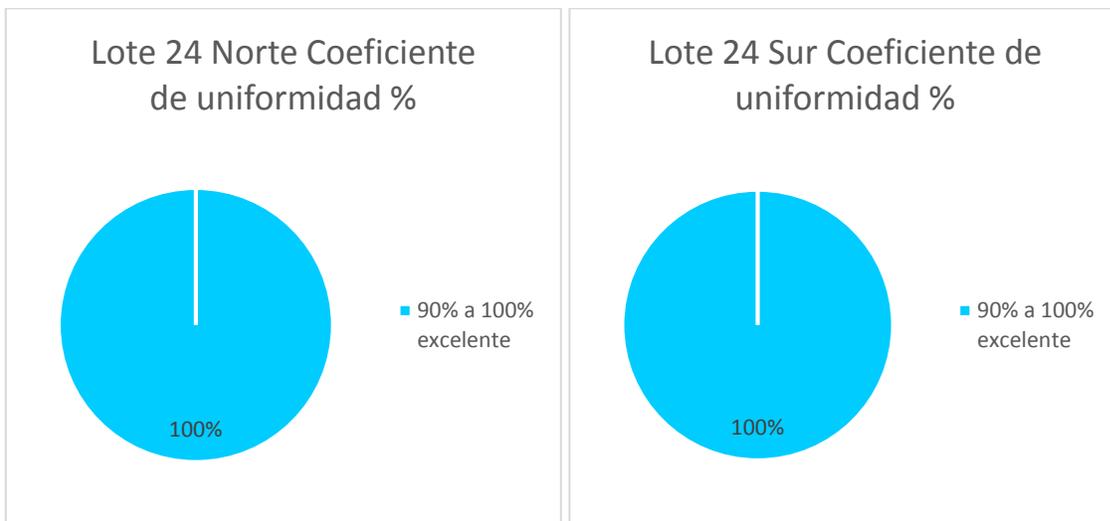
##### 4.1.1 Graficas del Coeficiente de uniformidad (CU%)



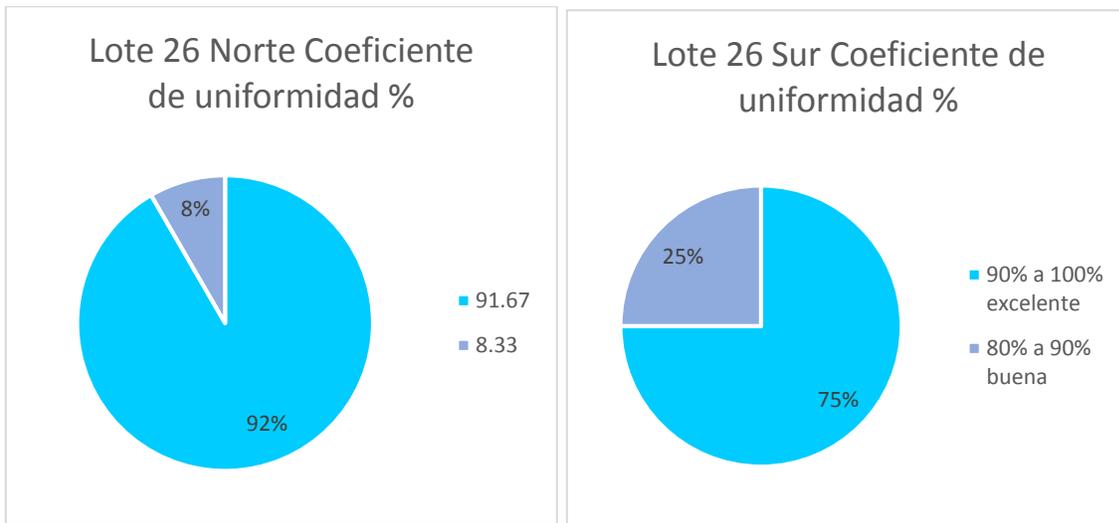
**Figura 4.1** Graficas de la uniformidad de distribución de los lotes 1.



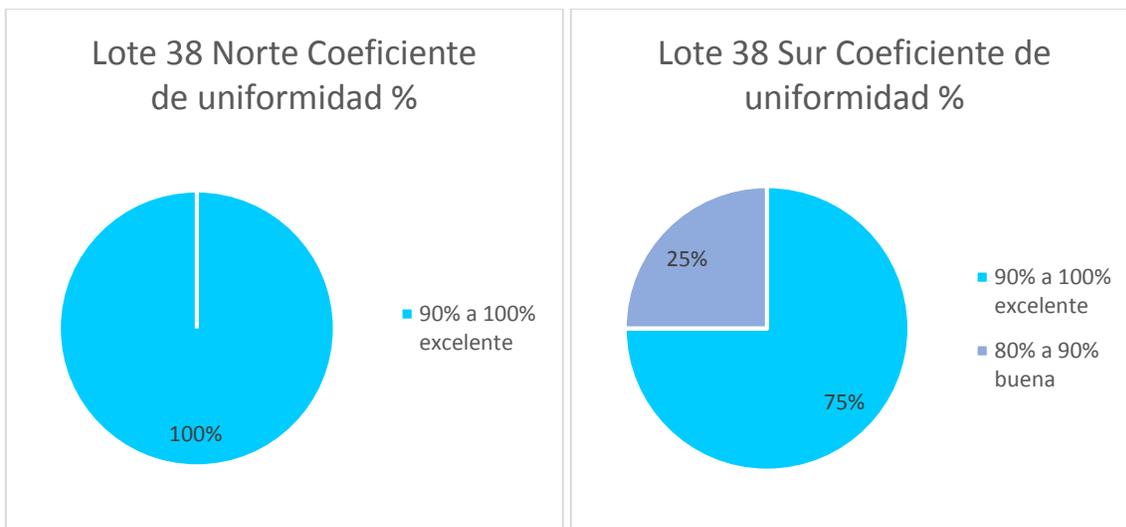
**Figura 4.2.** Grafica de la uniformidad de distribución de los lotes 12.



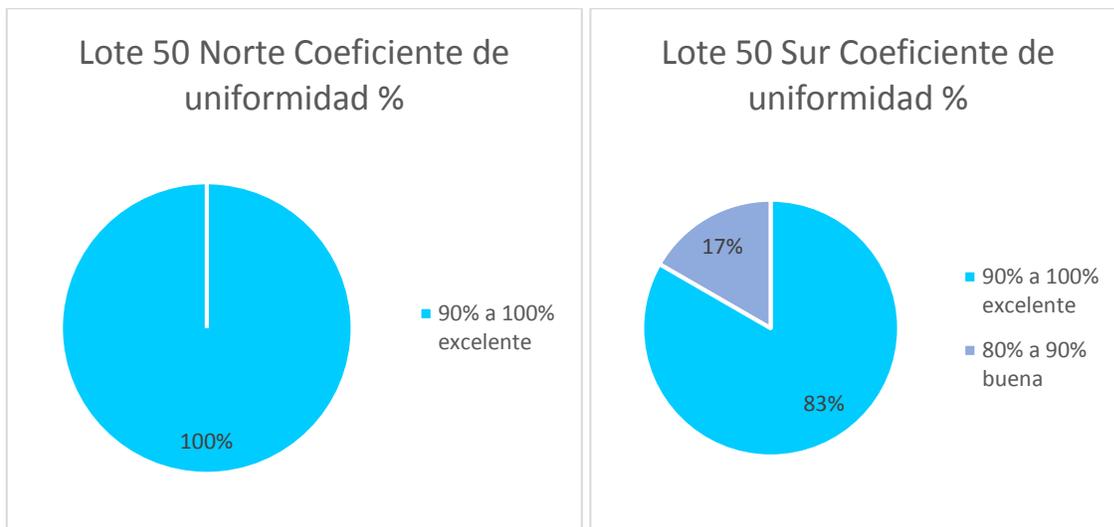
**Figura 4.3.** Grafica de la uniformidad de distribución de los lotes 24.



**Figura 4.4.** Grafica de la uniformidad de distribución de los lotes 26.



**Figura 4.5.** Grafica de la uniformidad de distribución de los lotes 38.



**Figura 4.6.** Grafica de la uniformidad de distribución de los lotes 50.

En las figuras 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, nos muestran el porcentaje en el que se encuentra nuestro sistema, tomando en cuenta uniformidad propuesto por Merriam y Keller (1978), tenemos UD desde 70 a 80% (aceptable), 80 a 90% (bueno) y 90 a 100% (excelente). En su mayoría los lotes se encuentran en un *UD excelente*. En estas graficas tenemos que tanto por ciento del lote se encuentra el coeficiente de uniformidad excelente, buena o aceptable. Con estos datos nos damos cuenta en que rango se encuentra cada lote, teniendo en cuenta que el invernadero tiene 6 años de existencia y la limpieza a los goteros se les da cada año entonces podemos ver que el CU se encuentra en un rango excelente. Las tablas donde vienen los datos tomados se encuentran en el apéndice A.

#### 4.2 Eficiencia de aplicación.

Para obtener la eficiencia de aplicación para el sistema evaluado se obtuvo de la relación que has del volumen requerido entre el volumen aplicado, el cual se obtuvo que es de un 44.06 % de la evaluación hidráulica.

$$Ea = \frac{0.934}{2.129} * 100 = 44.06 \%$$

Para este sistema la **Ea** es baja para el sistema de riego por goteo, también hay que tener en cuenta que toda el agua que se le aplica a las plantas es drenada la cual se vuelve a recolectar en un tanque para así ser leída por los **uv**, de esta forma se vuelve a reutilizar esa misma agua claro también se una cierta cantidad de agua de pozo.

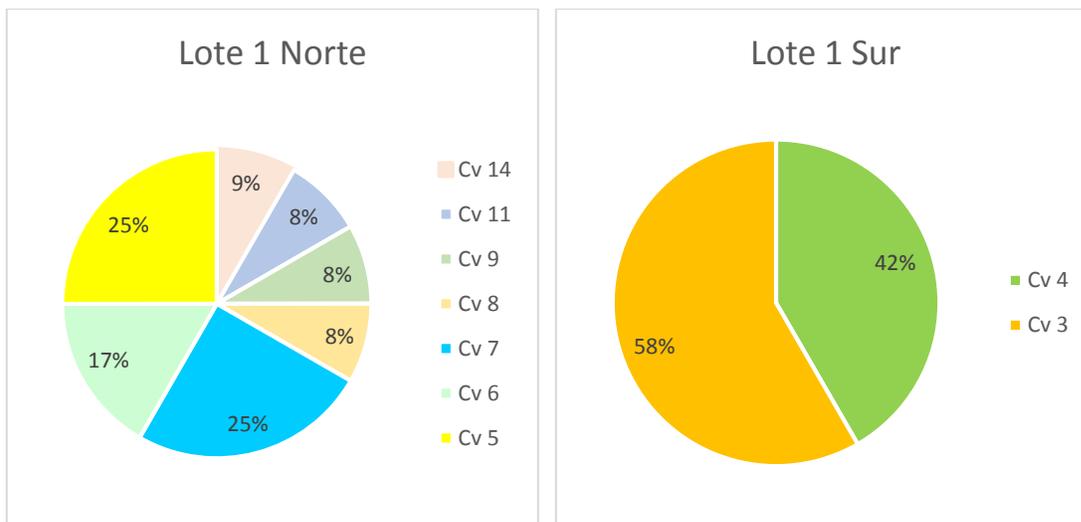
#### 4.3 Índice de consumo

Para esto se obtuvo de la relación que hay de la evapotranspiración que hay por hectárea multiplicándola por el área que se evaluó.

$$Ic = 46700 * 0.33 = 15411 \frac{\text{litos}}{\text{Ha}}$$

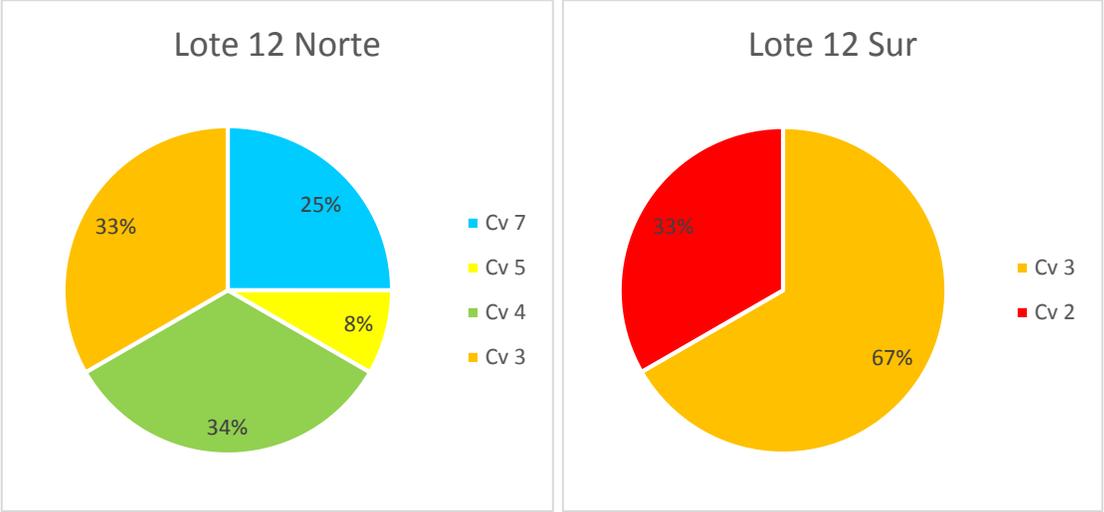
Estos litros es lo que consume el sistema por en el área que se evaluó.

#### 4.4. Graficas del coeficiente de variación



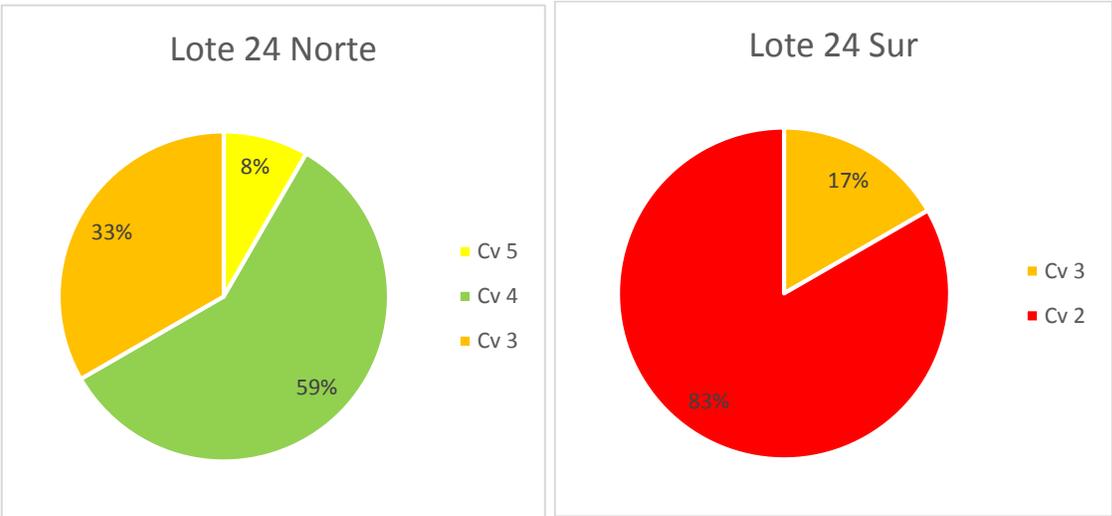
**Figura 4.7.** Grafica del coeficiente de variación lotes 1.

