



Facultad de Construcciones

Departamento de Ingeniería Hidráulica

Trabajo de Diploma

Título: Efectos de doble lateral por hileras de plantas en los Sistemas de Riego por Goteo en cítricos

Autor: Alesyani Romero Larduet

Tutores: Dr. Pável Vargas Rodríguez

MSc. Raúl Álvarez Andión

Santiago de Cuba

2019

Pensamiento

Un poco más de persistencia, un poco más de esfuerzo y lo que parecía irremediablemente un fracaso, hoy se convirtió en un éxito glorioso.

Elbert Hubbard



Dedicatoria

La constancia, sacrificio y perseverancia que antepuse para la realización de unas de mis metas trazadas, es obtener el título de Ingeniería Hidráulica, finalmente se ha hecho realidad, se lo debo a mi familia y a quienes de una u otra manera estuvieron a mi lado en este trabajo y muy especialmente a:

-Mis padres Tomasa y Alexis, fuente inagotable de lucha, perseverancia, ejemplo infinito de vida y humildad, pilares fundamentales en mi vida que dando lo mejor de sí, sin importar la circunstancia, me brindaron su apoyo, confianza, consejos y orientación que día a día ayudaron a fortalecer mi fe y mi esperanza, para el logro de mi meta.

Alesyani Romero Larduet.

Agradecimientos

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todas aquellas personas que contribuyeron al logro de esta meta especialmente a:

-A Dios, a la virgen de la Caridad del Cobre, a Orunmila, a los santos de mi abuelita, por guiarme por el camino correcto, del bien y del amor incondicional.

-La Universidad de Oriente (sede Julio Antonio Mella), por haberme brindado la formación académica para obtener el título de Ingeniera Hidráulica.

-Mis padres Tomasa, Alexis, Oneida y Maikel.

- A mi madrina Yanexis, a mis hermanos Maikito, Leovanis, Dayana, Carlos Emilio y Marlon.

- A mis tías, tíos, primas, primos, abuelitos maternos y paternos, gracias por ser sostén de mi vida en momentos cruciales.

-Mis tutores Dr. Ing. Pavel Vargas Rodríguez y el Ing. Raúl Andión, por compartir conmigo sus conocimientos y ayuda incondicional en la elaboración de este trabajo de diploma.

-A Israel Vinent, por estar presente en los momentos buenos y difíciles de mi existencia.

-Los profesores del departamento de Ingeniería Hidráulica por sus orientaciones y conocimientos aportados, en particular al profesor Fernando Valenciano, Onell, Segundo, Pedro Cabrera y Alain Paneque.

- A la Ing. Yilian de la Caridad Torres, el Ing. Omar y a la empresa la ENPA por su apoyo incondicional.

Efectos de doble lateral por hileras de plantas en los Sistemas de Riego por Goteo en cítricos

- *Mis amigos y compañeros de aula por su apoyo brindado, especialmente a: Laritza Frómeta Cobas y a Pedro Torres.*

¡Muchas Gracias!

Resumen

Resumen

El presente Trabajo de Diploma se realizó por la necesidad de conocer cuál es la variante más económica para la continua siembra de cítricos en la Empresa de cítricos América Libre del Municipio de Contramaestre. Para su realización fue necesario de auxiliarse de la Empresa de Proyectos e Ingenieras .Se realizó una revisión bibliográfica de varios criterios de selección de método de riego a nivel internacional, en el cual se observó que los criterios más completos se compilan en *FAO, Training manual #5*. En el trabajo se realizó una caracterización de la zona de estudio, así como información referida al complejo Agua-Suelo-Planta-Clima en la zona destinada para la plantación de cultivos. Como resultado del procesamiento de la información se seleccionó la técnica de riego por goteo para el cultivo de cítricos, se realizó diseño agronómico de ambas variantes para conocer las necesidades hídricas del cultivo, la dosis, frecuencia y duración del riego y luego un diseño hidráulico de las mismas para la obtención de los resultados de cada una.

Abstract

Abstract

This Diploma Work was carried out due to the need to know which is the most economical variant for the continuous sowing of citrus fruits in the Citrus Free America Company of the Municipality of Contramaestre. In order to carry it out, it was necessary to assist the Project and Engineering Company. A bibliographic review was made of several international irrigation method selection criteria, in which it was observed that the most complete criteria are compiled in *FAO, Manual Training #5*. In the work, a characterization of the study area was carried out, as well as information related to the Water-Soil-Plant-Climate complex in the area destined for planting crops. As a result of the processing of the information, the drip irrigation technique was selected for the cultivation of citrus fruits, an agronomic design of both variants was carried out to know the water needs of the crop, the dose, frequency and duration of the irrigation and then a hydraulic design of the same to obtain the results of each one.

Índice

Índice

Introducción	1
Capítulo I. Revisión bibliográfica	7
I.1.- Introducción a la técnica de Riego Localizado	7
I.1.1.- Definición	8
I.1.2.- Clasificación del sistema de Riego Localizado	9
I.1.3.- Componentes de los sistemas de Riego Localizado	9
I.1.4.- Ventajas e Inconvenientes de los sistemas de Riego Localizado	10
I.1.5.- Áreas bajo Riego por Goteo en el municipio Santiago de Cuba	12
I.1.6.- Efectos ambientales	12
I.2.- Consideraciones para la elección del método de riego localizado	13
I.2.1.- Criterio de acuerdo al complejo agua–suelo–planta–clima	13
I.3.- Particularidades agronómicas de los sistemas de Riego por Goteo	15
I.3.1.- Efecto de la localización en el manejo de sales	15
I.3.2.- Efecto de la alta frecuencia en el manejo de sales	16
Capítulo II. Materiales y métodos	17
II.1.Descripción del caso de estudio	17
II.2.- Caracterización del complejo agua–suelo–planta–clima	18
II.2.1.- Fuente de Abasto	18
II.2.2.- Propiedades de los suelos predominantes	19
II.2.3.- Características del cultivo a beneficiar	20
II.2.4.- Datos climáticos	21
II.2.5.- Agregados de riego	21
II.3.- Procedimientos de diseño	22
II.3.1.- Procedimiento de diseño de un lateral por hilera	22
II.3.1.1.- Procedimiento de diseño de dos laterales por hilera	24
Capítulo III. Análisis de los Resultados	29
III.1.Resultados del diseño Agronómico.	29
III.2.Resultados del diseño Hidráulico	29
III.3.- Proporciones técnico–económicas	30
Conclusiones	32
Recomendaciones	33

Introducción

Introducción

Desde siglos anteriores, los primeros hombres han buscado el modo de llevar el agua en forma de riego a los cultivos para aumentar la producción de los alimentos. Con el paso del tiempo no solo se buscó el desarrollo y aumento de la producción, sino el desarrollo del riego para alcanzar una mayor eficiencia en el uso y productividad del agua.

El dominio de las técnicas de riego impulsó una nueva forma de vida más segura y con menos riesgo. Cuando el suelo no tiene la cantidad suficiente de agua o no es oportuna su disponibilidad por medio de la lluvia o de fuentes naturales, se hace necesario el riego, que es el suministro artificial de agua a los cultivos.

Cuando se riega un cultivo, se planifica una cantidad de agua superior a la que éste consume ya que los sistemas de riego nunca son completamente eficientes, en función de las características del sistema de riego será la magnitud de las pérdidas de agua que en ellos tiene lugar.

En algunos casos, es necesario además que cierta cantidad de agua circule a través del suelo y arrastre sales y otros compuestos. Así se evita la acumulación excesiva de contaminantes, naturales o antrópicos, en el suelo. Por lo tanto, el riego siempre usa más agua que la que consume, y el agua aplicada y la no consumida vuelven al río o al acuífero con determinada variación de su calidad inicial (<https://www.esferadelagua.es/ciencia-y-agua/uso-del-agua-en-gricultura-de-regadio-y-investigacion-publica>).

En Cuba, la agricultura se manifiesta como el más importante consumidor de agua, el promedio es similar al mundial, estas cifras presentan significativas variaciones entre países y regiones. En las actividades agrícolas, fundamentalmente en el regadío, se utiliza más del 60 % de los recursos hídricos, por esta razón la política de la dirección del país está encaminada a implementar tecnologías de riego modernas que contribuyan a utilizar de manera más integral y eficaz el recurso. Un ejemplo de esto son los sistemas de riego localizado, en particular, los sistemas de riego por goteo, el cual consiste en suministrar el agua en cantidades adecuadas para cada tipo de planta dependiendo de sus necesidades a través de válvulas, mangueras de plástico, cintillas y dispositivos de emisión, mediante los cuales el agua circula lentamente para salir con baja presión en forma de gotas de manera constante y localizada

(<https://www.esferadelagua.es/ciencia-y-agua/uso-del-agua-en-gricultura-de-regadio>).

Esta técnica de riego se puede adaptar a una gran variedad de cultivos, aunque en la mayoría, se aplica en cultivos sembrados en hileras y muy atractivos económicamente debido al alto costo inicial que estos sistemas presentan en comparación con los sistemas convencionales o tradicionales de riego. También, son fáciles de adaptar y operar a las distintas formas productivas que se utilizan en Cuba, ya sea a campo abierto o en cultivos protegidos.

Además de aprovechar al máximo los recursos hídricos necesarios para desarrollar la producción agrícola también contribuyen significativamente al ahorro de energía. Cuando están automatizados favorecen significativamente la economía de los productores.