De acuerdo a la EP 405.1, ASAE, 2003 mencionada por Santos et al. (2010), la gráficas 4.7, lote 1 norte nos muestra que solo el 25% tiene un Cv excelente, el 42% es bueno, mientras el marginal se encuentra en un 24% y el 9% es malo. Los datos del lote 1 sur el 100% del Cv esta excelente.



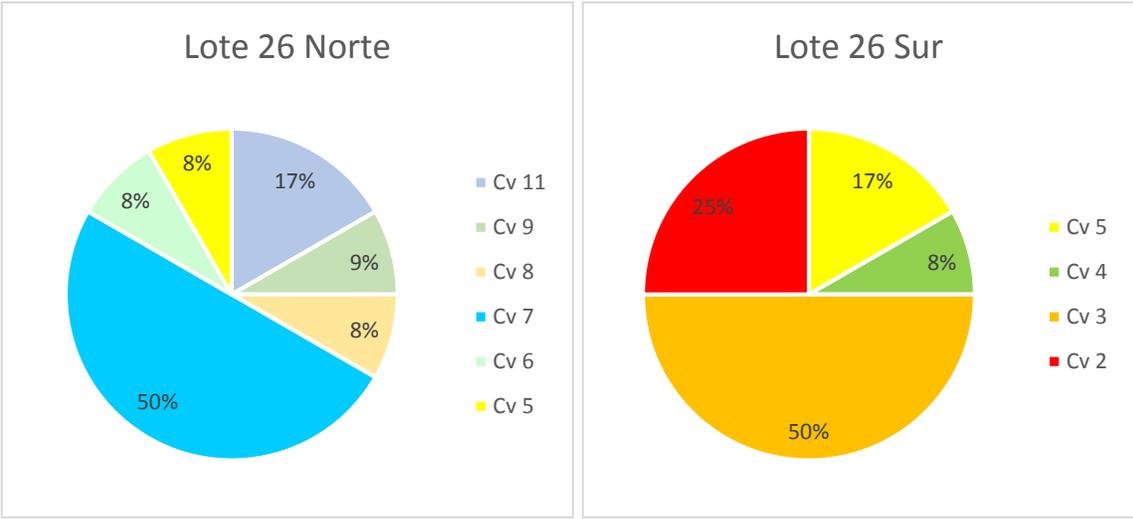
**Figura 4.8.** Grafica de comportamiento del coeficiente de variación lotes 12.

Los lotes 12 norte tienen un 75% excelente y un 25% bueno del sistema. El lote 12 sur el 100% es excelente.



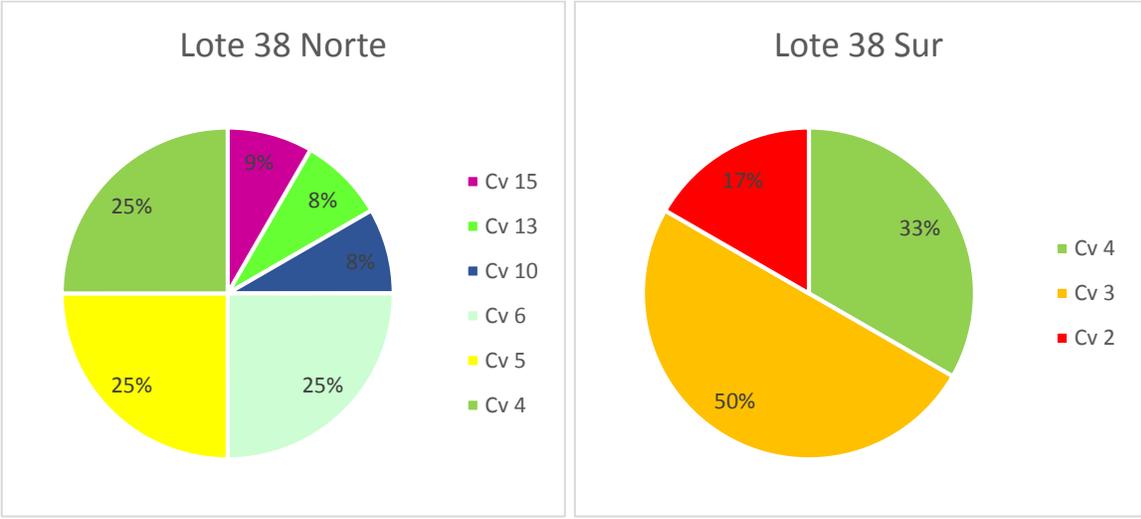
**Figura 4.9.** Grafica del coeficientes de variación por debajo del 5% lotes 24.

En estas dos graficas nos muestran que el lote 24 norte y sur tiene un Cv por debajo del 5% por lo que se encuentra en un rango excelente.



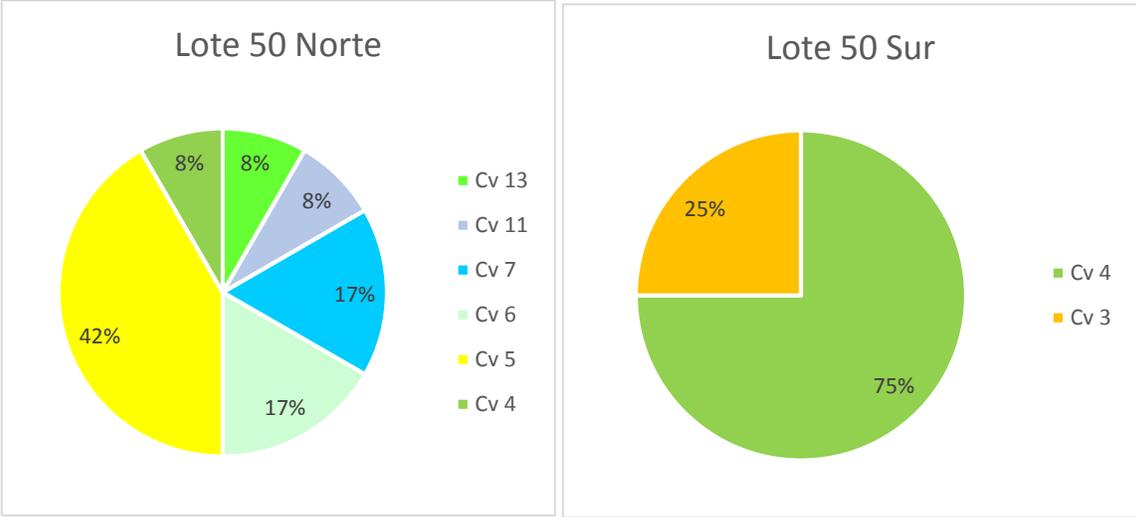
**Figura 4.10.** Grafica de coeficiente de variación lotes 26.

De acuerdo a la EP 405.1, ASAE, 2003 en el lote 26 norte se obtuvieron Cv por debajo del 5% representando esto un 8% excelente, un 58% bueno, 34% marginal. Por otro lado el lote sur obtuvo el 100% lo cual representa un excelente Cv.



**Figura 4.11.** Grafica del coeficiente de variación lotes 38.

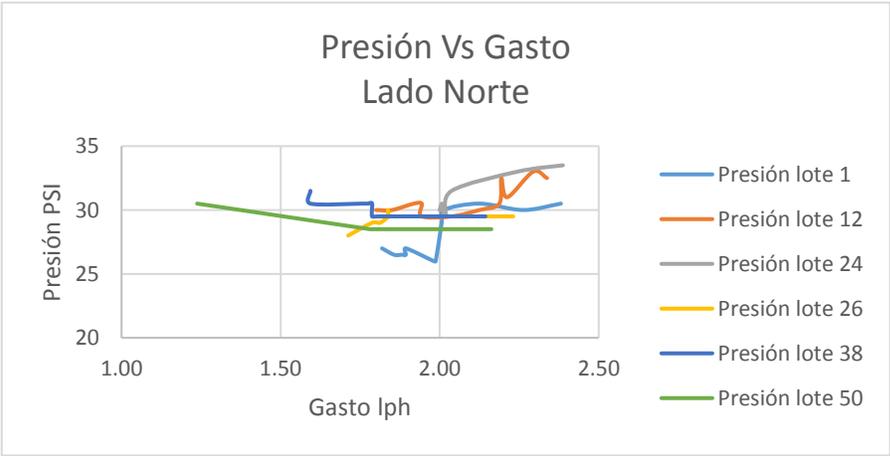
El lote 38 norte se obtuvo un 50% con un Cv excelente, mientras que el 25% es bueno, un 8% es marginal, 17% malo, y el sur tiene un 100% excelente.



**Figura 4.12.** Grafica de comportamiento del coeficiente de variación lotes 50.

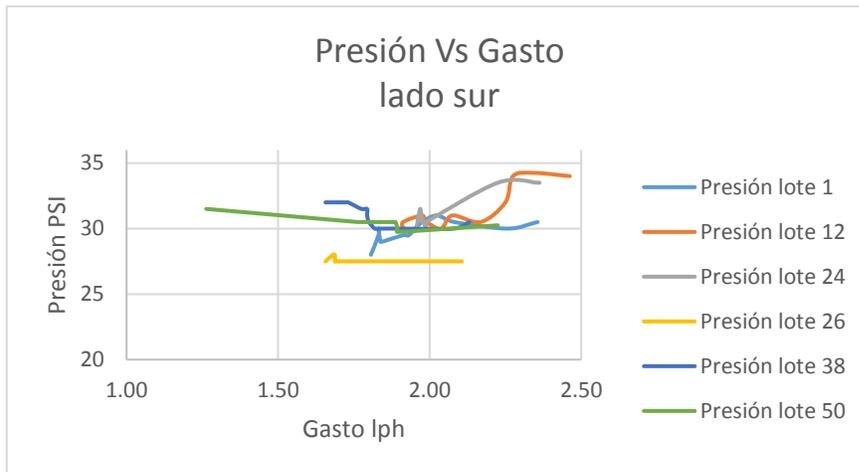
Mediante la clasificación que propone la EP 405.1, ASAE, 2003, en el lote 50 norte el 50% representa un Cv excelente, 34% representa aun Cv bueno, mientras que el 8% es marginal y un 8% malo. Lote sur el 100% del sistema nos clasifica a un excelente Cv.

**4.5. Graficas de presión vs Gastos aforados**



**Figura 4.13.** Grafica de los datos tomados en el sistema evaluado lado norte.

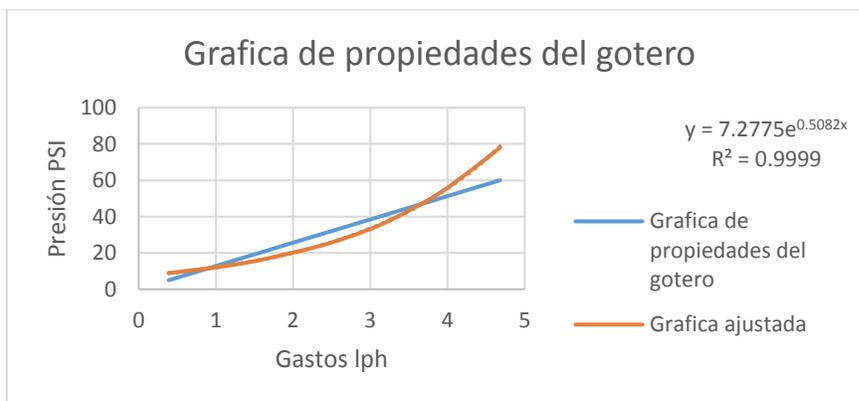
La mayoría de las gráficas están en 29 psi con gastos de 2 lph, para el lado norte en los 6 lotes que se encuentran de este lado.



**Figura 4.14.** Grafica de los datos tomados en el área de estudio lado sur.

La mayoría de las presiones se encuentran en los 30 PSI para goteros de 2 lph aproximadamente, para el lado sur de los 6 lotes que se encuentran este lado.

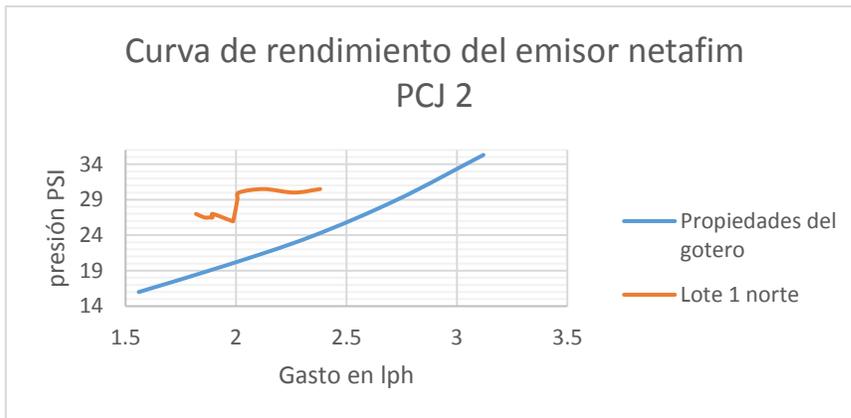
#### 4.5.1 Comparación de gastos calculados contra medidos en cada lote.



**Figura 4.15.** Grafica de propiedades del gotero.

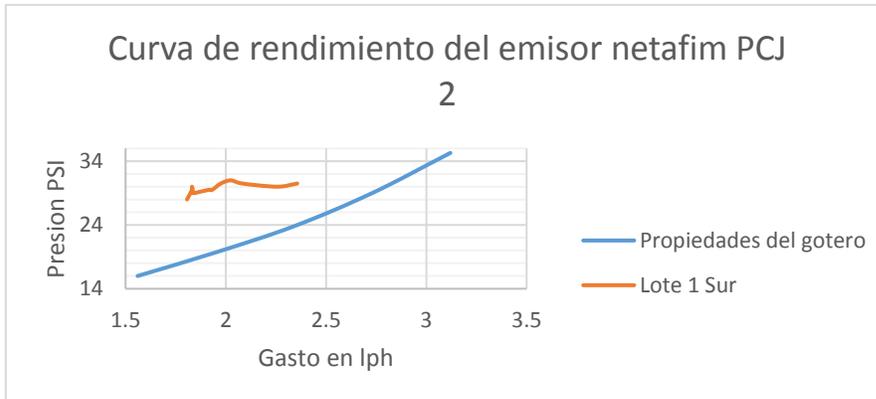
Al sacarla los gastos con respecto a la presión se obtuvo con la relación de los litros psi por la presión a estimar, con esto obtuvimos gasto lph de acuerdo a esa presión, ajustando la curva de

presiones con respecto a la exponencial. Se puede apreciar la ficha bibliográfica del gotero en el apéndice C.