El Plan de Cítricos América Libre comenzó a fomentarse desde comienzo de los años 70 en el municipio Contramaestre, dando lugar posteriormente al surgimiento de la empresa de igual nombre, subordinada al Grupo Empresarial Frutícola del Ministerio de la Agricultura. La Empresa Cítricos América Libre llegó a contar, con más de 10 000 ha sembradas de cítricos, fundamentalmente naranja. En la actualidad, después de 35 años, posee unas 2 600 ha de cítricos y casi 700 ha destinadas a la siembra de cultivos varios. Hasta el 2018 se pretende incrementar hasta 5 000 ha las áreas de cítricos.

Para el beneficio de estos cultivos, se construyó desde mediados de la década del 80 un sistema de obras hidráulicas para el riego compuesto por 4 estaciones de bombeo con su sistema de tuberías y depósito regulador. En la actualidad, debido al paso de los años de explotación, existen 3 estaciones de bombeo con su capacidad reducida al 50 %, un deteriorado sistema de tuberías y 4 embalses reguladores.

Se calcula que la eficiencia volumétrica del sistema de tuberías, compuesto por conductoras de impulsión, conductoras de alimentación y tuberías secundarias, es de menos de un 50 %. Es por ello que no pueden ser satisfechas todas las necesidades de riego y abasto a los consumidores sociales y residenciales que tiene vinculado el sistema.

Con la rehabilitación del sistema de tuberías, se eliminaría el sobre consumo de recursos materiales y portadores energéticos debido a las frecuentes averías, se incrementaría el grado de satisfacción de la demanda de los consumidores y se

aumentaría notablemente el rendimiento de los cultivos que hoy no pueden ser regados, con el consiguiente beneficio económico.

Entre los objetivos de la inversión aprobada, destaca la reparación capital de las instalaciones de bombeo, de las conductoras de impulsión y de alimentación, así como de la red de tuberías secundarias que abastecen a los consumidores sociales y hacen sus entregas a los sistemas de campo para el riego de los cultivos.

La historia de estas plantaciones comienza a cambiar con la desaparición del campo socialista, y la consecuente eliminación de mercados seguros, así como la descapitalización de cultivos importante como es el caso de los cultivos de cítricos, a esto se sumó la aparición de una enfermedad letal en las plantaciones cítricas que conllevó a la renovación precipitada de las mismas y que provocó que las producciones de cítrico cubano fueran casi nulas.

Esta situación, unida a la pérdida de fertilidad natural de los suelos, provocada por los años de explotación, las indisciplinas tecnológicas, el deterioro de la infraestructura de riego, la secuencia de temporada ciclónica fuerte entre 2001-2005, que dañaron sensiblemente las principales plantaciones y facilitaron la entrada de numerosas enfermedades, complicaron de forma irracional la situación de los cítricos en Contramaestre.

La Empresa Agroindustrial de Cítricos América Libre del Municipio Contramaestre, en la provincia de Santiago de Cuba, surge el 15 de diciembre del año 1976, por la Resolución No. 506 del Ministerio de la Agricultura, como entidad especializada para atender la actividad cítrica, fomentar la fuente de empleo y aumentar los ingresos por concepto de exportaciones de cítricos y jugos concentrados (Estudio de Factibilidad económica realizado por la Empresa Nacional de Proyectos Agropecuarios UEB Santiago de Cuba).

Para mejorar esta situación, se buscaron diversas fórmulas para obtener mercado a través de asociaciones financieras con entidades extranjeras; por medio de las actividades relacionadas con el desarrollo turístico que emprendía el país, se garantizó temporalmente un mercado seguro y rentable. Dicha empresa cumplió también un rol protagónico durante esta etapa, esto contribuyó al aumento de la producción y propicio un mayor desarrollo a partir de la comercialización de productos derivados de las producciones de cítrico.

La Empresa produjo en el año 2018, aproximadamente 521.4 t de Cítricos (apenas el 1.04 % de lo logrado en la mejor campaña). Actualmente la Industria es abastecida por el cítrico producido por otras regiones, ya que la local no satisface la demanda. A causa de esto se propone rehabilitar e incrementar el cítrico que garantice las necesidades de la industria, consumo social, frutas selectas y el turismo (Estudio de Factibilidad económica realizado por la Empresa Nacional de Proyectos Agropecuarios UEB Santiago de Cuba).

Para llevar a cabo esta encomienda la Empresa Agroindustrial América Libre ha solicitado realizar un Estudio en las áreas vinculadas al desarrollo de los cítricos, que lleva implícitas inversiones a cometer para lograr a largo plazo incrementar las producciones de cítricos, en un período de 10 años, por lo que requiere la reparación de las estaciones de bombeo, depósitos reguladores y conductoras así como introducir en las áreas cítricas sistemas de riego con tecnologías de goteros autocompensantes, así como de pivote central eléctricos, además de otras maquinarias e implementos agrícolas con el propósito de proteger y conservar los suelos (Estudio de Factibilidad económica realizado por la Empresa Nacional de Proyectos Agropecuarios UEB Santiago de Cuba).

Entre las acciones promovidas por la Empresa, se decidió probar el efecto que ejerce el doble lateral por hilera de plantas sobre los rendimientos de las plantaciones. Esta decisión infiere evaluar las proporciones económicas de dicha propuesta y **justifica la materialización de la presente investigación** como un aporte preliminar a la solución general, encaminada a incrementar las producciones cítricas en la Empresa de Cítricos Contra maestre.

En este sentido, el **Problema de Investigación** se identifica en la siguiente interrogante: ¿Cómo establecer indicadores que contribuyan a determinar la variante de diseño más económica para las condiciones específicas de la Empresa de Cítricos Contra maestre? Para abordar la solución de este problema, el **Objeto de la Investigación** se enfoca en los contenidos relacionados con los procedimientos de diseño de sistemas de Riego por Localizado y de manera específica en el **Campo de acción de la Investigación** que se refiere al procedimiento de diseño de Sistemas de Riego por Goteo en cítricos.

De manera general, esta pretensión se enfoca en establecer indicadores que contribuyen a identificar la variante más económica para el diseño de sistemas de

Riego por Goteo en la Empresa de Cítricos Contraamaestre. Para ello se ha planificado cumplimentar los siguientes **Objetivos específicos**:

1. Describir el estado actual del arte referido a los procedimientos de diseño de sistemas de Riego Localizado con énfasis en los sistemas de Goteo en cítricos.
2. Caracterizar los procedimientos de diseño del sistema de Riego por Goteo, considerando uno y dos laterales por hilera de plantas
3. Establecer indicadores que permitan proponer la variante de diseño más económica.

Hipótesis de Investigación:

Si se comparan los resultados de las dos variantes de diseño de sistemas de Riego por Goteo en cítricos utilizadas por los diseñadores, se contribuye a obtener indicadores de Riego que permitan establecer la variante más económica para las condiciones específicas de la Empresa de Cítricos Contraamaestre.

Resultados esperados:

1. Desde el punto de vista docente quedara establecido el procedimiento de diseño agronómico e hidráulico de parcelas de riego por goteo en cítricos aplicado a un caso de estudio real de gran utilidad para la docencia que se imparte en el nuevo Plan de estudio E de la carrera de Ingeniería Hidráulica.
2. Desde el punto de vista práctico la UEB de consultoría y diseño de la ENPA Santiago de Cuba podrá disponer de indicadores apropiados que contribuyen a identificar la variante más económica para el diseño de sistemas de Riego por Goteo en cítricos.

Estructura del Trabajo de Diploma:

Este trabajo de diploma está formado por 3 partes fundamentales. Una primera parte que incluye la portada, el índice y una síntesis del informe de tesis, en este último se ofrecen de forma concisa y fluida los aspectos más relevantes del trabajo de diploma. Escrito en un solo párrafo con menos de 200 palabras y traducido al idioma inglés. La segunda parte incluye los contenidos fundamentales del trabajo, contiene una **Introducción**, en la cual se aborda la justificación del informe de tesis, así como las principales categorías de la investigación científica así como el objetivo general, objetivos específicos, hipótesis de la investigación entre otros.

Luego se dividen los contenidos en tres capítulos, el **primer capítulo** está dedicado a la búsqueda y revisión bibliográfica orientada a los procedimientos de diseño de sistemas de Riego Localizado, con énfasis en los procedimientos de diseño de sistemas de Riego por Goteo en cítricos. Al final del capítulo se ofrecen conclusiones parciales, las cuales definen la pertinencia del mismo. En el **capítulo 2** se ofrecen los procedimientos a utilizar en el diseño de un lateral por hilera y el de dos laterales por hilera en sistema de Riego por Goteo, así como la caracterización del caso de estudio donde se incluye la caracterización del complejo A – S – P – C en la zona de estudio.

Por último, el **tercer capítulo** sintetiza al análisis de los resultados del diseño de las dos variantes de sistemas de riego por goteo. Finalmente se ofrecen las conclusiones y recomendaciones del informe de tesis. La última parte del trabajo de diploma está dedicada a compilar las referencias bibliográficas utilizadas y la documentación anexa que ha generado la investigación realizada.

Capítulo I:

Revisión bibliográfica

Capítulo I: Revisión bibliográfica

I.1.- Introducción a la técnica de Riego Localizado

En el desarrollo de los cultivos y por consiguiente en la obtención de altos y estables rendimientos en los mismos, juega un papel primordial el agua. Cuando las precipitaciones no son suficientes ni frecuentes es necesario que las plantas reciban una dosis adicional de agua, un método simple y muy antiguo era el de aplicar el agua a las plantas por medio de regaderas o cubetas de riego, pero el mismo fue restringiendo su campo de aplicación debido a lo trabajosas y extensas que se tornaban las labores en la medida que las áreas tomaban proporciones significativas.

Nuevos y más sofisticados métodos de riego se implementaron a través de los años, tales son: Riego Superficial, Riego por Aaspersión y Riego Localizado. De estos métodos que son los más comúnmente usados, cada usuario debe conocer cual se adapta mejor a sus condiciones, aunque desafortunadamente en muchos casos esta no es una elección sencilla, ya que no existe un método de riego idóneo para todos los cultivos, suelos, clima, etc. En este trabajo de diploma se abordará el estudio del último de estos métodos, el cual es el más joven y discutido de todos, ya que enfrenta las reglas impuestas por los muy bien llamados métodos tradicionales, clásicos o convencionales de riego.

El Riego Localizado es muy adecuado para cultivos en hileras, cítricos, hortalizas, frutales, cultivos arbóreos y la vid. Aunque su campo de aplicación está en continuo crecimiento, por lo general se toman cultivos de gran valor comercial, debido al alto costo inicial que estos sistemas implican. Según datos de EUA, el costo unitario de construcción varía de 1 000 a 2 500 USD/ha regada.

Hasta donde se conoce la concepción de este método de riego se debe a Israel, aunque existen algunas bibliografías que plantean que el Riego Localizado se utilizó por primera vez en Inglaterra al final de la década del 40 y que posteriormente se implantó en tierras israelíes en la década de los 50. No obstante, es precisamente este país uno de los que más ha avanzado en el tema, considerándose por muchos autores los creadores de este método de riego.

Su importancia comercial se desarrolla en la década de los 60 a continuación de los trabajos de puesta a punto realizados en esta nación árabe y de la aparición de las tuberías de material plástico a bajo costo. Las primeras aplicaciones en

parcelas se realizaron en regiones desérticas donde los métodos clásicos daban resultados poco satisfactorios debido a la naturaleza del suelo y de las aguas. En estas condiciones los sistemas RLAF han dado resultados muy esperanzadores en relación con los sistemas de riego superficiales o por aspersión. Por otra parte estos sistemas despiertan un gran interés por méritos propios ya que aparecen como oponente potencial a los métodos de riego clásicos.

Se pueden considerar los sistemas RLAF como una alternativa práctica a los métodos tradicionales de riego, bien concebido y utilizado este es el método más eficiente de distribución y entrega de agua a las plantas, al mismo tiempo que es la técnica ideal para el suministro de elementos fertilizantes. Algunos autores plantean que las normas de riego disminuyen desde un 20-25 % con relación a los demás métodos de riego, el coeficiente de uso útil del agua de riego es del 85-95 % y según datos obtenidos en Australia los RLAF permiten un ahorro de fertilizantes Nitrogenados de 30-40 % en comparación con la aspersión y del 40-70 % en comparación al riego superficial.

I.1.1 Definición

De acuerdo con Pizarro (2000), la técnica de riego localizado consiste en aplicar agua al suelo a muy bajos caudales, a través de un sistema de tuberías plásticas de pequeños diámetros en los cuales están fijados los emisores, estos llevan el agua muy cerca de las plantas de forma que solo se humedezca una porción del suelo en la cual se desarrollan la mayoría de las raíces, con esto se pretende que estas obtengan de ese pequeño volumen aplicado el agua y los nutrientes que necesitan para su desarrollo (Fig. 1).



Figura 1. Ejemplo de sistema de Riego por goteo superficial. (agricultures.com)

Otros autores plantean que es un sistema que se utiliza para regar las plantas con el agua gota a gota. Hay diferentes formas de instalar estos sistemas, puede ser con la cinta de goteo o como se conoce en este país "T tape". Esta es una marca comercial bien conocida, el nombre correcto es cinta de goteo. También puede ser con emisores, los cuales se colocan cerca de la planta y estos liberan el agua gota a gota. En ambos casos es necesaria una línea principal que abastece el agua a las cintas o los emisores (Aguadilla, 2017, <http://www.novagric.com/es/riego/sistemas-de-riego/riego-por-goteo>)

I.1.2 Clasificación del sistema de Riego Localizado

De acuerdo con Tarjuelo *et al* (2000, citado por Lujan, 2001) el método de riego localizado se puede clasificar de la siguiente forma.

1. Técnicas de riego por goteo.
 - Superficial.
 - Subterráneo.
2. Técnicas de riego por microaspersión.
 - Microaspersores.
 - Difusores.
3. Técnicas de riego por exudación.
 - Mangueras porosas.
 - Cintas exudantes.

I.1.3 Componentes de los sistemas de Riego Localizado

- Estación de bombeo: Son las que toman el agua de la fuente de abasto y le proporcionan la presión necesaria para que circule a través de todo el sistema de tuberías, garantizando a su vez que los emisores entreguen el caudal deseado. En algunos casos pueden ir acompañadas de un equipo de pre filtrado del agua.
- Centro de control o cabezal: Es el conjunto de aparatos que domina la unidad rotacional, aquí se puede filtrar el agua, tratarla, incorporar fertilizantes, controlar las presiones, medir dosis de riego, etc. En Cuba, los más usados presentan filtros de arena y malla y en algunos casos se presentan combinados con hidrociclones, la capacidad de filtrado oscila entre 5 y 20 l/s.
- Tuberías y piezas especiales: Se denominan tuberías a presión o conducciones forzadas a aquellos conductos que funcionan a plena sección y en los que el

movimiento del líquido no depende exclusivamente de una pendiente continua como es el caso de los canales, sino que por el contrario, pueden presentarse contrapendientes, lo que hace necesario que el líquido llene completamente toda la conducción y que en el interior de este reine una cierta presión diferente generalmente de la atmosférica.

- Emisores: Los emisores son tal vez los elementos más importantes de las instalaciones y desde luego los más delicados. Toda la dificultad de un diseño constructivo radica en que estos deben proporcionar un caudal bajo, con el propósito de que las tuberías laterales y distribuidoras se diseñen con diámetros reducidos debido a que es en estas tuberías donde radica fundamentalmente el alto costo de inversión inicial de estos sistemas y un ligero incremento en su diámetro puede incrementar sensiblemente los costos. Por otra parte, la presión de entrega de los emisores no debe ser muy baja para minimizar el efecto que sobre la uniformidad de riego tienen los desniveles del terreno y las pérdidas de carga a lo largo de los laterales y distribuidoras. Estas condiciones conducen desde el punto de vista hidráulico a emisores en los que el paso del agua sea pequeño, lo cual también está en contradicción con otra condición que deben cumplir los emisores. Su diámetro de paso debe ser lo mayor posible para evitar las obturaciones, que son el principal problema en el manejo de los sistemas de riego localizado. Esta dificultad ha sido resuelta por los fabricantes de diferentes formas lo que ha traído como consecuencia una gran variedad de emisores.

I.1.4 Ventajas e Inconvenientes de los sistemas de Riego Localizado

Esta cuestión ha sido tratada en numerosos textos por varios autores; de acuerdo a lo que se reporta en el 1er Curso para Proyectos de Riego Localizado efectuado en la provincia Ciego de Ávila en Octubre / 1999, se reconocen las siguientes ventajas:

1. Una ventaja innegable de los RLAF sobre los otros métodos de riego tradicionales es que facilita la explotación del sistema ya que no entorpece las labores agrotécnicas del cultivo.
2. En los sistemas RLAF se economiza tiempo y mano de obra. Bien concebidos, contruidos correctamente y con todos sus componentes trabajando

eficientemente puede funcionar muy bien con una fuerza de trabajo reducida, esto es muy conveniente cuando la mano de obra es muy escasa o costosa.

3. La lucha contra las malas hierbas y enfermedades que perjudican los cultivos se hace más fácil en estos sistemas y es menos costosa que en los sistemas con técnicas de riego convencionales.
4. Su utilización ha dado resultados halagadores en los llamados suelos difíciles (muy pesados o muy permeables), además se ha comprobado su alta eficiencia de entrega en terrenos ondulados y con pendientes exageradas.
5. Permite aplicar altas frecuencias de riego al tiempo que es posible medir los caudales de entrega en cada tiempo de puesta, esto es conveniente para poder mantener el régimen de humedad deseado en el suelo.
6. La alta frecuencia del riego facilita la absorción de agua por el doble efecto de mantener alta la humedad y baja la salinidad. Ello explica los favorables resultados que se han obtenido utilizando en riego por goteo, aguas cuya salinidad las hacía poco recomendables en sistemas tradicionales de riego. Además, esto resuelve la dificultad que encontramos en otros sistemas de riego donde en dos o tres semanas la humedad del suelo varía entre la capacidad de campo y un nivel próximo al punto de marchitez, aspecto este que atenta contra los rendimientos sobre todo en plantaciones jóvenes sembradas en determinados tipos de suelo.
7. En cuanto a la Fertirrigación en los RLAF, se puede decir que es mejor su distribución en el suelo y por tanto la asimilación de nutrientes por parte de las plantas. También es posible adecuar el abonado a las necesidades del momento y con la rapidez necesaria lo cual hace más económica la distribución de abonos. En conclusión, con los sistemas RLAF se puede ahorrar fertilizantes.