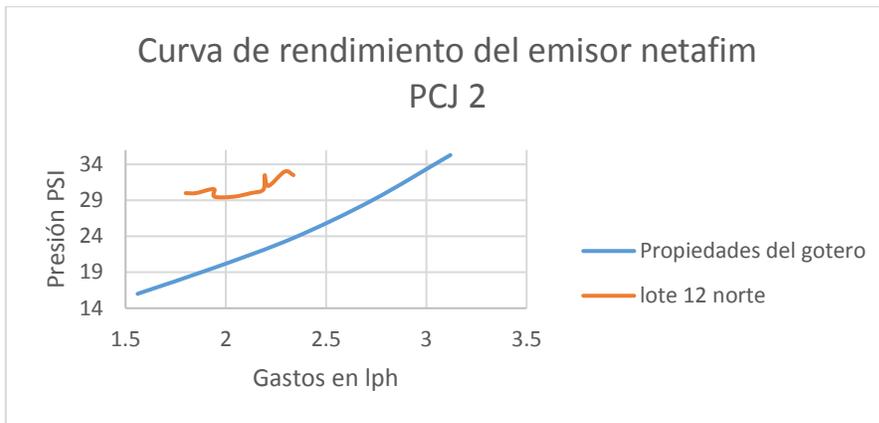
**Figura 4.16.** Grafica de comparación gastos medidos contra calculados lote 1 norte.

En esta grafica podemos observar el gasto medido y la variación que existe contra el gasto calculado. Para saber que tanta variación hay en el gasto del lote 1 contra el gasto calculado se sacaron 5 puntos donde dividimos gasto medido/ gasto calculado todo eso menos 1, así obtuvimos que para esta grafica se tiene un Cv de 26.23 para estos dos gotero.



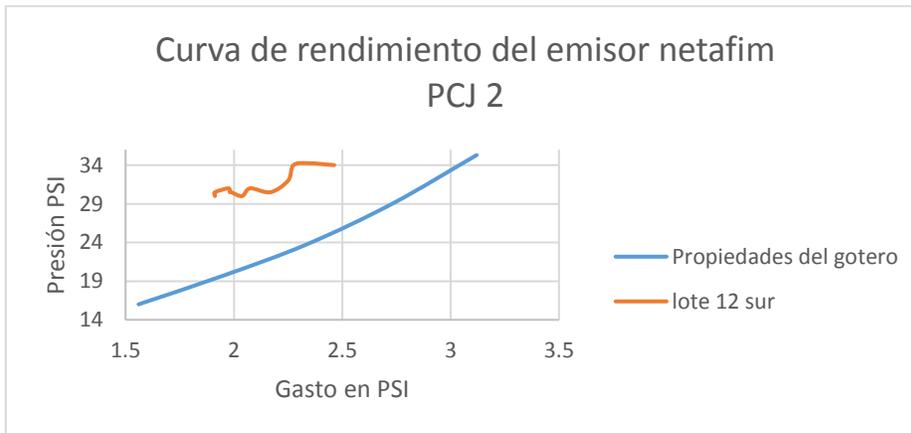
**Figura 4.17.** Grafica de comparación gastos medidos contra lote 1 Sur.

Para esta grafica también sacamos el Cv el cual nos dio 30.6, eso es lo que tienen de diferencia ambas curvas.



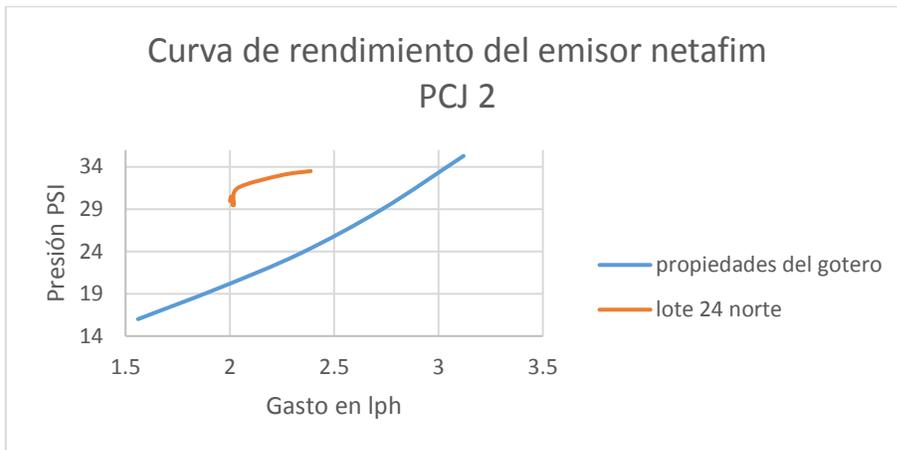
**Figura 4.18.** Grafica de comparación lote 12 norte.

Podemos apreciar cómo se comportan ambas graficas por lo que también se le sacó el Cv entre ellas dándonos un 27.55 de coeficiente de variación.



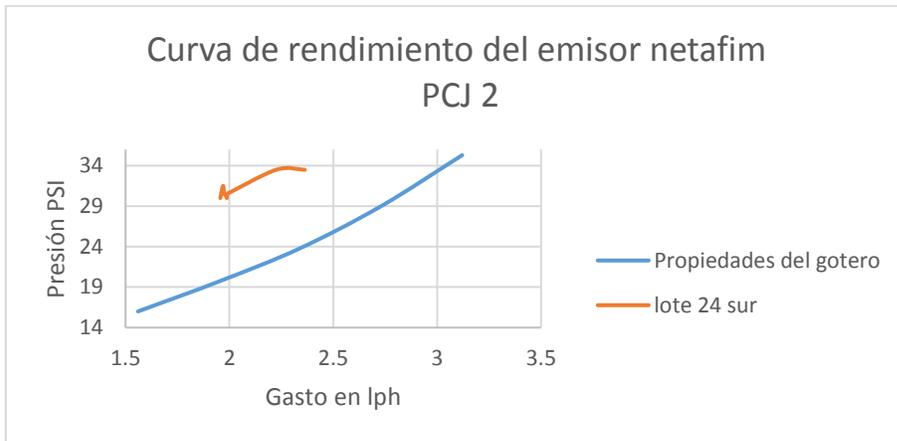
**Figura 4.19.** Grafica de comparación lote 12 sur gasto medido contra el gasto calculado

Se puede apreciar las diferentes graficas por lo que de igual forma se obtuvo el Cv de 28.20.



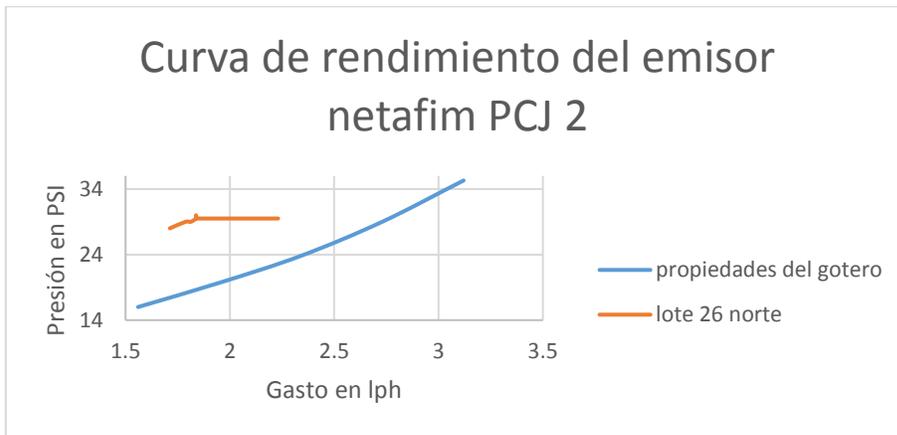
**Figura 4.20.** Comparación del lote 24 norte contra el gasto estimado.

Como podemos observar en la gráfica nos muestra que tanta variación hay entre ellas, ya que esta corresponde a 28.28 de coeficiente de variación.



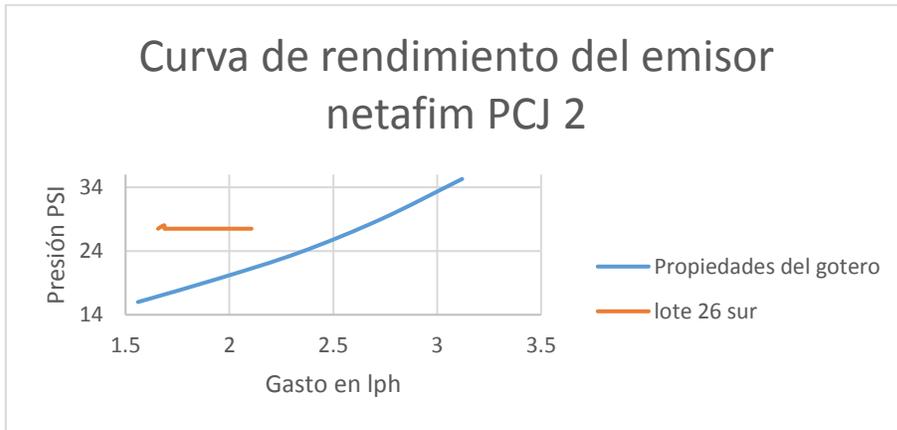
**Figura 4.21.** Gráfica de comparación del lote 24 sur contra el gasto estimado.

En esta otra gráfica nos dio un Cv de 30.77, es lo que hay entre ellas de variación.



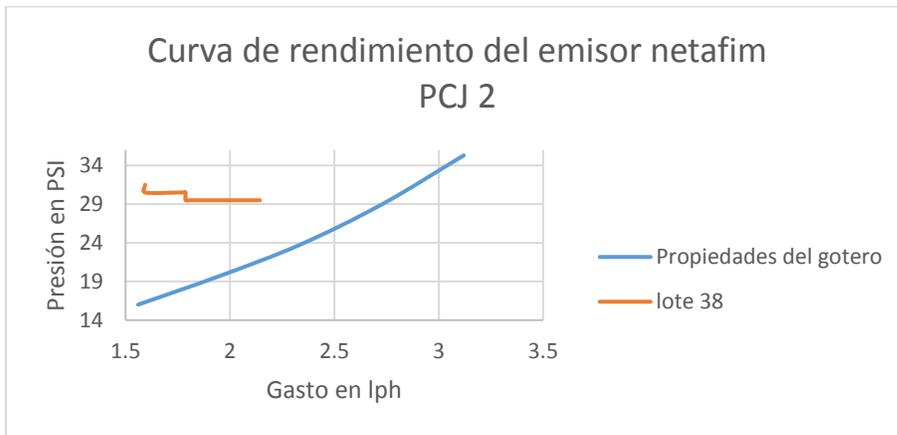
**Figura 4.22.** Grafica de comparación del gasto medido contra el calculado lote 26 norte.

Se tiene un 31.92 de coeficiente de variación de diferencia entre ellas, en esta grafica podemos observar que no se intersectan los puntos.



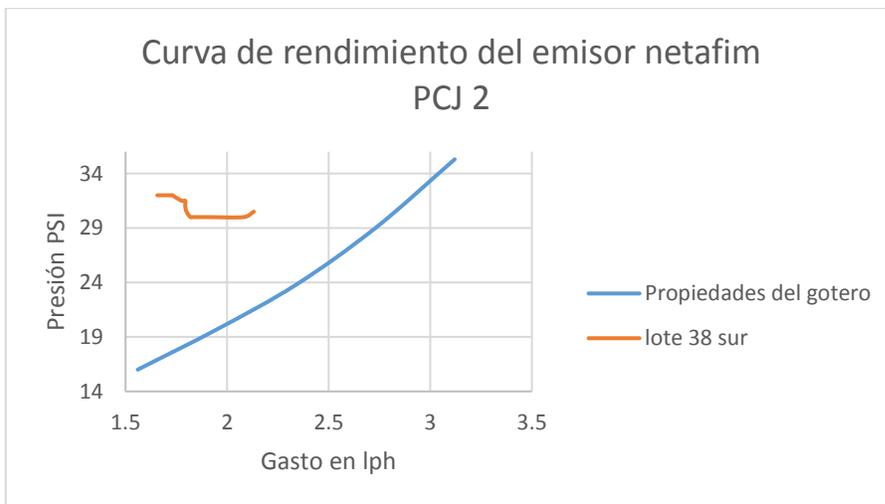
**Figura 4. 23.** Grafica de comparación del gasto medido contra el calculado lote 26 sur.

Para esta grafica se tiene un Cv de 36.26 de diferencia entre ambas comparaciones de gasto.



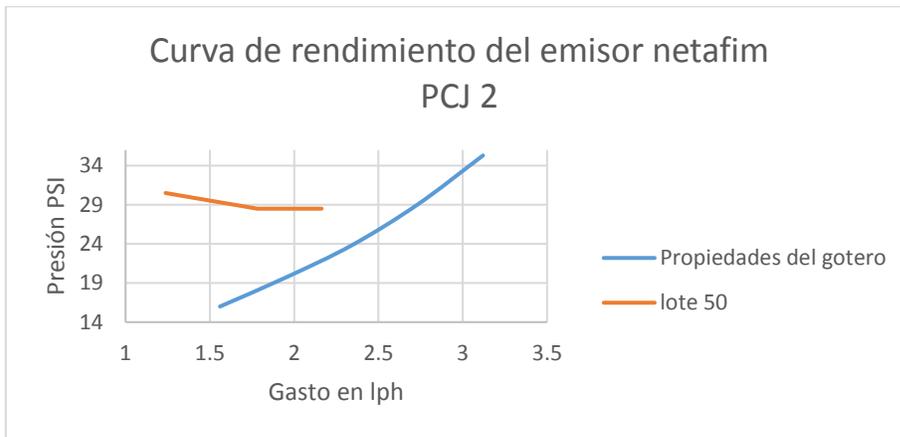
**Figura 4.24.** Grafica de comparación del gasto medido contra el calculado lote 38 norte.

Como se observa en la gráfica nos muestra la variación que hay entre ellas, ya que esta corresponde a 40.86 de coeficiente de variación, para el lote 38 norte.



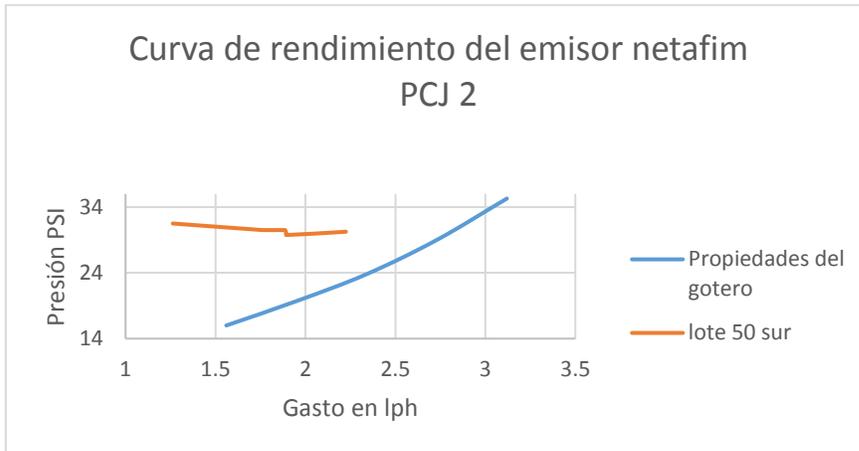
**Figura 4.25.** Grafica de comparación del gasto medido contra el calculado lote 38 sur.

Para esta grafica se muestra la variación que hay del gasto medido contra el gasto calculado, por lo que esta corresponde a 38.91 de coeficiente de variación.