Inconvenientes:

1. Uno de los primeros inconvenientes que planteó este método de riego, es que requiere de un sistema de filtrado eficiente para evitar las obturaciones de los emisores, lo cual en determinados casos puede resultar costoso. En la actualidad, estas tupiciones están clasificadas y definidas las formas de combatirlas con nuevos equipos de filtrado y con tratamientos del agua para el riego. También se fabrican nuevos tipos de emisores que son menos sensibles

a las obturaciones como la nueva generación de goteros de la firma NETAFIN (Goteros integrales RAM).

2. Existe un incremento en el costo de la inversión inicial en comparación con los sistemas convencionales de riego. Esto debe ser tenido en cuenta por los usuarios que se interesen por introducir este método de riego y compararse con los beneficios que reportarían los rendimientos esperados.
3. Al igual que el fertirriego es inseparable de los sistemas RLAF, el régimen de sales obliga a un manejo especial de riegos y lavados. A pesar de que el régimen de sales se ve afectado por la localización y la alta frecuencia a veces es conveniente no detener el riego aun en presencia de lluvias ligeras e incluir cierto exceso en la dosis de entrega o también provocar lavados mediante riegos complementarios por aspersión.
4. Otro aspecto que puede resultar inconveniente es el limitado desarrollo radicular, en el Riego Localizado la mayoría de las raíces se concentran en la zona húmeda y si esta es demasiado pequeña el enraizamiento puede ser insuficiente lo cual puede afectar los rendimientos y el anclaje de los cultivos, de todas formas este es un aspecto que se tiene en cuenta en el Diseño Agronómico.
5. Otro inconveniente en estos casos es el hecho de que la planta se hace más dependiente del riego y sufre más la falta de agua por cualquier rotura u otro imprevisto que un riego convencional, esto también es tenido en cuenta al decidir sobre la frecuencia y el tiempo de puesta por posición.

I.1.5 Áreas bajo Riego por Goteo en el municipio Santiago de Cuba

- El cultivo de café en los municipios de Contramaestre, San Luis, Palma, Guamá, 2do. Frente y 3er. Frente.
- El cultivo de cítricos en viveros comerciales, al igual que en Bungo 7 perteneciente también al municipio Contramaestre.
- El cultivo de plátano en el municipio de Songo la Maya.

I.1.6 Efectos ambientales

De acuerdo con Álvarez (2015), los efectos ambientales negativos de la mayoría de los grandes proyectos de riego incluyen: la saturación y salinización de los suelos; la mayor incidencia de las enfermedades transmitidas o relacionadas con

el agua; el reasentamiento o cambios en los estilos de vida de las poblaciones locales; el aumento en la cantidad de plagas y enfermedades agrícolas, debido a la eliminación de la mortandad que ocurre durante la temporada seca; y la creación de un microclima más húmedo.

La expansión e intensificación de la agricultura que facilita el riego, puede causar mayor erosión; contaminar el a superficial y freática con los biosidas agrícolas; reducir la calidad del agua; y, aumentar los niveles de alimentos en el agua de riego y drenaje, produciendo el florecimiento de las algas, la proliferación de las malezas acuáticas y la eutrofización de los canales de riego y vías acuáticas, aguas abajo. Usualmente, se requieren mayores cantidades de químicos agrícolas para compensar, para controlar los crecientes números de plagas y enfermedades de los cultivos. Los grandes proyectos de riego que represan o desvían las aguas de los ríos, tienen el potencial de causar importantes trastornos ambientales como resultado de los cambios en la hidrología de las cuencas de los ríos.

I.2 Consideraciones para la elección del método de riego localizado, (Pereira y Trout, 1999)

Pereira y Trout (1999) identificaron un número de factores que aportan criterios para seleccionar el método de riego apropiado, pero no consideran las condiciones climáticas. Por otro lado, tampoco hacen distinción entre las diferentes técnicas de riego que componen un método, esto puede conllevar ineficiencias en el funcionamiento del sistema de riego que pueden resultar difíciles de corregir. En este sentido, se puede argumentar, que en el caso de la disponibilidad de agua para el riego por aspersión, la misma debe ser abundante y no media en el caso de los Enrolladores, a diferencia de los Pívots con aspersores de baja presión o difusores a lo largo de la tubería porta aspersores (sistemas LEPA) y lo mismo ocurre cuando se considera el costo de la energía y la capacidad de almacenamiento del suelo.

I.2.1 Criterio de acuerdo al complejo agua–suelo–planta–clima

De forma general, se puede establecer que en la elección de cualquier método de riego debe tener en cuenta fundamentalmente los siguientes factores.

- 1. Condiciones naturales:** Esto incluye el tipo de suelo, la pendiente del terreno, el clima, la capacidad de la fuente de abasto y la calidad del agua. Las

técnicas de RLAF presentan claras ventajas sobre los demás métodos de riego en este aspecto, debido a su adaptabilidad a las condiciones naturales adversas, aunque en el caso de suelos medios, pendientes suaves, climas favorables y calidad y cantidad del agua de riego suficientes, las ventajas de una transformación de las técnicas de riego convencionales eficientes hacia el Riego Localizado serían más que un aumento en los rendimientos del cultivo, una reducción de la fuerza de trabajo, facilidades en la explotación y en la lucha contra las enfermedades y las malas hierbas.

2. **Tipo de cultivo:** Aquí toma ventaja el riego superficial ya que puede utilizarse para cualquier cultivo. Dado su alto costo de inversión inicial el Riego Localizado se debe utilizar en cultivos que permitan con sus rendimientos recuperar la inversión en un tiempo consecuente. Entre los cultivos que más se riegan con estas técnicas tenemos los cítricos y frutales, plátanos, vegetales, cultivos hortícolas, caña de azúcar, los hidropónicos y sus variantes y otros.
3. **Tipo de tecnología:** En los sistemas RLAF se requiere más equipamiento que en los métodos de riego clásicos esto condiciona que hay que tener en cuenta el costo del equipamiento, su explotación y mantenimiento. Esto debe tenerse en cuenta también en el momento de elegir la técnica de riego.
4. **Experiencia con el método a emplear:** A veces es preferible instalar un método conocido o tradicional de riego que encarar las complicaciones que conlleva introducir una sofisticada pero desconocida técnica de riego, pues se corre el riesgo de ser rechazada o mal empleada por los usuarios.
5. **Labores que requiere la construcción, explotación y mantenimiento de la técnica de riego a implantar:** En cuanto a esto, se puede afirmar que en las técnicas RLAF es donde mejor se correlacionan estos tres aspectos.
6. **Costos y beneficios:** Estos deben estimarse antes de decidirse por un método de riego cualquiera, en los costos no solo deben tenerse en cuenta los relacionados con la construcción e instalación del sistema, sino también los de operación y mantenimiento, todos ellos se comparan con los beneficios que reportarían los rendimientos esperados y finalmente se decide por el método más atractivo económicamente. En resumen no pueden considerarse las técnicas de RLAF como las sustitutas de las demás técnicas de riego tradicionales, sino como otra opción de riego y en cada caso particular es

conveniente considerar las ventajas e inconvenientes con respecto a las demás técnicas de riego.

1.3 Particularidades agronómicas para el diseño de sistemas de Riego por Goteo

Los sistemas RLAF se caracterizan por dos hechos fundamentales la localización y la alta frecuencia. La localización consiste en que solo se humedece parte del volumen del suelo y se pretende que las raíces obtengan de ese volumen el agua y los nutrientes que necesitan. El resto del suelo prácticamente no se aprovecha, aunque no es tan fácil aumentar las producciones con marcos de plantación más densos que los tradicionales para aprovechar esa parte no utilizada del suelo; Las limitaciones están en la competencia por a luz o en la exigencia de espacios libres para las laborales.

I.3.1. Efecto de la localización en el manejo de sales

El efecto de la localización se manifiesta en modificar la evaporación y la transpiración, y la distribución de las raíces, en un régimen especial de las sales, etc. La localización del riego casi obliga a que este se aplique con alta frecuencia, el volumen de suelo mojado es reducido y por tanto la capacidad de almacenamiento es baja, por lo que hay que aplicar dosis reducidas de riego, para satisfacer las necesidades de los cultivos con estas pequeñas dosis se deben aplicar con alta frecuencia.

De acuerdo con Pizarro (2000), la distribución de sales en el perfil del suelo es una consecuencia del régimen de humedad. La figura que le sigue representa la distribución típica bidimensional en la que se muestra que bajo el emisor hay una zona muy lavada, rodeada por una zona de baja salinidad que coincide prácticamente con la zona del bulbo húmedo, las sales se distribuyen en la periferia del bulbo de humedecimiento y principalmente en la superficie del suelo (Fig. 2).

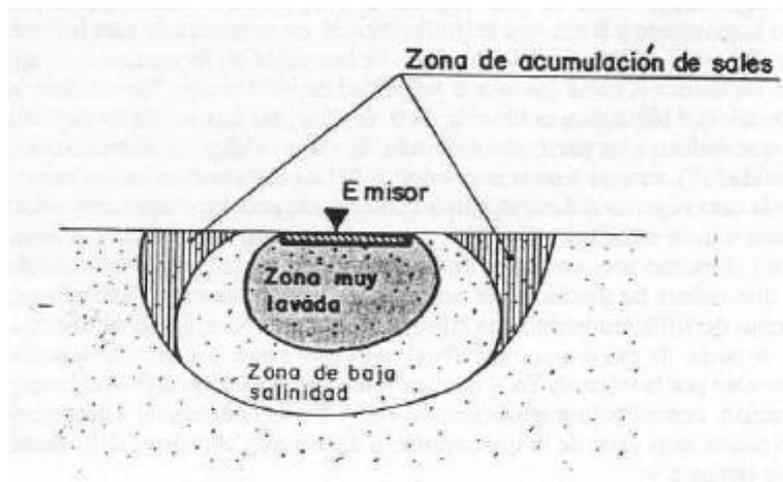


Figura 2. Efecto de las sales en Riego por goteo (Pizarro, 2000).