**Figura 4.26.** Grafica de comparación del gasto medido contra el calculado lote 50 norte.

Como se muestra en la gráfica se tiene una variación del gasto medido contra el gasto calculado el cual es de 40.51 de Cv entre ellas, para este lote 50 norte.



**Figura 4.27.** Grafica de comparación del gasto medido contra el calculado lote 50 sur.

En la gráfica se observa que el gasto medido contra el gasto calculado, tienen una variación entre ellas el cual es de 38.87 de Coeficiente de variación, para este lote 50 sur.

#### **4.6. Recomendaciones**

**Uniformidad de riego:** para el coeficiente de uniformada se recomienda realizar análisis por lo menos una vez cada medio año para así ver cómo se va ir manipulando los goteros, con el paso del tiempo porque solo así se observara como va ir cambiando el coeficiente de uniformidad hasta estos 6 años se encuentra excelente el diseño pero dentro de unos cuantos años más ya no será la misma uniformada.

**El drenaje:** hacer pruebas de drenaje más continuo para vean relación hay entre lo que drena entre lo que entra, así se podrá observar los diferentes drenajes que se presentas con respecto a cada estación del año. Es necesario poner drenes en cada variedad para así tener más controlado su drenaje.

## V. CONCLUSIÓN

Dado los resultados obtenidos en la evaluación de la eficiencia y uniformidad de emisión del sistema de riego que tiene 6 años de antigüedad en la empresa “Vallealto produce”, se puede concluir que el sistema de riego por goteo en hidroponía en el cultivo del pimiento tienen una elevada uniformidad de emisión (mayor del 90%) en la mayor parte del sistema. La eficiencia de aplicación no es alta (44.06%), pero el sistema de reciclado en hidroponía evita la pérdida de agua, por lo que este valor es excelente para un sistema de retención de humedad a base de material de coco.

Teniendo en su mayoría los CU en 90% (Rango excelente), la mayoría de los coeficientes de variación están por debajo del 5% (Rango excelente), la *Ea es de 44.06% no es alta* y tomando en consideración la hipótesis planteada, concluyo que debido a los altos índices de uniformidad el consumo de energía es congruente con el costo del proceso.

La variación en la descarga de los goteros conforme al testigo (gasto de manufactura) presenta variaciones no representativas mayores al rango permitido 10% en gasto y 20 % en presión.

La automatización del software está basado en el porcentaje de **Caco<sub>3</sub>** en el ambiente del invernadero, disparando el inicio del riego y su intervalo provocando drenes con eficiencia del 44.06 % *en Ea*.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

Agrohuerto, (2016). Pimiento. Revista Tecno Agro, Revista No. 106. Disponible en: <https://tecnoagro.com.mx/revista/2016/no-106/pimiento/>

Bautista, N., Alvarado, J. (2006). Producción de jitomate en invernadero. Reimpresión. Impreso en México. 265 P.

Benites, J., Sotomayor, C., Montenegro, J., Cornejo, L., Nuñez, A., Hurtado, E. (2015). Manual de cálculo de eficiencia para sistema de riego. MINAGRI. Lima Perú.

Bojacá, C. R., Monsalve, O., Casilimas, H., Gil, R., Villagrán, E., Arias, L. A., & Fuentes, L. S. (2012). Manual de producción de pimentón bajo invernadero. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Centro de Bio-Sistemas.

Buxens, J. I. (2006). Descripción del sistema de riego por goteo. Departamento de horticultura. XOBA. Vol. 3: Núm. 3, pp. 108-113.

Camp, C., Sadler, E., Busscher, W. (1997). A comparison of uniformity measures for drip irrigation systems. Transactions of the ASAE. Vol 40(4): 1013-1020.

Disponible en:

<https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/60820000/Manuscripts/1997/Man446.pdf>

Christiansen, J. E. (1942). Irrigation by sprinkling. California Agricultural Experimental Station Bulletin 670. University of California, Berkeley, California.

Climate-data.org. Clima Arteaga. Vea se en: <https://es.climate-data.org/location/51390/>

Fernández. 2010. Manual de riego para agricultores: módulo 4. Riego localizado: manual y ejercicios. Sevilla consejería de agricultura y pesca.

Flores-Berrones, J. R. (2000). Flujo de agua a través de suelos. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12013/1154>

Fuentes Yagüe, J. L. (1991). Instalación de Riego por Goteo. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Madrid (España).

Fuentes Yagüe, J. L., & García Legaspi, G. (1999). Técnicas de riego. Sistemas de riego en la agricultura (No. 968-7462-17-5. FT 02-E11.).

García I. y Briones G. 1986. Sistema de riego por aspersión y goteo. 2ª ed. México: Trillas: UAAAN, 2007 (reimp.2011).277 P.

Gómez, P. 1979. Riego a presión, aspersión y goteo. Segunda edición. Imprenta juvenil, S. A. Barcelona (España).

Gurovich, L. A. (1985). Fundamentos y diseño de sistemas de riego (No. 59). Ilica.

Hernández-Fuentes, A. D., Campos-Montiel, R., & Pinedo-Espinoza, J. M. (2010). Comportamiento poscosecha de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) var. California por efecto de la fertilización química y aplicación de *Lombrihumus*. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 11(1), 82-91.

Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/813/81315093011.pdf>

Ibarra-Jiménez, L., Flores, J., Quezada, M. R., & Zermeño, A. (2004). Acolchado, riego y microtúneles en tomate, chile Anaheim y chile pimiento. Rev. Chapingo Serie Hortic, 10, 179-187.

Disponible en:

[https://www.researchgate.net/profile/Luis\\_Ibarra-Jimenez/publication/263162101\\_ACOLCHADO\\_RIEGO\\_Y\\_MICROTUNELES\\_EN\\_TOMATE\\_CHILE\\_ANAHEIM\\_Y\\_CHILE\\_PIMIENTO/links/00b7d53a0cd42a2e15000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Luis_Ibarra-Jimenez/publication/263162101_ACOLCHADO_RIEGO_Y_MICROTUNELES_EN_TOMATE_CHILE_ANAHEIM_Y_CHILE_PIMIENTO/links/00b7d53a0cd42a2e15000000.pdf)

Liotta, M. 2015. Manual de capacitación: riego por goteo. 1ª Edición. 22 p.

López, P. J., Montoya, R. B., Brindis, R. C., Sánchez-Monteón, M. A. L., Cruz-Crespo, E., & Morales, R. B. (2011). Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. Revista Fuente Año, 3(8).

Lugo-Jiménez, N., Carballo-Bautista, M., Sauri-Duch, E., Centurión-Yah, A., & Tamayo-Canul, E. (2010). Efecto del sistema de cultivo sobre la calidad microbiológica del chile habanero

(*Capsicum chinense* Jacq.) después de su cosecha. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 11(2).

Disponible en:

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81315809009>> ISSN 1665-0204

Fecha de consulta: 2 de noviembre de 2017

Mendoza, A. (2013). Riego por goteo. 91 P.

Merriam, J., Keller, J. (1978). Farm Irrigation System Evaluation: A Guide for Management. Utah State University Logan, UtahJack. Third Edition.

Moreno, E., Mora, R., Sánchez, F., García, V. (2011). Fenología y rendimiento de híbridos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cultivados en hidroponía. Revista Chapingo Serie Horticultura, Vol. XVII, Edición Especial 2, 5-18.

NMX-O-177-SCFI-2011. Lineamientos generales para proyectos de Sistemas de riego presurizado. 48 P.

Nuez, F., Gil, R., Costa, J. (2003). El cultivo de pimientos, Chiles y ajés. Reimpresión. España. Ediciones Mundi-prensa. 607 P.

Lorenzo, P. (2012). El cultivo en invernaderos y su relación con el clima. Cuadernos de Estudios Agroalimentarios (CEA), (3), 23-44.

Plana, V. (2008). Manejo y mantenimiento de instalaciones de riego localizado. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia Consejería de Agricultura y Agua. Impresión la tarjetería. 36 P.

Reséndiz-Melgar, R. C., Moreno-Pérez, E. D. C., Castillo, S. D., Rodríguez-Pérez, J. E., & Peña-Lomelí, A. (2010). Variedades de pimiento morrón manejadas con despunte temprano en dos densidades de población. Revista Chapingo. Serie horticultura, 16(3), 223-229. Disponible en:

<http://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v16n3/v16n3a11.pdf>

Rodríguez Fuentes, H., Muñoz López, S., & Alcorta García, E. (2006). El tomate rojo: sistema hidropónico. Editorial trillas. 82 P.

Rojas, A., Noriega, A., Herrera, G., & Chaparro, R. (2003). Sistema de Riego para Invernaderos Hidropónicos Basado en la Evapotranspiración del Cultivo. Sistema, 1(1). Disponible en:

<http://www.ciidiroaxaca.ipn.mx/revista/sites/www.ciidiroaxaca.ipn.mx.revista/files/pdf/vol1num1/riego.PDF>

Rojas, P. L., & Briones, S. G. (2001). Diseño y operación de sistemas de riego. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila. 152 P.

SAGARPA, 2016. Anuario estadístico de la producción Agrícola. Disponible en:

<http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/nayarit/boletines/Paginas/BNSAGENE052017.aspx>

(Consultado en Septiembre 2017)

SAGARPA-CONACYT. (2012). Innovación tecnológica de sistemas de producción y comercialización de especies aromáticas y cultivos élite en agricultura orgánica protegida con energías alternativas de bajo costo. Disponible en:

[www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/.../inteligencia-mercado-pimiento.pdf](http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/.../inteligencia-mercado-pimiento.pdf)

(Consultado en Septiembre 2017)

Santos, L., De Juan, J., Picornell, M., & Tarjuelo, J. (2010). El riego y sus tecnologías. Centro Regional de Estudios del Agua (CREA), Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), Albacete España, 87-224.

Schmidt, S., & Hatch Kuri, G. (2012). El agua en México. Foreign Affairs Latinoamérica, 12(4), 89-96. Disponible en:

[www.fal.itam.mx](http://www.fal.itam.mx)

Serraño Cermeño, Z. (2011). Prontuario del cultivo de pimiento. 1-111 P. Disponible en:

<http://www.zoiloserrano.com/wp-content/uploads/2012/03/Tr%C3%A1iler%20del%20libro%20%20Prontuario%20del%20cultivo%20de%20pimiento..pdf>

Terés, V. T. (2000). Riego en sustratos de cultivo. *Horticultura: Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola: frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros*, (147), 16-30. Disponible en:

[http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_Hort/Hort\\_2000\\_147\\_16\\_30.pdf](http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Hort/Hort_2000_147_16_30.pdf)

Tijerina Chávez, L. (1999). Requerimientos hídricos de cultivos bajo sistemas de fertirrigación. *Terra Latinoamericana*, 17(3).

Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/573/57317308/>

# APENDICES

## APÉNDICE A

### Evaluación del coeficiente de uniformidad de riego

		LADO NORTE																																				
línea	Goteros	Riegos																																				
		1	Q=l/h	2	Q=l/h	3	Q=l/h	4	Q=l/h	5	Q=l/h	6	Q=l/h	7	Q=l/h	8	Q=l/h	9	Q=l/h	10	Q=l/h	11	Q=l/h	12	Q=l/h													
Lote 1	1	1	90	1.8	1.8	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	105	2.1	1.9	100	2.0	1.8	80	1.6	1.6	110	2.2	2.2	85	1.7	1.7	75	1.5	1.4	105	2.1	2.1	85	1.7	1.7	90	1.8	1.8
		2	105	2.1	1.8	105	2.1	1.9	105	2.1	1.9	100	2.0	1.9	100	2.0	1.9	85	1.7	1.6	115	2.3	2.3	90	1.8	1.8	105	2.1	1.5	105	2.1	2.1	85	1.7	1.7	90	1.8	1.8
		3	105	2.1	1.9	100	2	1.9	100	2.0	1.9	105	2.1	1.9	100	2.0	1.9	105	2.1	1.7	120	2.4	2.3	95	1.9	1.8	95	1.9	1.5	115	2.3	2.2	90	1.8	1.7	100	2.0	1.8
		4	110	2.2	1.9	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	100	2.0	2.0	95	1.9	1.9	105	2.1	1.7	115	2.3	2.3	90	1.8	1.8	105	2.1	1.6	115	2.3	2.2	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8
	2	1	90	1.8	2.0	100	2	1.9	100	2.0	1.9	100	2.0	2.0	95	1.9	1.9	105	2.1	1.7	120	2.4	2.3	95	1.9	1.8	105	2.1	1.7	115	2.3	2.2	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8
		2	95	1.9	2.1	100	2	2.0	105	2.1	1.9	105	2.1	2.0	105	2.1	2.0	95	1.9	1.7	125	2.5	2.3	95	1.9	1.8	105	2.1	1.8	115	2.3	2.2	90	1.8	1.8	95	1.9	1.8
		3	110	2.2	2.1	110	2.2	2.0	100	2.0	2.0	100	2.0	2.0	100	2.0	2.0	100	2.0	1.8	125	2.5	2.4	95	1.9	1.8	110	2.2	1.9	115	2.3	2.3	95	1.9	1.8	95	1.9	1.9
		4	125	2.5	2.1	105	2.1	2.0	105	2.1	2.0	105	2.1	2.0	105	2.1	2.0	110	2.2	1.9	125	2.5	2.4	100	2.0	1.9	110	2.2	1.9	120	2.4	2.3	95	1.9	1.8	100	2.0	1.9
	3	1	95	1.9	2.2	95	1.9	2.0	95	1.9	2.0	95	1.9	2.0	105	2.1	2.0	80	1.6	1.9	115	2.3	2.4	90	1.8	1.9	70	1.4	2.1	110	2.2	2.3	90	1.8	1.8	95	1.9	1.9
		2	110	2.2	2.2	100	2	2.0	95	1.9	2.0	100	2.0	2.0	95	1.9	2.0	85	1.7	2.0	115	2.3	2.4	90	1.8	1.9	80	1.6	2.1	110	2.2	2.3	90	1.8	1.8	90	1.8	1.9
		3	115	2.3	2.2	100	2	2.0	100	2.0	2.0	100	2.0	2.0	100	2.0	2.0	95	1.9	2.0	120	2.4	2.4	95	1.9	1.9	95	1.9	2.1	115	2.3	2.3	90	1.8	1.8	95	1.9	1.9
		4	120	2.4	2.2	105	2.1	2.1	100	2.0	2.0	105	2.1	2.1	105	2.1	2.0	110	2.2	2.1	125	2.5	2.4	95	1.9	1.9	105	2.1	2.1	120	2.4	2.3	100	2	1.9	100	2.0	1.9
	4	1	100	2.0	2.3	95	1.9	2.1	95	1.9	2.0	95	1.9	2.1	95	1.9	2.1	85	1.7	2.1	115	2.3	2.5	95	1.9	1.9	75	1.5	2.1	110	2.2	2.3	85	1.7	1.9	90	1.8	1.9
		2	110	2.2	2.3	100	2	2.1	100	2.0	2.1	100	2.0	2.1	100	2.0	2.1	85	1.7	2.1	120	2.4	2.5	95	1.9	1.9	85	1.7	2.1	110	2.2	2.3	90	1.8	1.9	90	1.8	2.0
		3	115	2.3	2.4	105	2.1	2.1	100	2.0	2.1	100	2.0	2.1	100	2.0	2.1	90	1.8	2.2	120	2.4	2.5	90	1.8	1.9	90	1.8	2.2	115	2.3	2.4	90	1.8	1.9	95	1.9	2.0
		4	105	2.1	2.5	95	1.9	2.2	95	1.9	2.1	95	1.9	2.1	90	1.8	2.1	100	2.0	2.2	120	2.4	2.5	90	1.8	2.0	105	2.1	2.2	115	2.3	2.4	95	1.9	2	95	1.9	2.0
		q 25%= 1.85		q 25%= 1.9		q 25%= 1.9		q 25%= 1.9		q 25%= 1.7		q 25%= 2.3		q 25%= 1.8		q 25%= 1.5		q 25%= 2.2		q 25%= 1.7		q 25%= 1.8																
		q a= 2.13		q a= 2		q a= 2		q a= 2		q a= 1.9		q a= 2.4		q a= 1.9		q a= 1.89		q a= 2.3		q a= 1.8		q a= 1.88																
		CUC= 87.1		CUC= 95		CUC= 96		CUC= 96		CUC= 94		CUC= 87		CUC= 96		CUC= 96		CUC= 79.2		CUC= 95		CUC= 95		CUC= 95.7														

En la presente tabla se muestran los resultados obtenidos en el lote 1 norte.

LADO SUR																																					
Riegos																																					
línea	1	Q=l/h	2	Q=l/h	3	Q=l/h	4	Q=l/h	5	Q=l/h	6	Q=l/h	7	Q=l/h	8	Q=l/h	9	Q=l/h	10	Q=l/h	11	Q=l/h	12	Q=l/h													
Lote 1	1	90	1.8	1.8	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8	90	1.8	1.5	90	1.8	1.6	85	1.7	1.7	120	1.8	1.8	80	1.6	1.6	75	1.5	1.5	105	2.1	2.1	85	1.7	1.7	85	1.7	1.7
		90	1.8	1.8	100	2.0	1.9	90	1.8	1.8	95	1.9	1.7	90	1.8	1.7	95	1.9	1.9	120	2.4	2.2	90	1.8	1.7	85	1.7	1.7	115	2.3	2.1	90	1.8	1.7	95	1.9	1.7
		95	1.9	1.9	100	2.0	1.9	95	1.9	1.9	95	1.9	1.8	90	1.8	1.7	105	2.1	1.9	120	2.4	2.3	90	1.8	1.7	100	2.0	1.8	120	2.4	2.1	95	1.9	1.7	100	2.0	1.7
		110	2.2	1.9	100	2.0	1.9	95	1.9	1.9	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8	110	2.2	2	125	2.5	2.3	90	1.8	1.8	105	2.1	1.8	120	2.4	2.1	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8
	2	100	2	1.9	100	2.0	1.9	95	1.9	1.9	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8	95	1.9	2	120	2.4	2.3	90	1.8	1.8	90	1.8	1.9	110	2.2	2.2	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8
		95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	105	2.1	2	115	2.3	2.4	90	1.8	1.8	90	1.8	1.9	115	2.3	2.2	95	1.9	1.8	85	1.7	1.8
		105	2.1	2	100	2.0	2.0	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	90	1.8	1.8	105	2.1	2.1	120	2.4	2.4	95	1.9	1.8	95	1.9	1.9	110	2.2	2.2	90	1.8	1.8	85	1.7	1.8
		110	2.2	2	100	2.0	2.0	100	2.0	1.9	95	1.9	1.9	95	1.9	1.8	110	2.2	2.1	125	2.5	2.4	95	1.9	1.8	100	2.0	2.0	115	2.3	2.3	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8
	3	105	2.1	2	90	1.8	2.0	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	85	1.7	1.8	105	2.1	2.1	115	2.3	2.4	85	1.7	1.8	95	1.9	2.0	105	2.1	2.3	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8
		105	2.1	2.1	95	1.9	2.0	95	1.9	1.9	90	1.8	1.9	90	1.8	1.8	100	2	2.1	110	2.2	2.4	90	1.8	1.9	95	1.9	2.0	105	2.1	2.3	85	1.7	1.8	90	1.8	1.8
		110	2.2	2.1	105	2.1	2.0	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	90	1.8	1.8	110	2.2	2.2	120	2.4	2.4	95	1.9	1.9	100	2.0	2.0	115	2.3	2.3	95	1.9	1.9	90	1.8	1.9
		115	2.3	2.1	105	2.1	2.0	105	2.1	1.9	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	115	2.3	2.2	125	2.5	2.4	100	2.0	1.9	105	2.1	2.0	120	2.4	2.3	100	2.0	1.9	95	1.9	1.9
	4	95	1.9	2.2	95	1.9	2.0	95	1.9	1.9	75	1.5	1.9	80	1.6	1.9	100	2	2.2	120	2.4	2.5	95	1.9	1.9	100	2.0	2.0	110	2.2	2.4	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9
		95	1.9	2.2	95	1.9	2.1	95	1.9	2.0	85	1.7	1.9	85	1.7	1.9	100	2	2.2	115	2.3	2.5	85	1.7	2.0	100	2.0	2.1	105	2.1	2.4	85	1.7	1.9	90	1.8	1.9
		100	2	2.2	100	2.0	2.1	95	1.9	2.0	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	110	2.2	2.3	120	2.4	2.5	100	2.0	2.0	100	2.0	2.1	115	2.3	2.4	90	1.8	2.0	95	1.9	2.0
		100	2	2.3	105	2.1	2.1	100	2.0	2.1	100	2	2	95	1.9	1.9	115	2.3	2.3	125	2.5	2.5	100	2.0	2.0	110	2.2	2.2	120	2.4	2.4	100	2.0	2.0	100	2.0	2.0
	q 25%=	1.85	q 25%	2	q 25%	1.9	q 25%	1.7	q 25%=	1.7	q 25%=-	1.9	q 25%=-	2.2	q 25%	1.7	q 25%	1.7	q 25%	2.1	q 25%	1.7	q 25%=-	1.7	q 25%=-	1.7	q 25%=-	1.7	q 25%=-	1.7	q 25%=-	1.7	q 25%=-	1.7	q 25%=-	1.7	
	q a=	2.03	q a=	2	q a=	1.9	q a=	1.8	q a=	1.81	q a=	2.1	q a=	2.4	q a=	1.8	q a=	1.9	q a=	2.3	q a=	1.8	q a=	1.8	q a=	1.8	q a=	1.8	q a=	1.8	q a=	1.8	q a=	1.8	q a=	1.8	
	CUC=	91.4	CUC=	95	CUC=	97	CUC=	92	CUC=	94.1	CUC=	90	CUC=	91	CUC=	93	CUC=	88	CUC=	93	CUC=	94	CUC=	94	CUC=	94	CUC=	94	CUC=	94	CUC=	94	CUC=	94	CUC=	94	

En la presente tabla se muestran los resultados obtenidos en el lote 1 sur.

LADO NORTE																																							
linea	Goteo	Riegos																																					
		1	Q=l/h	2	Q=l/h	3	Q=l/h	4	Q=l/h	5	Q=l/h	6	Q=l/h	7	Q=l/h	8	Q=l/h	9	Q=l/h	10	Q=l/h	11	Q=l/h	12	Q=l/h														
Lote 12	1	1	115	2.3	2	125	2.5	2.2	105	2.1	1.8	110	2.2	1.8	110	2.2	1.8	100	2	2	105	2.1	2.1	105	2.1	2.1	110	2.2	2.1	115	2.3	2.2	90	1.8	1.7	90	1.8	1.7	
		2	100	2	2	110	2.2	2.2	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	100	2	2	105	2.1	2.1	105	2.1	2.1	105	2.1	2.1	110	2.2	2.2	85	1.7	1.7	90	1.8	1.8	
		3	110	2.2	2	115	2.3	2.2	95	1.9	1.9	100	2	1.9	100	2	1.9	105	2.1	2	110	2.2	2.1	115	2.3	2.2	115	2.3	2.1	120	2.4	2.3	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8	
		4	110	2.2	2	115	2.3	2.2	95	1.9	1.9	100	2	1.9	100	2	1.9	105	2.1	2	115	2.3	2.1	115	2.3	2.2	115	2.3	2.2	120	2.4	2.3	90	1.8	1.8	105	2.1	1.8	
	2	1	100	2	2.1	115	2.3	2.2	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	100	2	2	105	2.1	2.1	110	2.2	2.2	105	2.1	2.2	115	2.3	2.3	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	
		2	105	2.1	2.1	115	2.3	2.3	95	1.9	1.9	100	2	1.9	95	1.9	1.9	100	2	2	110	2.2	2.2	110	2.2	2.2	110	2.2	2.2	120	2.4	2.3	90	1.8	1.8	95	1.9	1.8	
		3	105	2.1	2.1	115	2.3	2.3	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	100	2	2	110	2.2	2.2	110	2.2	2.2	110	2.2	2.2	120	2.4	2.3	90	1.8	1.8	95	1.9	1.8	
		4	110	2.2	2.1	120	2.4	2.3	100	2	1.9	100	2	1.9	105	2.1	1.9	105	2.1	2	105	2.1	2.2	110	2.2	2.2	110	2.2	2.2	115	2.3	2.3	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	
	3	1	100	2	2.1	110	2.2	2.3	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	100	2	2	110	2.2	2.2	110	2.2	2.2	105	2.1	2.2	110	2.2	2.4	85	1.7	1.8	85	1.7	1.8	
		2	110	2.2	2.2	115	2.3	2.3	100	2	1.9	95	1.9	2	95	1.9	1.9	105	2.1	2	115	2.3	2.2	110	2.2	2.2	110	2.2	2.2	120	2.4	2.4	95	1.9	1.8	95	1.9	1.9	
		3	105	2.1	2.2	115	2.3	2.3	95	1.9	1.9	95	1.9	2	95	1.9	2	100	2	2.1	110	2.2	2.2	110	2.2	2.2	110	2.2	2.2	115	2.3	2.4	90	1.8	1.8	90	1.8	1.9	
		4	110	2.2	2.2	120	2.4	2.3	100	2	1.9	100	2	2	100	2	2	105	2.1	2.1	115	2.3	2.2	115	2.3	2.2	110	2.2	2.2	120	2.4	2.4	90	1.8	1.8	95	1.9	1.9	
	4	1	105	2.1	2.2	110	2.2	2.3	95	1.9	2	95	1.9	2	95	1.9	2	100	2	2.1	110	2.2	2.2	110	2.2	2.3	110	2.2	2.2	120	2.4	2.4	90	1.8	1.8	90	1.8	1.9	
		2	100	2	2.2	110	2.2	2.4	95	1.9	2	95	1.9	2	95	1.9	2	100	2	2.1	105	2.1	2.3	110	2.2	2.3	110	2.2	2.2	115	2.3	2.4	90	1.8	1.8	90	1.8	1.9	
		3	105	2.1	2.2	110	2.2	2.4	95	1.9	2	95	1.9	2	95	1.9	2.1	100	2	2.1	110	2.2	2.3	110	2.2	2.3	110	2.2	2.3	120	2.4	2.4	90	1.8	1.9	95	1.9	1.9	
		4	110	2.2	2.3	115	2.3	2.5	95	1.9	2.1	100	2	2.2	100	2	2.2	105	2.1	2.1	110	2.2	2.3	115	2.3	2.3	110	2.2	2.3	115	2.3	2.4	90	1.8	1.9	95	1.9	2.1	
		q 25%=	2	q 25%=	2.2	q 25%=	1.9	q 25%=	1.9	q 25%=	1.9	q 25%=	2	q 25%=	2.1	q 25%=	2.2	q 25%=	2.13	q 25%=	2.3	q 25%=	1.8	q 25%=	1.78														
		q a=	2.13	q a=	2.3	q a=	1.9	q a=	1.9	q a=	1.9	q a=	2	q a=	2.2	q a=	2.2	q a=	2.19	q a=	2.3	q a=	1.8	q a=	1.85														
		CUC=	94.1	CUC=	96	CUC=	96	CUC=	95	CUC=	95	CUC=	98	CUC=	96	CUC=	97	CUC=	96.9	CUC=	96	CUC=	97	CUC=	95.9														

En la presente tabla se muestran los resultados obtenidos en el lote 12 norte.



LADO NORTE																																			
linea	Goteo	Riegos																																	
		1	Q=l/h	2	Q=l/h	3	Q=l/h	4	Q=l/h	5	Q=l/h	6	Q=l/h	7	Q=l/h	8	Q=l/h	9	Q=l/h	10	Q=l/h	11	Q=l/h	12	Q=l/h										
Lote 24	1	1	105	2.1	2.1	120	2.4	2.2	120	2.4	2.2	100	2	1.9	100	2	1.9	100	2	1.9	100	2	1.9	100	2	1.9	100	2	1.8	100	2	1.9			
		2	115	2.3	2.1	120	2.4	2.3	120	2.4	2.3	100	2	1.9	105	2.1	1.9	105	2.1	1.9	100	2	1.9	100	2	2	100	2	1.9	100	2	2			
		3	115	2.3	2.1	120	2.4	2.4	120	2.4	2.4	105	2.1	2	100	2	2	100	2	2	105	2.1	2	100	2	2	100	2	2	105	2.1	2	105	2.1	2
		4	115	2.3	2.2	125	2.5	2.4	125	2.5	2.4	110	2.2	2	100	2	2	105	2.1	2	100	2	2	105	2.1	2	105	2.1	2	105	2.1	2	105	2.1	2
	2	1	105	2.1	2.2	110	2.2	2.4	110	2.2	2.4	95	1.9	2	95	1.9	2	95	1.9	2	95	1.9	2	95	1.9	2	95	1.9	2	95	1.9	2	95	1.9	2
		2	110	2.2	2.2	120	2.4	2.4	120	2.4	2.4	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2
		3	115	2.3	2.3	120	2.4	2.4	120	2.4	2.4	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	105	2.1	2
		4	115	2.3	2.3	120	2.4	2.4	120	2.4	2.4	100	2	2	105	2.1	2	105	2.1	2	105	2.1	2	105	2.1	2	105	2.1	2	105	2.1	2	110	2.2	2
	3	1	115	2.3	2.3	120	2.4	2.4	120	2.4	2.4	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2
		2	115	2.3	2.3	120	2.4	2.4	120	2.4	2.4	105	2.1	2	105	2.1	2	105	2.1	2	105	2.1	2	105	2.1	2	105	2.1	2	105	2.1	2	105	2.1	2
		3	115	2.3	2.3	120	2.4	2.4	120	2.4	2.4	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	105	2.1	2	100	2	2.1
		4	115	2.3	2.3	120	2.4	2.4	120	2.4	2.4	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2.1
4	1	110	2.2	2.3	120	2.4	2.4	120	2.4	2.4	100	2	2.1	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2.1	105	2.1	2.1	
	2	110	2.2	2.3	120	2.4	2.4	120	2.4	2.4	100	2	2.1	100	2	2.1	100	2	2.1	100	2	2.1	100	2	2.1	100	2	2.1	100	2	2.1	100	2	2.1	
	3	105	2.1	2.3	115	2.3	2.4	115	2.3	2.4	95	1.9	2.1	95	1.9	2.1	95	1.9	2.1	100	2	2.1	95	1.9	2.1	100	2	2.1	95	1.9	2.1	100	2	2.1	
	4	115	2.3	2.3	120	2.4	2.5	120	2.4	2.5	105	2.1	2.2	100	2	2.1	100	2	2.1	100	2	2.1	100	2	2.1	100	2	2.1	100	2	2.1	105	2.1	2.2	
		q 25%=	2.13		q 25%=	2.3		q 25%=	2.3		q 25%=	2		q 25%=	2		q 25%=	2		q 25%=	1.98		q 25%=	2		q 25%=	2		q 25%=	1.98		q 25%=	2		
		q a=	2.24		q a=	2.4		q a=	2.4		q a=	2		q a=	2		q a=	2		q a=	2.01		q a=	2		q a=	2		q a=	2		q a=	2.04		
		CUC=	94.7		CUC=	97		CUC=	97		CUC=	97		CUC=	97		CUC=	97		CUC=	98		CUC=	97		CUC=	98.4		CUC=	98		CUC=	96.9		

En la presente tabla se muestran los resultados obtenidos en el lote 24 norte.