Esta distribución tiene consecuencias agronómicas ya que hace a las plantas más dependientes de riego e incluso haya que regar en presencia de lluvias poco significativas pero capaces de redistribuir las sales que se acumulan alrededor del bulbo.

1.3.2 Efecto de la alta frecuencia en el manejo de sales

Este mismo autor refiere que la alta frecuencia del riego tiene unas consecuencias importantes en el régimen de humedad, el suelo mantiene constantemente una humedad elevada, lo que contribuye a la absorción de agua, disminuye la concentración de sales y facilita la aireación. Después de la aplicación de un riego, las sales que contenía la solución del suelo más las aportadas por el agua de riego se encuentran disueltas en el agua del suelo y a partir de ese momento la Etc va disminuyendo la humedad del suelo, mientras que no elimina las sales, en consecuencia la concentración de sales en el suelo va aumentando hasta que se aplique el riego siguiente.

Como conclusión se puede resumir que cuanto mayor sea la frecuencia de riego mayor será la salinidad de la solución del suelo y como consecuencia será mayor la presión osmótica y mayor será la dificultad para absorber la humedad y los nutrientes del suelo. La alta frecuencia sin embargo facilita la absorción de agua por el doble efecto de mantener alta la humedad y baja la salinidad, esto explica los favorables resultados obtenidos al utilizar técnicas de riego por goteo con aguas cuya salinidad las hacía poco recomendables con sistemas convencionales de riego

Capítulo II

Materiales y métodos

Capítulo II: Materiales y métodos

II.1 Descripción del área de estudio

La Empresa Citrícola América Libre se encuentra ubicada en el municipio Contramaestre en la provincia Santiago de Cuba, entre las coordenadas:

X=555 400	X=562 000	X=562 700	X=555 400
Y=189 700	Y=189 700	Y=184 172	Y=184 172

Las áreas bajo riego se encuentran en el municipio Contramaestre de la provincia Santiago de Cuba. Una parte se localiza al norte de la carretera central y de la ciudad cabecera, entre los ríos Contramaestre y Baire, extendiéndose hasta la confluencia de ambos, en los límites con el municipio Jiguaní de la provincia Granma. Se localizan entre las siguientes coordenadas geográficas:

N 183 000 – 201 000, E 557 000 – 563 000

Otra parte de las áreas se ubican a 8 km al Este–Noreste de la ciudad de Contramaestre, por la carretera que conduce hacia Laguna Blanca. Limita al Este, al Sur y al Oeste con el río Salado y al norte con las elevaciones que se encuentran al Sur de la autopista nacional en construcción. Sus coordenadas geográficas son las siguientes: N 184 000 – 188 000 E 566 000 – 573 000.

De forma general las condiciones naturales de la Empresa se caracterizan según el Nuevo Atlas Nacional de Cuba de 1989, por ser una zona donde predominan los depósitos cuaternarios, formados en el pleistoceno medio–superior seco (m + al Q₂₋₃ s), constituida de arcillas, arenas, limos, calcarenitas y calizas que afloran aisladamente. En las riberas del río Contramaestre está presente una formación aluvial del holoceno (al Q₄) conformada de arcillas, limos y arenas.

Los suelos de la zona son predominantemente Pardos con Carbonato Típico, de coloración pardo, pardo oscuro y pardo rojizo, con profundidad promedio entre 60 y 115 cm y un contenido de materia orgánica que oscila entre 3.1 y 4 %. No presenta problemas de salinidad y el pH se encuentra entre 6.1 y más de 6.5.

También existe presencia de combinaciones de este suelo otros menos representativos del tipo Húmico Calcifórmico Redzina Negra Típica y mezclas de Vertisuelos Oscuros Plásticos Gleyzados Gris Amarillento con Oscuros Plásticos no Gleyzados, ambos igualmente poco profundos cuando se encuentra en relieve ondulado.

La zona cuenta con una estructura económico–social de tipo rural. Tiene una red vial desarrollada que garantiza el enlace de todos los puntos de interés, con acceso desde la carretera central. La base productiva de la zona lo constituye, casi en su totalidad, las producciones agropecuarias, fundamentalmente ganado vacuno y porcino, cítricos, otros frutales y cultivos varios. Igualmente cuenta con un combinado para el procesamiento industrial de las producciones agrícolas. En esta región se concentran 10 de los 14 centros educacionales internos que tiene la provincia. La población de la zona rebasa los 6 000 habitantes y se agrupa en comunidades entre las que se destaca La Venta de Casanovas con $\frac{1}{3}$ del total de habitantes. Una parte importante de la fuerza laboral activa se encuentra vinculada a la esfera agroproductiva.

Todos los asentamientos poblacionales cuentan con electricidad, a partir de las líneas de alto voltaje que existen en la zona, el acceso al agua se realiza principalmente desde el sistema de riego existente; en esta región se concentran además 10 de los 14 centros educacionales internos que tiene la provincia.

La población de la zona rebasa los 6 000 habitantes y se agrupa en comunidades entre las que se destaca La Venta de Casanovas con $\frac{1}{3}$ del total de habitantes. Una parte importante de la fuerza laboral activa se encuentra vinculada a la esfera agroproductiva. Todos los asentamientos poblacionales cuentan con electricidad, a partir de las líneas de alto voltaje que existen en la zona. El acceso al agua se realiza principalmente desde el sistema de riego objeto de estudio.

II.2 Caracterización del complejo A-S-P-C y los agregados de riego

II.2.1 Fuente de Abasto

La fuente de abasto la constituye el río Contramaestre, particularmente con la estación de bombeo C3 para toda el área destinada al riego por goteo. Desde la misma el agua es elevada hasta el depósito regulador del mismo nombre con capacidad de 18 000 m³ para a partir de este suministrar el agua por gravedad hacia todas las áreas de riego por goteo.

El diseño del sistema de riego se ha concebido a partir de la estación de bombeo C3 la cual garantiza el volumen de agua necesario a almacenar en el depósito regulador C3 y desde ahí, el agua es conducida por gravedad por medio de una conductora de (PEAD 800 mm incluir las especificaciones de la tuberías según NC del PEAD) hacia el área de riego que abarca todo el sistema y donde se han ubicado convenientemente 7 estaciones de control en las cuales se concentran

los cabezales de filtrado correspondiente a cada área de riego. La planta general del sistema de riego se encuentra en el Anexo 1.

A partir de cada una de la estaciones de control el agua es conducida hacia las parcelas de riego por medio de los cabezales de filtrado en los cuales además se dosifica el fertirriego, las redes de riego parcelarias (tuberías distribuidoras) han sido concebidas de PEAD de 90 PN 6, 75 y 50 mm PN 10 y se han ubicado en la cabecera de las parcelas de manera perpendicular al sentido de siembra, posibilitando ubicar los laterales de goteo inicialmente a lo largo de cada hilera de plantas y posteriormente a ambos lados de cada hilera de planta y soterrados a 30 cm de profundidad.

Todo este funcionamiento se controlará de forma automática mediante electroválvulas ubicadas en cada estación de control; al inicio de cada distribuidora se colocara una válvula manual que permanecerá abierta y solo se accionara para solucionar cualquier rotura.

No se dispone de los parámetros que describen la calidad del agua a utilizar para el beneficio de los cultivos pero la calidad de la misma se considera apta para el riego del cultivo propuesto.

II.2.2 Propiedades de los suelos predominantes

En la zona existe predominio del suelo Pardo con Carbonato Típico, de coloración pardo, pardo oscuro y pardo rojizo. Presenta una profundidad promedio entre 60 y 115 cm, con un contenido de materia orgánica que oscila entre 3.1 y 4 %. No presenta problemas de salinidad y el pH se encuentra entre 6.1 y más de 6.5, el drenaje superficial e interno se considera generalmente bueno, la porosidad y la aireación se califican igualmente buena.

Propiedades hidrofísicas:

- Capacidad de Campo(CC): 51.2 % P.s.s.
- Profundidad de la capa activa: 0.40 m
- Densidad Aparente (α) : 1.04 g/cm³.
- Velocidad de infiltración (Vi): 24 mm/h.

Se asume para el diseño agronómico un descenso tolerable de la humedad aproximado equivalente al 80 % de la CC: Límite productivo = 39.90 % Pss. no se conoce la Conductividad Eléctrica en el extracto de saturación del suelo, se asumirá para el diseño la correspondiente al descenso del 10% de la producción para cultivos cítricos y frutales \approx 2.3 dS/m. Pizarro (1985)

Relieve

La topografía del terreno se corresponde a un relieve combinado, del tipo llanura fluvial-marina, deltaica y ondulada con elevaciones máximas hasta 40–45 m de altura y de llanura marina, abrasivas y abrasivo-denutiva colinosas donde se encuentran elevaciones de hasta 90 m de altura. Las pendientes del terreno se encuentran entre 0.5 y 1.0° (0.87 %–1.75 %). Se dispone para el diseño del levantamiento planimétrico y altimétrico del área a escala 1:2000 con curvas de nivel a equidistancias de 1m.