LADO SUR																																						
Lote	linea	Riegos																																				
		1	Q=/h	2	Q=/h	3	Q=/h	4	Q=/h	5	Q=/h	6	Q=/h	7	Q=/h	8	Q=/h	9	Q=/h	10	Q=/h	11	Q=/h	12	Q=/h													
24	1	1	95	1.9	1.9	110	2	2.2	110	2.2	2.1	90	1.8	1.8	95	1.9	1.9	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	95	1.9	1.9	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8	95	1.9	1.8	100	2	1.8
		2	110	2.2	2	115	2	2.2	120	2.4	2.2	100	2	1.8	100	2	1.9	100	2	1.8	100	2	1.9	100	2	1.9	100	2	1.9	90	1.8	1.8	100	2	1.9	100	2	1.9
		3	110	2.2	2.1	120	2	2.2	120	2.4	2.2	100	2	1.9	100	2	1.9	100	2	1.8	100	2	1.9	100	2	1.9	100	2	1.9	100	2	1.9	100	2	1.9	100	2	1.9
		4	115	2.3	2.2	120	2	2.3	120	2.4	2.3	100	2	2	100	2	2	100	2	1.9	100	2	2	100	2	2	100	2	1.9	100	2	1.9	100	2	1.9	100	2	2
	2	1	100	2	2.2	110	2	2.3	105	2.1	2.4	90	1.8	2	95	1.9	2	90	1.8	2	95	1.9	2	95	1.9	2	95	1.9	2	95	1.9	2	95	1.9	2	95	1.9	2
		2	110	2.2	2.2	115	2	2.3	120	2.4	2.4	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	95	1.9	2	100	2	2	95	1.9	2	95	1.9	2
		3	110	2.2	2.2	120	2	2.4	120	2.4	2.4	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	105	2.1	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2
		4	115	2.3	2.3	120	2	2.4	120	2.4	2.4	105	2.1	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	105	2.1	2	100	2	2	100	2	2	110	2.2	2
	3	1	115	2.3	2.3	115	2	2.4	115	2.3	2.4	100	2	2	100	2	2	95	1.9	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2
		2	120	2.4	2.3	125	3	2.4	125	2.5	2.4	105	2.1	2	105	2.1	2	100	2	2	105	2.1	2	100	2	2	105	2.1	2	105	2.1	2	100	2	2	100	2	2
		3	115	2.3	2.3	125	3	2.4	125	2.5	2.4	105	2.1	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	105	2.1	2	100	2	2	100	2	2
		4	115	2.3	2.3	120	2	2.4	120	2.4	2.4	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2
	4	1	105	2.1	2.3	110	2	2.4	110	2.2	2.4	95	1.9	2	95	1.9	2	90	1.8	2	95	1.9	2	95	1.9	2	90	1.8	2	95	1.9	2	90	1.8	2	90	1.8	2
		2	115	2.3	2.3	120	2	2.4	120	2.4	2.4	100	2	2.1	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2.1	100	2	2	100	2	2	100	2	2
		3	115	2.3	2.3	120	2	2.5	120	2.4	2.5	100	2	2.1	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2.1	100	2	2.1	100	2	2	100	2	2
		4	115	2.3	2.4	120	2	2.5	120	2.4	2.5	100	2	2.1	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2	100	2	2.1	100	2	2.1	100	2	2	100	2	2.2
		q 25%=	2.05		q 25%	2		q 25%	2.2		q 25%	1.9		q 25%=	1.93		q 25%=-	1.8		q 25%	1.9		q 25%	1.9		q 25%	1.9		q 25%	1.9		q 25%	1.9		q 25%=-	1.9		
		q a=	2.23		q a=	2		q a=	2.4		q a=	2		q a=	1.99		q a=	2		q a=	2		q a=	2		q a=	2		q a=	2		q a=	2		q a=	2		
		CUC=	92.1		CUC=	94		CUC=	93		CUC=	94		CUC=	96.9		CUC=	93		CUC=	96		CUC=	97		CUC=	94		CUC=	94		CUC=	95		CUC=	96		

En la presente tabla se muestran los resultados obtenidos en el lote 24 Sur.

		LADO NORTE																																							
linea	Goteo	Riegos																																							
		1	Q=l/h	2	Q=l/h	3	Q=l/h	4	Q=l/h	5	Q=l/h	6	Q=l/h	7	Q=l/h	8	Q=l/h	9	Q=l/h	10	Q=l/h	11	Q=l/h	12	Q=l/h																
Lote 26	1	1	90	1.8	1.8	100	2	2	105	2.1	2.1	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	85	1.7	1.7	85	1.7	1.2	95	1.9	1.5	90	1.8	1.8	85	1.7	1.7	90	1.8	1.8	85	1.7	1.7			
		2	105	2.1	1.9	110	2.2	2	115	2.3	2.1	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	85	1.7	1.6	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.7	90	1.8	1.8	90	1.8	1.7			
		3	105	2.1	1.9	110	2.2	2.1	115	2.3	2.2	100	2	1.8	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8	60	1.2	1.6	75	1.5	1.8	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.7
		4	105	2.1	2.1	110	2.2	2.1	115	2.3	2.2	95	1.9	1.9	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.6	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8
	2	1	105	2.1	2.1	105	2.1	2.1	115	2.3	2.2	95	1.9	1.9	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	85	1.7	1.7	95	1.9	1.9	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8
		2	105	2.1	2.1	110	2.2	2.1	110	2.2	2.2	95	1.9	1.9	90	1.8	1.8	95	1.9	1.8	90	1.8	1.7	95	1.9	1.9	90	1.8	1.8	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8
		3	105	2.1	2.1	110	2.2	2.2	115	2.3	2.2	95	1.9	1.9	90	1.8	1.8	95	1.9	1.8	90	1.8	1.7	95	1.9	1.9	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8
		4	110	2.2	2.1	110	2.2	2.2	115	2.3	2.2	100	2	1.9	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8	95	1.9	1.7	90	1.8	1.9	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8
	3	1	105	2.1	2.1	105	2.1	2.2	110	2.2	2.2	90	1.8	1.9	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	80	1.6	1.7	95	1.9	1.9	90	1.8	1.8	85	1.7	1.8	90	1.8	1.8	85	1.7	1.8	90	1.8	1.8
		2	105	2.1	2.1	110	2.2	2.2	115	2.3	2.3	100	2	1.9	95	1.9	1.8	95	1.9	1.9	95	1.9	1.8	95	1.9	1.9	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8
		3	105	2.1	2.1	105	2.1	2.2	105	2.1	2.3	100	2	1.9	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	95	1.9	1.8	100	2	1.9	95	1.9	1.9	95	1.9	1.8	95	1.9	1.9	90	1.8	1.8	95	1.9	1.9
		4	105	2.1	2.1	110	2.2	2.2	110	2.2	2.3	100	2	2	95	1.9	1.9	90	1.8	1.9	90	1.8	1.8	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	90	1.8	1.8	100	2	1.9	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8
4	1	95	1.9	2.1	105	2.1	2.2	110	2.2	2.3	95	1.9	2	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	80	1.6	1.8	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	95	1.9	1.9	85	1.7	1.8	95	1.9	1.8	
	2	95	1.9	2.1	100	2	2.2	110	2.2	2.3	90	1.8	2	90	1.8	1.9	95	1.9	1.9	80	1.6	1.9	95	1.9	1.9	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	90	1.8	1.8	
	3	105	2.1	2.1	110	2.2	2.2	110	2.2	2.3	95	1.9	2	95	1.9	1.9	90	1.8	1.9	85	1.7	1.9	100	2	2	95	1.9	1.9	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	90	1.8	1.8	
	4	105	2.1	2.2	110	2.2	2.2	110	2.2	2.3	95	1.9	2	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	85	1.7	1.9	95	1.9	2	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	90	1.8	2	90	1.8	1.9	
		q 25%=	1.93	q 25%=	2.1	q 25%=	2.2	q 25%=	1.8	q 25%=	1.8	q 25%=	1.5	q 25%=	1.7	q 25%=	1.8	q 25%=	1.8	q 25%=	1.8	q 25%=	1.73																		
		q a=	2.06	q a=	2.2	q a=	2.2	q a=	1.9	q a=	1.8	q a=	1.8	q a=	1.8	q a=	1.84	q a=	1.8	q a=	1.8	q a=	1.8	q a=	1.79																
		CUC=	93.3	CUC=	95	CUC=	96	CUC=	95	CUC=	98	CUC=	97	CUC=	88	CUC=	92	CUC=	98	CUC=	97	CUC=	98	CUC=	97	CUC=	98	CUC=	96.5												

En la presente tabla se muestran los resultados obtenidos en el lote 26 norte.

LADO SUR																																						
Lote	linea	Riegos																																				
		1	Q=I/h	2	Q=I/h	3	Q=I/h	4	Q=I/h	5	Q=I/h	6	Q=I/h	7	Q=I/h	8	Q=I/h	9	Q=I/h	10	Q=I/h	11	Q=I/h	12	Q=I/h													
26	1	1	95	1.9	1.3	105	2	1.9	100	2	1.9	85	1.7	1.5	85	1.7	1.4	85	1.7	1.4	85	2.3	1.4	80	1.6	1.5	85	1.7	1.5	85	1.7	1.5	90	1.8	1.5	85	1.7	1.5
		2	95	1.9	1.8	100	2	1.9	100	2	1.9	80	1.6	1.5	80	1.6	1.5	75	1.5	1.5	80	1.6	1.5	80	1.6	1.5	85	1.7	1.5	85	1.7	1.6	85	1.7	1.5	90	1.8	1.5
		3	65	1.3	1.8	100	2	2	95	1.9	1.9	75	1.5	1.6	70	1.4	1.6	70	1.4	1.5	70	1.4	1.5	75	1.5	1.5	75	1.5	1.6	75	1.5	1.6	75	1.5	1.6	75	1.5	1.5
		4	105	2.1	1.9	110	2	2	105	2.1	2	90	1.8	1.6	90	1.8	1.6	85	1.7	1.6	85	1.7	1.6	90	1.8	1.6	90	1.8	1.6	90	1.8	1.6	95	1.9	1.6	90	1.8	1.6
	2	1	95	1.9	1.9	100	2	2	100	2	2	80	1.6	1.6	80	1.6	1.6	80	1.6	1.6	80	1.6	1.6	75	1.5	1.6	80	1.6	1.7	80	1.6	1.7	80	1.6	1.7	75	1.5	1.6
		2	100	2	1.9	105	2	2.1	105	2.1	2	90	1.8	1.7	85	1.7	1.7	85	1.7	1.6	85	1.7	1.6	85	1.7	1.6	90	1.8	1.7	90	1.8	1.7	90	1.8	1.7	85	1.7	1.7
		3	105	2.1	2	110	2	2.1	105	2.1	2.1	90	1.8	1.7	90	1.8	1.7	85	1.7	1.6	85	1.7	1.6	90	1.8	1.7	90	1.8	1.7	90	1.8	1.7	90	1.8	1.8	90	1.8	1.7
		4	110	2.2	2	110	2	2.1	110	2.2	2.1	90	1.8	1.7	85	1.7	1.7	85	1.7	1.7	85	1.7	1.7	85	1.7	1.7	90	1.8	1.7	90	1.8	1.7	95	1.9	1.8	90	1.8	1.7
	3	1	90	1.8	2	95	2	2.1	95	1.9	2.1	80	1.6	1.8	80	1.6	1.7	80	1.6	1.7	75	1.5	1.7	75	1.5	1.7	75	1.5	1.7	80	1.6	1.8	75	1.5	1.8	75	1.5	1.7
		2	90	1.8	2.1	95	2	2.1	95	1.9	2.1	75	1.5	1.8	75	1.5	1.7	75	1.5	1.7	75	1.5	1.7	80	1.6	1.7	80	1.6	1.8	80	1.6	1.8	80	1.6	1.8	80	1.6	1.7
		3	105	2.1	2.1	115	2	2.2	115	2.3	2.1	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.7	90	1.8	1.7	95	1.9	1.7	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8
		4	110	2.2	2.1	115	2	2.2	110	2.2	2.1	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.7	90	1.8	1.7	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8	100	2	1.8	95	1.9	1.8
	4	1	100	2	2.1	105	2	2.2	105	2.1	2.1	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	85	1.7	1.7	85	1.7	1.8	85	1.7	1.8	85	1.7	1.8	90	1.8	1.9	80	1.6	1.8
		2	105	2.1	2.1	105	2	2.2	105	2.1	2.2	85	1.7	1.8	85	1.7	1.8	80	1.6	1.8	80	1.6	1.8	85	1.7	1.8	85	1.7	1.8	85	1.7	1.8	85	1.7	1.9	85	1.7	1.8
		3	100	2	2.2	105	2	2.3	105	2.1	2.2	85	1.7	1.9	85	1.7	1.8	80	1.6	1.8	80	1.6	1.8	85	1.7	1.9	85	1.7	1.9	90	1.8	1.8	90	1.8	1.9	85	1.7	1.8
		4	105	2.1	2.2	110	2	2.3	105	2.1	2.3	90	1.8	1.9	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	85	1.7	2.3	85	1.7	1.9	90	1.8	1.9	90	1.8	1.8	90	1.8	2	85	1.7	1.9
		q 25%=	1.7	q 25%	2	q 25%	1.9	q 25%	1.6	q 25%=	1.53	q 25%=-	1.5	q 25%=-	1.6	q 25%=-	1.6	q 25%=-	1.6	q 25%=-	1.6	q 25%=-	1.6	q 25%=-	1.6	q 25%=-	1.6	q 25%=-	1.5									
		q a=	1.97	q a=	2	q a=	2.1	q a=	1.7	q a=	1.69	q a=	1.7	q a=	1.7	q a=	1.8	q a=	1.7	q a=	1.7	q a=	1.7															
		CUC=	86.3	CUC=	93	CUC=	93	CUC=	90	CUC=	90.4	CUC=	91	CUC=	89	CUC=	90	CUC=	90	CUC=	90	CUC=	92	CUC=	88	CUC=	90	CUC=	88	CUC=	90	CUC=	90	CUC=	90			

En la presente tabla se muestran los resultados obtenidos en el lote 26 sur.

LADO NORTE																																						
linea	Goteo	Riegos																																				
		1	Q=l/h	2	Q=l/h	3	Q=l/h	4	Q=l/h	5	Q=l/h	6	Q=l/h	7	Q=l/h	8	Q=l/h	9	Q=l/h	10	Q=l/h	11	Q=l/h	12	Q=l/h													
Lote 38	1	1	100	2	1.5	105	2.1	1.9	110	2.2	2	90	1.8	1.6	90	1.8	1.6	90	1.8	1.6	90	1.8	1.6	90	1.8	1.6	80	1.6	1.5	80	1.6	1.5	95	1.9	1.6			
		2	100	2	1.9	105	2.1	2	110	2.2	2	90	1.8	1.7	90	1.8	1.7	90	1.8	1.7	90	1.8	1.7	90	1.8	1.6	80	1.6	1.5	80	1.6	1.5	90	1.8	1.7			
		3	100	2	1.9	105	2.1	2.1	110	2.2	2.1	90	1.8	1.7	90	1.8	1.8	90	1.8	1.7	90	1.8	1.7	90	1.8	1.7	80	1.6	1.6	80	1.6	1.6	95	1.9	1.7			
		4	100	2	1.9	105	2.1	2.1	105	2.1	2.1	90	1.8	1.7	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.7	90	1.8	1.7	90	1.8	1.8	80	1.6	1.6	80	1.6	1.6	90	1.8	1.8
	2	1	100	2	1.9	105	2.1	2.1	105	2.1	2.1	85	1.7	1.7	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	85	1.7	1.7	90	1.8	1.8	75	1.5	1.6	75	1.5	1.6	90	1.8	1.8			
		2	105	2.1	2	110	2.2	2.1	115	2.3	2.1	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8	95	1.9	1.7	95	1.9	1.8	85	1.7	1.6	85	1.7	1.6	95	1.9	1.8
		3	100	2	2	105	2.1	2.1	105	2.1	2.1	85	1.7	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	85	1.7	1.8	90	1.8	1.7	90	1.8	1.8	80	1.6	1.6	80	1.6	1.6	90	1.8	1.8
		4	100	2	2	110	2.2	2.1	110	2.2	2.1	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	80	1.6	1.6	80	1.6	1.6	90	1.8	1.8
	3	1	95	1.9	2	100	2	2.1	100	2	2.2	85	1.7	1.8	85	1.7	1.8	85	1.7	1.8	85	1.7	1.8	85	1.7	1.8	80	1.6	1.6	80	1.6	1.6	85	1.7	1.8			
		2	95	1.9	2	105	2.1	2.1	110	2.2	2.2	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	80	1.6	1.6	80	1.6	1.6	90	1.8	1.8
		3	95	1.9	2	105	2.1	2.1	105	2.1	2.2	85	1.7	1.8	90	1.8	1.8	85	1.7	1.8	90	1.8	1.8	85	1.7	1.8	90	1.8	1.8	80	1.6	1.6	80	1.6	1.6	85	1.7	1.8
		4	100	2	2	105	2.1	2.1	110	2.2	2.2	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	80	1.6	1.8	80	1.6	1.6	80	1.6	1.6	90	1.8	1.9
	4	1	75	1.5	2	95	1.9	2.1	100	2	2.2	80	1.6	1.8	80	1.6	1.8	80	1.6	1.8	80	1.6	1.8	80	1.6	1.8	75	1.5	1.6	75	1.5	1.6	80	1.6	1.9			
		2	95	1.9	2	105	2.1	2.2	110	2.2	2.2	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	85	1.7	1.8	90	1.8	1.8	80	1.6	1.6	80	1.6	1.6	95	1.9	1.9
		3	100	2	2	110	2.2	2.2	105	2.1	2.2	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	95	1.9	1.9	90	1.8	1.8	85	1.7	1.8	90	1.8	1.8	80	1.6	1.6	80	1.6	1.6	95	1.9	1.9
		4	100	2	2.1	105	2.1	2.2	105	2.1	2.3	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	85	1.7	1.9	85	1.7	1.9	90	1.8	1.9	80	1.6	1.7	80	1.6	1.7	90	1.8	1.9
		q 25%=	1.8	q 25%=	2	q 25%=	2.1	q 25%	1.7	q 25%=	1.7	q 25%=	1.7	q 25%	1.7	q 25%=	1.68	q 25%=	1.6	q 25%=	1.6	q 25%=	1.6	q 25%=	1.6	q 25%=	1.7											
		q a=	1.95	q a=	2.1	q a=	2.1	q a=	1.8	q a=	1.8	q a=	1.8	q a=	1.8	q a=	1.78	q a=	1.6	q a=	1.6	q a=	1.6	q a=	1.81													
		CUC=	92.3	CUC=	96	CUC=	96	CUC=	95	CUC=	97	CUC=	95	CUC=	95	CUC=	94.4	CUC=	97	CUC=	97	CUC=	97	CUC=	97	CUC=	97	CUC=	94.1									

En la presente tabla se muestran los resultados obtenidos en el lote 38 norte.

LADO SUR																																						
Lote	linea	Riegos																																				
		1	Q=/h	2	Q=/h	3	Q=/h	4	Q=/h	5	Q=/h	6	Q=/h	7	Q=/h	8	Q=/h	9	Q=/h	10	Q=/h	11	Q=/h	12	Q=/h													
38	1	1	80	1.6	1.3	100	2	1.8	100	2	1.2	80	1.6	0.8	80	1.6	1.6	75	1.5	1.5	75	1.5	1.5	80	1.6	1.6	85	1.7	1.7	75	1.5	1.5	75	1.5	1.5	80	1.6	1.6
		2	95	1.9	1.6	95	2	1.9	60	1.2	1.6	85	1.7	1.6	85	1.7	1.7	85	1.7	1.7	80	1.6	1.6	85	1.7	1.6	85	1.7	1.7	85	1.7	1.7	85	1.7	1.7	90	1.8	1.7
		3	100	2	1.9	110	2	2	110	2.2	2	90	1.8	1.7	95	1.9	1.7	90	1.8	1.6	85	1.7	1.6	95	1.9	1.7	90	1.8	1.7	90	1.8	1.7	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8
		4	100	2	1.9	110	2	2	110	2.2	2.1	90	1.8	1.7	95	1.9	1.7	90	1.8	1.7	85	1.7	1.6	95	1.9	1.7	95	1.9	1.7	90	1.8	1.8	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8
	2	1	95	1.9	1.9	110	2	2.1	110	2.2	2.1	90	1.8	1.7	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	80	1.6	1.7	85	1.7	1.6	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8
		2	100	2	1.9	110	2	2.2	110	2.2	2.2	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8	95	1.9	1.8	90	1.8	1.7	85	1.7	1.6	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8
		3	100	2	1.9	90	2	2.2	80	1.6	2.2	40	0.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.7	85	1.7	1.6	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8
		4	65	1.3	2	110	2	2.2	110	2.2	2.2	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8	95	1.9	1.8	90	1.8	1.7	85	1.7	1.7	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8	100	2	1.8
	3	1	95	1.9	2	105	2	2.2	105	2.1	2.2	85	1.7	1.8	85	1.7	1.8	85	1.7	1.8	85	1.7	1.8	80	1.6	1.7	85	1.7	1.8	85	1.7	1.8	85	1.7	1.8	90	1.8	1.8
		2	100	2	2	110	2	2.2	110	2.2	2.2	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	85	1.7	1.8	80	1.6	1.7	90	1.8	1.9	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.9
		3	105	2.1	2	115	2	2.2	115	2.3	2.2	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8	85	1.7	1.7	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9
		4	100	2	2	110	2	2.2	110	2.2	2.2	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.9	90	1.8	1.8	85	1.7	1.7	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	90	1.8	1.8	95	1.9	1.9
	4	1	95	1.9	2	110	2	2.2	110	2.2	2.2	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	90	1.8	1.8	80	1.6	1.7	90	1.8	1.9	95	1.9	1.9	90	1.8	1.8	95	1.9	1.9
		2	95	1.9	2	110	2	2.2	110	2.2	2.2	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	85	1.7	1.8	80	1.6	1.7	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	90	1.8	1.8	90	1.8	1.9
		3	100	2	2	110	2	2.2	110	2.2	2.2	90	1.8	1.9	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	85	1.7	1.8	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	90	1.8	1.8	90	1.8	1.9
		4	100	2	2.1	100	2	2.3	105	2.1	2.3	85	1.7	1.9	85	1.7	1.9	85	1.7	1.9	85	1.7	1.8	80	1.6	1.7	85	1.7	1.9	85	1.7	1.9	90	1.8	1.9	85	1.7	2
		q 25%=	1.68		q 25%	2		q 25%	1.7		q 25%	1.5		q 25%=	1.68		q 25%=-	1.7		q 25%=-	1.6		q 25%	1.6		q 25%	1.7		q 25%	1.7		q 25%	1.7		q 25%=-	1.7		
		q a=	1.91		q a=	2		q a=	2.1		q a=	1.7		q a=	1.79		q a=	1.8		q a=	1.7		q a=	1.7		q a=	1.8		q a=	1.8		q a=	1.8		q a=	1.8		
		CUC=	87.9		CUC=	90		CUC=	83		CUC=	84		CUC=	93.4		CUC=	92		CUC=	93		CUC=	97		CUC=	93		CUC=	92		CUC=	94		CUC=	94		

En la presente tabla se muestran los resultados obtenidos en el lote 38 sur.

		LADO NORTE																																				
		Riegos																																				
línea	Goteo	1	Q=l/h	2	Q=l/h	3	Q=l/h	4	Q=l/h	5	Q=l/h	6	Q=l/h	7	Q=l/h	8	Q=l/h	9	Q=l/h	10	Q=l/h	11	Q=l/h	12	Q=l/h													
Lote 50	1	1	100	2	2	100	2	2	90	1.8	1.7	90	1.8	1.7	85	1.7	1.6	90	1.8	1.7	90	1.8	1.7	85	1.7	1.6	85	1.7	1.6	90	1.8	1.6	90	1.8	1.7	60	1.2	1
		2	105	2.1	2	105	2.1	2	90	1.8	1.8	90	1.8	1.7	90	1.8	1.8	95	1.9	1.7	90	1.8	1.7	95	1.9	1.7	95	1.9	1.7	100	2	1.8	95	1.9	1.8	60	1.2	1.1
		3	110	2.2	2.1	110	2.2	2.1	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8	95	1.9	1.7	95	1.9	1.8	100	2	1.8	90	1.8	1.7	95	1.9	1.7	100	2	1.8	95	1.9	1.8	65	1.3	1.2
		4	110	2.2	2.1	110	2.2	2.1	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8	100	2	1.8	95	1.9	1.7	90	1.8	1.7	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8	65	1.3	1.2
	2	1	105	2.1	2.1	105	2.1	2.1	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	85	1.7	1.7	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	95	1.9	1.8	60	1.2	1.2			
		2	110	2.2	2.1	110	2.2	2.1	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8	100	2	1.9	95	1.9	1.9	90	1.8	1.7	95	1.9	1.8	100	2	1.9	100	2	1.8	65	1.3	1.2
		3	110	2.2	2.2	105	2.1	2.1	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	95	1.9	1.9	95	1.9	1.8	65	1.3	1.2
		4	115	2.3	2.2	110	2.2	2.1	95	1.9	1.9	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8	100	2	1.9	100	2	1.9	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8	100	2	1.9	100	2	1.9	65	1.3	1.3
	3	1	100	2	2.2	100	2	2.1	85	1.7	1.9	85	1.7	1.8	80	1.6	1.8	85	1.7	1.9	85	1.7	1.9	85	1.7	1.8	80	1.6	1.8	85	1.7	1.9	90	1.8	1.9	55	1.1	1.3
		2	110	2.2	2.2	110	2.2	2.2	95	1.9	1.9	90	1.8	1.8	95	1.9	1.8	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	80	1.6	1.8	90	1.8	1.8	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	65	1.3	1.3
		3	115	2.3	2.2	115	2.3	2.2	100	2	1.9	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	100	2	1.9	100	2	1.9	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8	100	2	1.9	100	2	1.9	65	1.3	1.3
		4	110	2.2	2.2	110	2.2	2.2	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	100	2	2	95	1.9	1.9	90	1.8	1.8	100	2	2	100	2	1.9	65	1.3	1.3
	4	1	110	2.2	2.2	105	2.1	2.2	95	1.9	1.9	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	100	2	2	95	1.9	2	90	1.8	1.9	90	1.8	1.8	95	1.9	2	95	1.9	2	65	1.3	1.3
		2	105	2.1	2.2	105	2.1	2.2	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	95	1.9	2	95	1.9	2	95	1.9	2	90	1.8	1.8	95	1.9	2	90	1.8	2	60	1.2	1.3
		3	105	2.1	2.3	105	2.1	2.2	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	95	1.9	2	90	1.8	2	85	1.7	1.9	85	1.7	1.9	90	1.8	2	90	1.8	2	60	1.2	1.3
		4	110	2.2	2.3	105	2.1	2.3	90	1.8	2	85	1.7	1.9	85	1.7	1.9	90	1.8	2	85	1.7	1.9	85	1.7	1.9	85	1.7	1.9	80	1.6	2	85	1.7	2	50	1	1.3
		q 25%=	2.05		q 25%=	2.1		q 25%=	1.8		q 25%	1.8		q 25%=	1.7		q 25%=	1.8		q 25%	1.8		q 25%=	1.68		q 25%=	1.7		q 25%=	1.8		q 25%=	1.13					
		q a=	2.16		q a=	2.1		q a=	1.9		q a=	1.8		q a=	1.8		q a=	1.9		q a=	1.8		q a=	1.78		q a=	1.9		q a=	1.9		q a=	1.24					
		CUC=	94.8		CUC=	96		CUC=	96		CUC=	96		CUC=	94		CUC=	94		CUC=	93		CUC=	94		CUC=	94		CUC=	92		CUC=	95		CUC=	90.9		

En la presente tabla se muestran los resultados obtenidos en el lote 50 norte.