II.2.3 Características de los cultivos a beneficiar

Se beneficiarán cultivos cítricos, específicamente Naranja con un marco de siembra de 6m entre hileras y 3m entre plantas de una misma hilera, se asumirá un coeficiente de cultivo ($K_c = 0.7$).

Tolerancia a la salinidad:

Se define la resistencia a la salinidad como el valor umbral de la Conductividad eléctrica en la solución del suelo (CEe) por debajo del cual los rendimientos del cultivo no se resienten. A diferencia de este parámetro, la sensibilidad se refiere a como la producción se ve afectada por pequeñas variaciones de salinidad (Tabla 1).

Tabla 1 Tolerancia a la salinidad.

CULTIVO	CE/90	CE/100	RESISTENCIA	SENSIBILIDAD
Naranja	2.3 dS/m	1.7 dS/m	BAJA	16.13 % /c 1

En el caso de los cítricos, la tolerancia a la salinidad está más enfocada a minimizar el efecto tóxico del cloruro (Cl⁻), que a evitar el efecto osmótico de la concentración de sales.

Rendimientos potenciales:

En el caso específico de las áreas de estudio se han obtenidos rendimientos en secano máximo 10 t/ha y con riego 20 t/ha. Aunque la técnica de riego aplicada fue en ese momento aspersion de media presión. No se cuenta con experiencia de riego por goteo en este cultivo en estas áreas.

Diámetro de la copa:

El diámetro promedio de la copa es de 3m.

Altura del cultivo:

El naranjo es un árbol de tamaño mediano, de tres a cinco metros de altura, con copa redondeada y ramas regulares.

II.2.4 Datos climáticos

La zona se caracteriza por un clima tropical del tipo Sabana con dos estaciones bien marcadas, un verano caluroso y húmedo e invierno templado y seco. La temperatura media anual está entre 24 y 25 °C y una evaporación media anual que oscila entre 1 800 y 2 000 mm, la precipitación media anual oscila entre 800 y 1000 mm. Los vientos predominantes son los alisios del WNW-SW con velocidades entre 7-11 Km/h. En la Tabla 2 se ofrecen los valores de precipitación promedio mensual al 75% p y de la evaporación media mensual al 25% de probabilidad de ocurrencia respectivamente.

Tabla 2 Valores de precipitación promedio mensual al 75% p y de la evaporación media mensual al 25% de probabilidad de ocurrencia.

MESES	Precipitación 75 % P (mm)	Evaporación 25% P (mm)
Enero	20	91.9
Febrero	25.7	103.6
Marzo	40	135.4
Abril	66.6	152.6
Mayo	151	141.1
Junio	109.4	123.8
Julio	76.1	145.4
Agosto	91.4	136.8
Septiembre	121.8	118.1
Octubre	172.2	102.2
Noviembre	53.1	90.7
Diciembre	18.1	92.2

II.2.5 Agregados de riego

- Tipo: Cintas de goteo con goteros autocompensantes insertados a equidistancia de 60 cm.
- Rango de compensación: entre 5 y 40 mca.

- Coeficiente de variación de fabricación: son autocompensantes, auto limpiante, anti raíces para emisores soterrados.
- Caudal del gotero: 2.0 L/h.
- Las especificaciones de las tuberías se ofrecen en los anexos.

II.3. Procedimiento de diseño

II.3.1. Procedimiento de diseño de un lateral por hilera

1. Cálculo de las necesidades netas (Nn) [mm/día].

$$Nn = Eto \times Kc \times Kvc \times Kl \quad (1)$$

$$Kl = 0,1 + PC = 0.1 + \frac{Ac}{Amp} = 0.1 + \frac{Sp \times \phi c}{Amp} \quad (2)$$

Dónde:

Eto.- Evapotranspiración del cultivo de referencia [mm/día].

Kc: Coeficiente de cultivo, se asume por la Tarea Técnica = 0.7.

Kl: Coeficiente debido a la localización del riego, este coeficiente ha sido determinado por numerosos procedimientos, hay varios autores que basan su cálculo en la fracción de la superficie sombreada por la cubierta vegetal a mediodía en el solsticio de verano respecto a la superficie total. Estos métodos suponen que a efectos de evapotranspiración, el área sombreada se comporta casi igual que la superficie del suelo en riegos no localizados, mientras que el área no sombreada, elimina agua con una intensidad mucho menor. Hasta estos momentos no está comprobado que entre este coeficiente (Kl) y la fracción del área sombreada por el cultivo exista una relación lineal como proponen dichos autores, por lo que es recomendable al aplicar dichas fórmulas no perder de vista su significado real. Se puede estimar según la expresión de DECROIX.

PC: Fracción de área sombreada por el cultivo.

Ac: Área de raíces activas [m²], por tratarse de cultivos arbóreos que tienen copa definida, se puede utilizar la propuesta de Rodrigo Rodríguez del Instituto de Investigaciones para Cítricos y Frutales, quien considera que las plantaciones de Naranja una vez establecidas se pueden considerar las hileras de plantas como un seto, esto es debido a la poda que tiene lugar durante las actividades agrotécnicas. Su valor numérico se puede estimar por el producto de la

separación entre plantas de una misma hilera y el diámetro promedio de la copa del árbol.

Amp: Área del marco de plantación [m²] = 6 x 3.

Kvc: En el caso del coeficiente de variabilidad climática (entre 1.15 y 1.2) propuesto por Rodrigo López y citado por Pizarro (2000), el mismo no se tendrá en cuenta ya que el valor de la evaporación utilizado para estimar la evapotranspiración del cultivo (ETc) fue obtenido a partir de series medias mensuales de evaporación para una serie de más de 40 años y transformado a una probabilidad de ocurrencia del 10 %P. Considerando así el efecto de la variabilidad climática para estimar las necesidades de agua durante la fase crítica del cultivo.

2. Cálculo de las necesidades totales (Nt) [mm/día].

$$Nt = \frac{Nn}{Cu \times (1-K)} \quad (3)$$

Dónde:

Cu.- Coeficiente de uniformidad se asume el 90 % por sugerencia de la FAO para las condiciones de Cuba.

$$K = LR = \frac{CEar}{2CEes} \quad (4)$$

CE(es): Conductividad eléctrica del agua de riego [dS/m].

CE(es): Conductividad eléctrica del estrato de saturación del suelo [dS/m].

3. Cálculo de la duración del riego (Tr) [h].

$$Tr = \frac{Nt}{e \times Qe} \quad (5)$$

Dónde:

Nt: Volumen de agua a entregar a cada planta (L).

Qe: Caudal de emisor (L/h).

e: Número de emisores que humedecen una misma planta. En este caso se determina gráficamente, representando a escala la hilera de plantas separadas a 3m y la hilera de emisores separados a 0.60m. El volumen de agua a entregar a cada planta se iguala a las necesidades totales determinadas en (3)

y el tiempo que dura el riego será aquel que permita entregar el volumen correspondiente a la cantidad de plantas que exista en la hilera. Este parámetro se ajusta a valores múltiplos de 0.25 h para facilitar el manejo del riego a los operadores del sistema con relojes mecánicos convencionales (Anexo 6).

4. Cálculo de la dosis total (Dt) [mm/día].

$$Dt = e \times Qe \times Tr(ajust) \quad (6)$$

Dónde:

Dt: Dosis total (L).

Qe: Caudal del emisor (L/h).

Tr ajust.- Tiempo de riego ajustado [h].

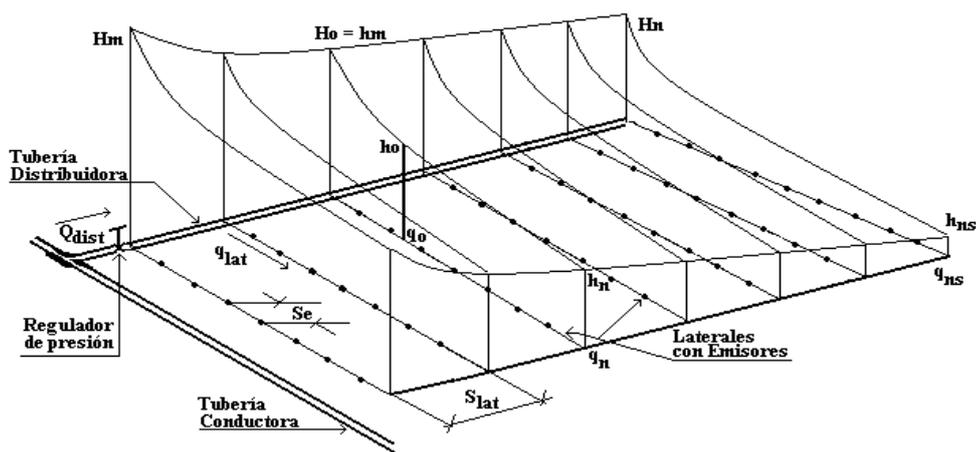
II.3.1.1.- Diseño Hidráulico Variante1: Un lateral por hilera.

El diseño de las parcelas de riego incluye la distribución en planta de la red de riego (distribuidoras y laterales), la determinación de los caudales, los diámetros y el régimen de presiones.

El gráfico identifica las presiones que interesa en el diseño hidráulico de la parcela (Fig. 3). Para emisores autocompensantes, el cálculo se inicia a partir de la presión de trabajo del emisor medio (h_{med}), para calcular el régimen de presiones en el lateral que trabaja con presión media (h_o , $h_{mín}$ y Δh), la restricción de diseño establece que todas las presiones calculadas deben estar dentro del rango de compensación de los goteros como garantía de que los mismos entregarán los caudales previstos por el fabricante y por tanto garantizarán las necesidades de agua determinadas en el diseño agronómico.