LADO SUR																																					
Riegos																																					
línea	1	Q=/h	2	Q=/h	3	Q=/h	4	Q=/h	5	Q=/h	6	Q=/h	7	Q=/h	8	Q=/h	9	Q=/h	10	Q=/h	11	Q=/h	12	Q=/h													
Lote 50	1	70	1.4	1.2	105	2	2	90	1.8	1.7	85	1.7	1.6	85	1.7	1.6	85	1.7	1.6	90	1.8	1.7	90	1.8	1.7	90	1.8	1.7	90	1.8	1.1	60	1.2	1.1			
		85	1.7	1.4	110	2	2.1	95	1.9	1.8	80	1.6	1.6	80	1.6	1.6	95	1.9	1.7	90	1.8	1.7	95	1.9	1.7	95	1.9	1.8	95	1.9	1.8	95	1.9	1.7	65	1.3	1.2
		95	1.9	1.4	115	2	2.1	100	2	1.8	90	1.8	1.7	95	1.9	1.7	100	2	1.7	95	1.9	1.7	100	2	1.7	100	2	1.8	100	2	1.8	95	1.9	1.8	70	1.4	1.2
		100	2	1.7	115	2	2.2	100	2	1.8	95	1.9	1.8	95	1.9	1.7	100	2	1.7	95	1.9	1.8	100	2	1.8	100	2	1.8	105	2.1	1.8	100	2	1.8	70	1.4	1.2
	2	85	1.7	1.7	110	2	2.2	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	85	1.7	1.7	90	1.8	1.7	90	1.8	1.8	95	1.9	1.9	90	1.8	1.8	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8	60	1.2	1.2
		90	1.8	1.8	115	2	2.2	95	1.9	1.9	90	1.8	1.8	90	1.8	1.7	100	2	1.8	95	1.9	1.8	100	2	1.9	100	2	1.9	90	1.8	1.8	100	2	1.8	60	1.2	1.2
		60	1.2	1.8	105	2	2.2	95	1.9	1.9	90	1.8	1.8	85	1.7	1.8	95	1.9	1.8	85	1.7	1.8	85	1.7	1.9	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	90	1.8	1.8	60	1.2	1.2
		100	2	1.8	115	2	2.2	100	2	1.9	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8	95	1.9	1.8	90	1.8	1.8	100	2	1.9	95	1.9	1.9	100	2	1.9	95	1.9	1.8	70	1.4	1.2
	3	95	1.9	1.9	110	2	2.3	95	1.9	1.9	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	85	1.7	1.8	90	1.8	1.8	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	90	1.8	1.9	60	1.2	1.2
		95	1.9	1.9	115	2	2.3	95	1.9	1.9	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	100	2	1.9	100	2	1.9	65	1.3	1.3
		95	1.9	1.9	115	2	2.3	95	1.9	1.9	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.9	90	1.8	1.8	95	1.9	2	95	1.9	1.9	95	1.9	1.9	55	1.1	1.9	60	1.2	1.3
		100	2	1.9	115	2	2.3	95	1.9	1.9	90	1.8	1.8	90	1.8	1.8	90	1.8	1.9	95	1.9	1.8	100	2	2	100	2	1.9	100	2	2	100	2	1.9	65	1.3	1.3
	4	70	1.4	1.9	100	2	2.3	85	1.7	1.9	80	1.6	1.8	80	1.6	1.8	80	1.6	1.9	80	1.6	1.9	85	1.7	2	85	1.7	2	85	1.7	2	85	1.7	2	55	1.1	1.4
		90	1.8	2	115	2	2.3	95	1.9	2	95	1.9	1.9	90	1.8	1.8	90	1.8	2	90	1.8	1.9	100	2	2	95	1.9	2	95	1.9	2	95	1.9	2	70	1.4	1.4
		90	1.8	2	110	2	2.3	90	1.8	2	90	1.8	1.9	90	1.8	1.9	85	1.7	2	90	1.8	1.9	85	1.7	2	90	1.8	2	90	1.8	2	90	1.8	2	60	1.2	1.4
		95	1.9	2	110	2	2.3	90	1.8	2	90	1.8	1.9	85	1.7	1.9	85	1.7	2	90	1.8	1.9	95	1.9	2	95	1.9	2	90	1.8	2.1	90	1.8	2	60	1.2	1.4
	q 25%=	1.43		q 25%	2		q 25%	1.8		q 25%	1.7		q 25%=	1.65		q 25%=	1.7		q 25%=	1.7		q 25%	1.7		q 25%	1.8		q 25%	1.8		q 25%	1.6		q 25%=	1.2		
	q a=	1.77		q a=	2		q a=	1.9		q a=	1.8		q a=	1.76		q a=	1.8		q a=	1.8		q a=	1.9		q a=	1.9		q a=	1.9		q a=	1.8		q a=	1.3		
	CUC=	80.6		CUC=	94		CUC=	94		CUC=	94		CUC=	93.6		CUC=	92		CUC=	94		CUC=	91		CUC=	94		CUC=	94		CUC=	88		CUC=	93		

En la presente tabla se muestran los resultados obtenidos en el lote 50 sur.

## APÉNDICE B

the power of  
our peppers



ENZA ZADEN



### Orbit (E20B10138)

Tipo	Blocky
Color	Naranja
Planta	Planta vigorosa y de buen balance, de precocidad intermedia y de buen cuaje aún en condiciones de calor no extremo. Ideal para cultivo en hidroponía y/o suelo con manejo en sistema de producción Holandés o español.
Fruta	Con predominancia de los tamaños XL y L a lo largo del ciclo, sus frutos mantienen el color brillante y uniforme.
Resistencias*	AR: Tm:0-2



\*Para la explicación de los códigos de resistencias visite nuestra página en: [http://enzazaden.com.mx/AboutUs/general/gmo\\_declaracion/index.aspx](http://enzazaden.com.mx/AboutUs/general/gmo_declaracion/index.aspx).  
AR: Alta Resistencia (HR: Highly Resistance) | RM: Resistencia Moderada (R: Intermediate Resistance).  
© May 2013 | Enza Zaden México SA de CV | 01 800 ENZA ZAD | info@enzazaden.com.mx

# the power of our peppers



ENZA ZADEN



## Eurix (E20B.0071)

Tipo	Blocky
Color	Amarillo
Planta	De porte abierto con excelente vigor para hacer ciclos largos, sus cuajes son fáciles y continuos con madurez precoz.
Fruta	De color amarillo claro de forma característica blocky, mantiene los tamaños XL con una pared muy firme y gruesa.
Resistencias*	AR: 0-2



\*Para la explicación de los códigos de resistencias visite nuestra página en: [http://enzazaden.com.mx/AboutUs/general/gmo\\_declaration/index.aspx](http://enzazaden.com.mx/AboutUs/general/gmo_declaration/index.aspx).  
AR: Alta Resistencia (HR: Highly Resistance) | RM: Resistencia Moderada (R: Intermediate Resistance).  
© May 2013 | Enza Zaden México SA de CV | 01 800 ENZA ZAD | [info@enzazaden.com.mx](mailto:info@enzazaden.com.mx)

# Pimiento



## Ocelot (E20B.0117) ¡Nuevo!

**Tipo:** Blocky

**Color:** Rojo

**Planta:** De porte semi abierto, de gran fuerza y vigor con tendencia a ser muy generativa, cuenta con un fuerte sistema radicular que apoya los amarres continuos durante el ciclo además de brindarle precocidad al corte.

**Fruta:** En Ocelot predominan los tamaños XL de color rojo intenso donde se marcan muy bien los 4 lóculos que facilitan el empaque para los mercados de exportación y nacional.

**Resistencias:** AR: Tm:0-3 | RM: TSWV:0/MaMiMj

 Disponibilidad en semilla orgánica.



Todas las descripciones aquí provistas así como las recomendaciones generales de uso deberán ser consideraras solo como guía o referencia pero no constituyen una garantía de los resultados fi nal obtenidos por el usuario. El usuario deberá actuar en relación a sus circunstancias y conocimiento para el uso adecuado de estos materiales. Enza Zaden NO acepta ninguna responsabilidad por la información provista y los resultados obtenidos. Las resistencias de estas variedades pueden ser consultadas en nuestra página de Internet: [www.enzazaden.com.mx](http://www.enzazaden.com.mx).  
© Enza Zaden México SA de CV | 01 800 ENZA ZAD | [info@enzazaden.com.mx](mailto:info@enzazaden.com.mx) | agosto 2017

## APÉNDICE C



### GOTERO EN LÍNEA PCJ

GOTERO EN LÍNEA AUTOCOMPENSADO

#### APLICACIONES

- Invernaderos, viveros, cítricos, huertos, caducifolios y riego de árboles.

#### ESPECIFICACIONES

- Rango de presión de trabajo: de 0.5 a 4.0 bar
- Laberinto TurboNet™ con amplios pasos de agua.
- 7 caudales diferentes.
- 3 salidas diferentes: cilíndrica, dentada a 3 mm de DI y dentada a 4 mm de DI.
- Para "insertarse" dentro de las tuberías de pared gruesa (0.9, 1.0 y 1.2 mm.).
- Gotero inyectado, muy bajo CV.
- Diagrama de silicón inyectado.
- EL gotero en línea PCJ cumple con las normas del ISO 9261 y la producción está certificada por el Instituto de Normas de Israel (SII)

#### CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

- El laberinto TurboNet™ asegura amplios pasos de agua, su ancha, profunda y amplia sección mejora la resistencia a la obstrucción.
- El sistema PC, un sistema diferencial de presión patentado, mantiene un caudal uniforme a diferente de presión de trabajo de entrada. (dentro del rango de presión de trabajo) asegurando una distribución exacta de agua y nutrientes.
- Sistema de auto-lavado continuo, resistencia a la obstrucción mejorada.
- El gotero se puede colocar exactamente donde se desee.
- El número de goteros puede aumentarse para incrementar la cantidad de suministro de agua destinada para cumplir el rango requerido de crecimiento de árboles.
- Permite la instalación del "montaje araña", dividiendo el suministro de gotas en un número de salidas de gotas.

#### DATOS TÉCNICOS DE LOS GOTEROS

CAUDAL NOMINAL (L/H.)	RANGO DE PRESIÓN DE TRABAJO (BAR)	DIMENSIONES DE PASOS DE AGUA GROSOR-PROFUNDIDAD-LONGITUD (MM X MM X MM)	ÁREA DE FILTRACIÓN (MM²)	CONSTANTE K	EXPONENTE* X	CÓDIGO DE COLOR DE LA BASE	CÓDIGO
0.5	0.5-4.0	0.54 x 0.60 x 40	10	0.5	0	Miscana	Negro
1.2	0.5-4.0	0.67 x 0.77 x 35	2.0	1.2	0	Café	Negro
2.0	0.5-4.0	1.02 x 0.75 x 35	2.0	2.0	0	Rojo	Negro
3.0	0.5-4.0	1.03 x 1.08 x 35	2.0	3.0	0	Azul	Negro
4.0	0.5-4.0	1.22 x 0.95 x 35	2.0	4.0	0	Verde	Negro
8.0	0.5-4.0	1.60 x 1.05 x 35	2.0	8.0	0	Verde	Negro
12.0	0.5-4.0	1.60 x 1.05 x 1/5	2.0	12.0	0	Fucsia	Negro

\*Dentro del rango de presión

WWW.NETAFIM-LATINAMERICA.COM  
E-MAIL: PRODUCTS\_SOLUTIONS@NETAFIM.COM





## GOTERO EN LÍNEA PCJ

### DATOS DE DESEMPEÑO

Gotero PCJ - Tubería de polietileno de 16/2.5 - D.I. 13.60 mm. - Presión de Entrada 3.0 bar - Kd 0.39

Máxima longitud de laterales (metros)

CAUDAL (L/H)	ESPACIAMIENTO ENTRE GOTEROS (M)						
	0.25	0.5	0.75	1.0	1.5	3.0	5.0
0.5	799	500	421	321	1,000	1,261	2,420
1.7	170	289	288	475	677	966	1,390
2.0	127	208	200	342	453	770	1,006
3.0	94	160	215	264	360	515	760
4.0	78	132	179	230	291	462	650
8.0	50	85	115	141	188	297	420
12.0	30	65	89	109	144	221	325

\*Calculado en un área plana \*\*Mínimo presión considerado: 0.5 bar

Gotero PCJ - Tubería de polietileno de 20/2.5 - D.I. 17.40 mm. - Presión de Entrada 3.0 bar - Kd 0.13

Máxima longitud de laterales (metros)

CAUDAL (L/H)	ESPACIAMIENTO ENTRE GOTEROS (M)						
	0.25	0.5	0.75	1.0	1.5	3.0	5.0
0.5	532	330	1,050	1,388	1,719	2,694	3,200
1.7	292	474	621	754	968	1,547	2,100
2.0	230	342	449	544	730	1,113	1,550
3.0	162	264	347	420	548	851	1,195
4.0	134	219	289	360	456	717	995
8.0	86	141	185	225	294	462	640
12.0	65	107	142	172	227	367	495

\*Calculado en un área plana \*\*Mínimo presión considerado: 0.5 bar

Gotero PCJ - Tubería de polietileno de 25/2.5 - D.I. 22.20 mm. - Presión de Entrada 3.0 bar - Kd 0.10

Máxima longitud de laterales (metros)

CAUDAL (L/H)	ESPACIAMIENTO ENTRE GOTEROS (M)						
	0.25	0.5	0.75	1.0	1.5	3.0	5.0
0.5	467	1,247	1,644	1,993	2,606	4,089	5,685
1.7	421	711	909	1,129	1,490	2,340	3,255
2.0	352	512	677	821	1,076	1,629	2,240
3.0	240	365	522	634	830	1,205	1,615
4.0	199	329	434	527	690	1,086	1,510
8.0	127	211	279	339	444	680	975
12.0	98	163	215	262	344	540	750

\*Calculado en un área plana \*\*Mínimo presión considerado: 0.5 bar

Para mayor información, por favor contactar al Departamento Técnico de Netafim o conectarse a nuestro sitio web: [www.netafim-latnamerica.com](http://www.netafim-latnamerica.com)

### DATOS DE EMPAQUE

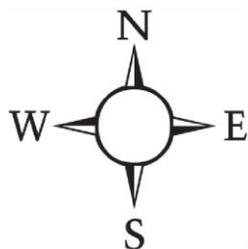
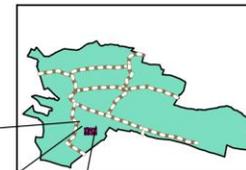
FOTOGRAFÍA DEL GOTERO	MODELO DEL GOTERO	CAUDAL (L/H)	NÚMERO DE CATALOGO	CANTIDAD/CAJA (UNIDADES)	DIMENSIONES DE LA CAJA (CM X CM X CM)	PESO DE LA CAJA (KG)
	Gotero PCJ con salida dentada de 2 mm.	0.5	21500-000700	13,000	57 x 28 x 27	14.3
		1.7	21500-000890			
		2.0	21500-000900			
		3.0	21500-001150			
		4.0	21500-000700			
		8.0	21500-000400			
		12.0	21500-000470			
	Gotero PCJ con salida dentada de 4 mm.	0.5	21500-000580	13,000	57 x 28 x 27	14.3
		1.7	21500-000600			
		2.0	21500-000700			
		3.0	21500-000900			
		4.0	21500-000700			
		8.0	21500-000200			
		12.0	21500-000400			
	Gotero PCJ con salida cilíndrica	0.5	21500-000042	13,000	57 x 28 x 27	14.3
		1.7	21500-000050			
		2.0	21500-000100			
		3.0	21500-000160			
		4.0	21500-000100			
		8.0	21500-000100			
		12.0	21500-000160			

WWW.NETAFIM-LATINAMERICA.COM  
E-MAIL: PRODUCTS\_SOLUTIONS@NETAFIM.COM



06-1106-SFR-PS-0262-EN

# DISEÑO DE RIEGO



## Simbologia

- |                       |                                   |                   |
|-----------------------|-----------------------------------|-------------------|
| Bomba de riego        | Línea de las Válvulas regantes    | Válvulas de riego |
| fert                  | Línea primaria                    | Válvulas          |
| Fertilizante          | Lotes                             |                   |
| Goteros               | Pasillo                           |                   |
| Invernadero           | Puertas                           |                   |
| Línea de Acido        | Riego                             |                   |
| Línea de agua drenada | Tanques o componentes del cabezal |                   |



ELABORÓ: ENEDELIA GONZALEZ GONZALEZ  
 ING.AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN  
 DIVISIÓN DE INGENIERÍA