Posteriormente se diseñan las tuberías distribuidoras previendo una combinación de diámetros y longitudes en la misma que permita que las presiones dentro de la parcela estén también en el rango de presiones establecido por el fabricante [Presión al inicio de la distribuidora (H_o); Presión mínima en la distribuidora ($H_{míndist}$); Presión mínima en la parcela de riego ($H_{mínPR}$); Presión necesaria en la válvula que alimenta la distribuidora (H_{val}) y el caudal que debe entregar la válvula (Q_{val})].

Figura 3 Esquema de presiones en la parcela de riego (Pizarro, 2000).



Las siguientes fórmulas son utilizadas para los distintos casos que se pueden presentar durante el cálculo de laterales alimentados por un extremo (Fig. 4).

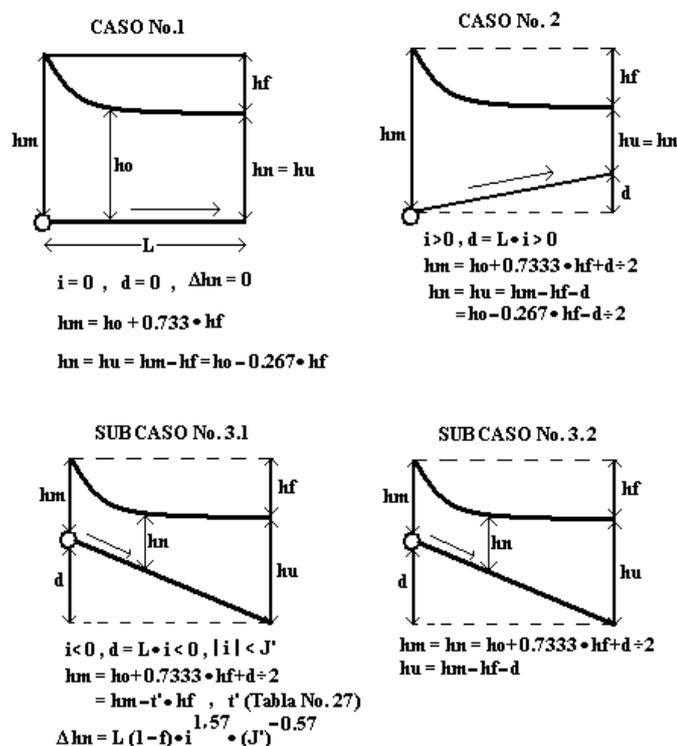


Figura 4 Laterales alimentados por un extremo.

FÓRMULAS GENERALES: (7)

$$h_m = h_o + 0.733 \times h_f + \left(\frac{d}{2}\right) \quad (7a)$$

$$h_f = J' \times F \times L \quad (7b)$$

$$h_u = h_m - h_f - d \quad (7c)$$

$$J' = J \times \left(\frac{Se + Le}{Se} \right) \quad (7d)$$

$$\Delta hn = hu - hn \quad (7e)$$

$$hf = J \times \left(\frac{Se + Le}{Se} \right) \times F \times L \quad (7f)$$

$$hn = hm - hf - d - \Delta hn \quad (7g)$$

$$J_{lateral} = 0.473 \times \phi_{int.}^{-4.75} * Q_{lateral}^{1.75} \quad (7h)$$

Dónde:

Le.- Longitud equivalente de la conexión de un emisor.

F.- Coeficiente de pérdidas por salidas múltiples.

J.- Pérdidas por rozamiento hidráulico.

El cálculo de (Le) se determinó para conexión estándar por:

$$Le = 18.91 \times d^{-1.87} \quad (8)$$

Y donde d es el diámetro interior del lateral en mm.

El coeficiente (F), es función del número de salidas y del exponente del gasto en la ecuación de las pérdidas. El valor de (F) viene dado por:

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2 \bullet n} + \frac{\sqrt{m-1}}{6 \bullet n^2} \quad (9)$$

Dónde:

F → Factor de corrección de las pérdidas de presión en una tubería que entrega en ruta.

m → Exponente del gasto en la ecuación de las pérdidas.

n .- Número de salidas múltiples uniformemente espaciadas.

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO:

1. Presión al inicio del lateral (h_o) [mca].

$$h_o = h_{med.} + (0.733 \times hf) + \left(\frac{d}{2} \right) \quad (10)$$

2. Presión mínima en el lateral ($h_{mín.}$) [mca].

$$h_{mín.} = h_o - hf - d \quad \text{ó} \quad h_{mín.} = h_{med.} - (0.267 \times hf) - \left(\frac{d}{2} \right) \quad (11)$$

3. Variación de la presión a lo largo del lateral (ΔHL_r) [m].

El valor se obtiene por (7e).

4. Se comprueba que las presiones en el lateral estén dentro del rango de compensación ofrecido por el fabricante.

CÁLCULO DE LAS TUBERÍAS DISTRIBUIDORAS.

En el cálculo de distribuidoras se iguala $H_m = h_o$ (Fig. 3) y a partir de H_m se calculan H_o y $H_{mín}$ con la condición ($h_o - H_{mín} < \Delta HD$). Se pueden presentar los casos siguientes.

caso 1.- Parcela rectangular. Diámetro constante.

caso 2.- Parcela rectangular. Diámetro variable.

caso 3.- Parcela no rectangular.

En el primer caso, la distribuidora se puede calcular por los métodos descritos para el cálculo de laterales en las distintas situaciones que se pueden presentar respecto a la pendiente del terreno.

Parcela rectangular. Diámetro variable:

A veces puede convenir, dividir la distribuidora en varios tramos de distintos diámetros, pero en cada caso habrá que estudiar si compensa el ahorro de colocar menores diámetros con el mayor costo de las piezas de reducción y la mayor complicación en la ejecución de las obras. Pero sin dudas hay casos en que el cambio de diámetros puede convenir sobre todo en parcelas grandes con distribuidoras de gran longitud y emisores de bajo caudal.

Cálculo por el método numérico: El método consiste en dividir la distribuidora en tantos tramos como espacios haya entre laterales, a la presión inicial en la distribuidora (H_o) se va descontando la pérdida de carga de cada tramo y restando o sumando el desnivel, según la distribuidora vaya perdiendo o ganando altura. De esta forma se obtiene la presión inicial de cada lateral en función de (H_o), valor aún desconocido. La media de todas estas presiones se iguala a (h_o), presión de entrada del lateral medio, que es un dato del problema. Esto permite calcular (H_o) y la presión al inicio de cada lateral, la menor de las cuales es ($H_{mín}$).

En el caso de estudio:

$$L_{tramo} = 0.473 \times \phi_{int}^{-4.75} \times Q_{tramo}^{1.75} \quad (12)$$

$$D_{tramo} = i \times L_{tramo} \quad (13)$$

$$H_{ftramo} = J \times L_{tramo} \quad (14)$$

$$H_1 = H_o$$

$$H_2 = H_1 - Hftramo_{(1-2)} - Dtramo_{(1-2)}$$

$$H_3 = H_0 - Hftramo_{(1-3)} - Dtramo_{(1-3)}$$

$H_4 = H_0 - Hftramo_{(1-4)} - Dtramo_{(1-4)}$ y así sucesivamente. Seguidamente el promedio de todas las H_0 se iguala a la presión al inicio del lateral medio para obtener la presión al inicio de la distribuidora:

$$\left(\frac{\sum H_i}{Nlat} \right) = h_0 \quad (15)$$

El lateral con menor presión al inicio se obtiene de sustituir el valor H_0 en la distribuidora ($Hmíndist.$).

$$Hmíndist = H_0 - elmayorvabr = elmenorvabr \quad (16)$$

La presión mínima en la parcela de riego se obtiene de restar a la presión mínima en la distribuidora la variación de presión en el lateral que trabajo con presión media:

$$HmínPR = Hmíndist - \Delta hlat \quad (17)$$

A partir de la presión al inicio de la distribuidora se puede obtener la presión necesaria en la válvula, aplicando la ecuación de Bernoulli entre los dos puntos. El caudal a la entrada de la distribuidora será la sumatoria de los caudales del gotero.

II.3.2 Procedimiento de diseño de dos laterales por hilera

En el caso de la variante dos se repite el mismo procedimiento de cálculo de la **Variante 1**, solo varía en el los pasos:(3,4 y se le agrega el paso 5)

3. Área que humedece el emisor (A_e)[m²]. Se calcula gráficamente.

4. Numero de emisores (e) [m²]. Se calcula gráficamente

En el Anexo 2 se ofrecen los valores del Área que humedece el emisor y el Número de emisores.

5. El volumen entregado por el emisor [L/e].

$$V_e = Q_e \times T_r$$

Estos tres pasos varían ya que se le incorporan otro lateral a las hileras de plantas pues esto trae como efecto que el área que humedece los emisores y el área que humedece el emisor se dupliquen. Pero el tiempo de Riego es menos.

Capítulo III
Análisis de los
Resultados

Capítulo III. Análisis de los Resultados

III.1 Resultados del diseño Agronómico

La tabla 3 que le sigue muestra los resultados del diseño agronómico para las dos variantes de diseño.

Tabla 3 Resultados del Diseño Agronómico.

Parámetros	VARIANTES	
	1 Lateral	2 laterales
Necesidades netas [Nn(mm/día)].	4,80	4,80
Necesidades totales [Nt(mm/día)].	5,33	5,33
Profundidad del bulbo húmedo [Pb(m)].	1,16	1,16
Radio del bulbo húmedo [Rb(m)]	0,85	0,85
Volumen aplicado / prueba [Va(l)].	86,40	86,40
Área humedecida por el emisor [Ah (m ²)]	4,52	4,52
Número de emisores/planta [Ne (u)]	5	10
Frecuencia de riego [Ir(días)].	1	1
Duración del riego [Tr(h)]	8,64	4,32
Dosis de riego [Dr(IL/plantas/día)]	86,40	86,40
Volumen aplicado real por emisor [Ve(L)]	17,28	8,64
Porcentaje d/humedecimiento real [PHr(%)]	20,02	40,03

Con relación al diseño agronómico no se reconocen diferencias significativas en los resultados entre una variante y otra, pero es válido destacar que con relación a la superficie humedecida por planta en la variante de dos laterales por hilera, la misma es prácticamente el doble en comparación con la otra variante esto es debido a que como se muestra en los anexos. El número de emisores que humedecen una misma planta es justamente el doble que en la variante de un lateral por hilera. Esto permite que para lograr aplicar dosis similares, en la segunda variante la duración del riego se reduce a la mitad, propiciando un ahorro significativo en el funcionamiento de la instalación de bombeo.

III.2. Resultados del diseño Hidráulico

La tabla 4 que le sigue muestra los resultados del diseño hidráulico para las dos variantes de diseño.

Tabla 4 Resultados del Diseño Hidráulico.

Parámetros	VARIANTES	
	1 Lateral	2 laterales
Longitud del lateral (m)	156.00	156.00
Ø Lateral (mm)	16	16
Gasto del Lateral (L/s)	0.14	0.14
ho (m)	20.00	20.00
hmin (m)	5.00	5.00
Δh (m)	35.00	35.00
Hf Lateral (m)	3.42	3.42
Ho (m)	24.50	24.50
Hmin (m) Distribuidora	20.00	20.00
Hmin (m) parcela	15.00	15.00
Hval (m)	25.00	25.00
Qval (L/s)	3.75	7.51

Los resultados obtenidos cumplen las restricciones de diseño establecidas por el fabricante, al considerar que todas las presiones en los puntos importantes de la red están en el rango de compensación de los goteros (5 a 40 mca) para entregar 2 L/h. Con respecto a los materiales utilizados se puede observar los Anexos 3 y 4.

III.3 Proporciones técnico–económicas

La tabla 5 que le sigue muestra un análisis comparativo del cabezal No 1 en cuanto a el costo de las tuberías por diámetros de cada una de las variantes para obtener un índice de costo por ha regada (Anexo 5).

Tabla 5 Análisis económico comparativo de las variantes e índice técnico económico en peso por hectárea bajo riego.

Parámetros	VARIANTES	
	2 Lateral	1 laterales
Tubería ø 50 mm PN-10	3.114,01	2.538,61
Tubería ø 63 mm PN-10	679,97	1.008,00
Tubería ø 90 mm PN-6	1.076,78	1.288,56
Tubería ø 160 mm PN-6	9.295,53	9.361,64
Tubería ø 200 mm PN-6	5.730,72	9.201,42
Tubería ø 250 mm PN-8	9.267,57	6.442,61
Tubería de 355 mm PN-6	13.820,70	
Tubería de 355 mm PN-8	41.075,21	
Tubería de 110 mm PN-6	3.492,53	

Efectos de doble lateral por hileras de plantas en los Sistemas de Riego por Goteo en cítricos

Tubería de 110 mm PN8	2.165,74	
Tubería de 90 mm PN-8	720,49	
Tubería de 90mm PN-6	479,39	
Tubería de 75 mm PN-6	956,01	
Tubería de 75 mm PN-8	1.912,87	
Tubería de 63mm PN-10	695,28	
Lateral de Goteo 16 mm con gotero autocompensante insertado cada 0,6 m Q=2 L/h	144.690,00	72.345,00
Total	239.172,80	102.185,84
Índice Técnico Económico (MP/ha)	8,11	3,47

Conclusiones

Conclusiones

1. Los procedimientos de diseño utilizados permitieron obtener los parámetros fundamentales para el manejo del riego con las dos variantes.
2. A partir de los resultados obtenidos se establece la red de campo, fundamentalmente las tuberías laterales como el principal indicador de comparación.
3. El costo del movimiento de tierra no presenta diferencias significativas entre las variantes analizadas.
4. El indicador MP/ha del diseño resultó 3.47 MP/ha para la variante de un lateral por hilera y 8.11 MP/ha para la variante que utiliza dos laterales.
5. El costo del sistema de riego por goteo resultó **102.185,84** euros para la variante de un lateral por hilera y **239.172,80** euros para la variante de dos laterales por hilera de planta.

Recomendaciones

Recomendaciones

- 1- Evaluar los parámetros fundamentales del rendimiento de los cultivos como un criterio importante que permitirá valorar la viabilidad de la variante de dos laterales por hilera de cultivos.
- 2- Analizar otras variantes de disposiciones en planta de los emisores que permita aumentar el área humedecida por plantas sin necesidad de colocar otro lateral.

*Referencias
bibliográficas*

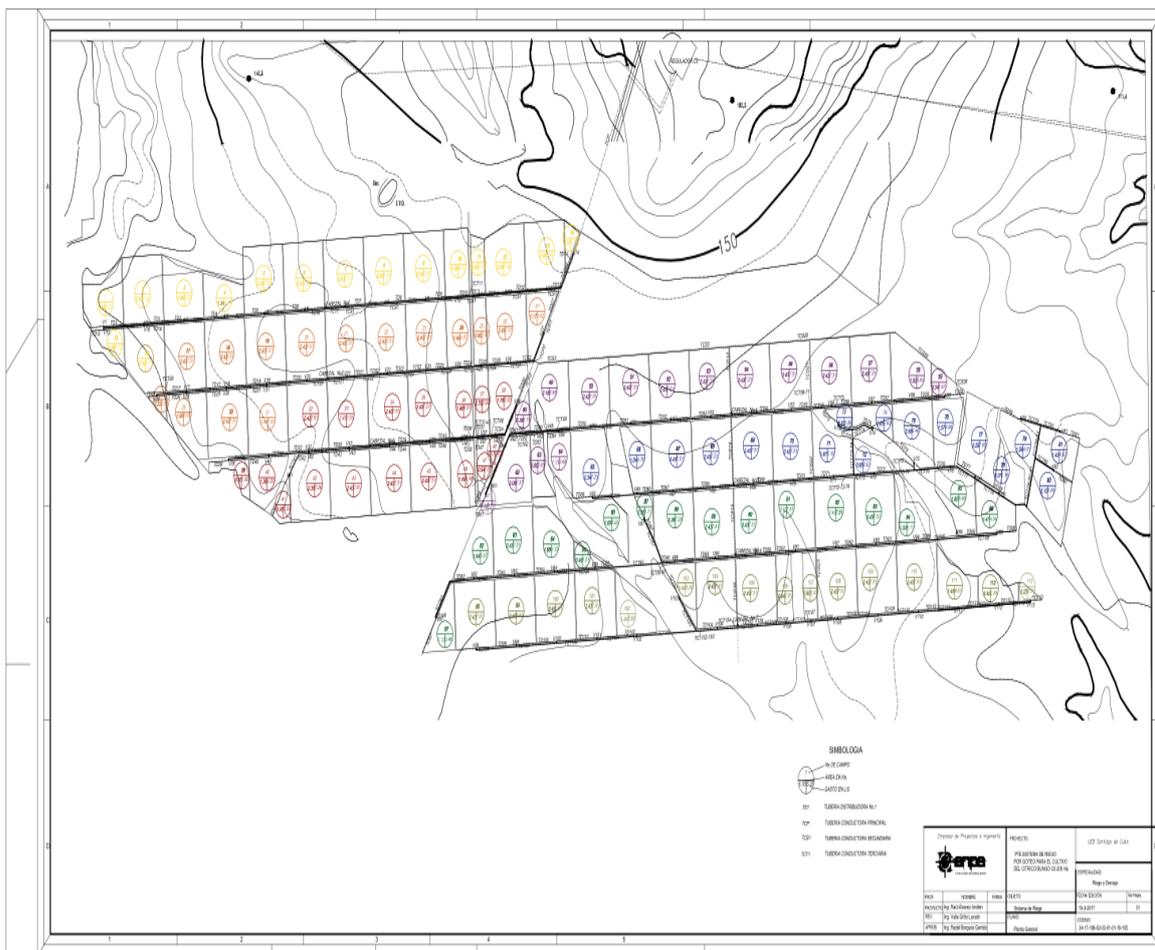
Referencias bibliográficas

- ⌚ Allen, G. Richard, Pereira, S. Luis, Raes, Dirk y Smith Martin. (1998). Crop Evapotranspiration. *Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Estudio FAO Riego y Drenaje*. No. 56, ROMA, p. 302.
- ⌚ Amir, Ilan (1991). *Sprinkle and Trickle Irrigation*. The Netherlands: IHE.
- ⌚ Amir, Ilan (1995). *Sprinkle and Trickle Irrigation (Exercises, Complete Version)*. The Netherlands: IHE.
- ⌚ Brouwer, C.; Heibloem, M.; Prins, K. y Kay, M. (s.f.). "Irrigation Water Management. Training Manual No.5". IRRIGATION METHODS. FAO.
- ⌚ Boswell, J. M. (1990). *Micro-Irrigation Design Manual*. Sevilla: James Hardie Irrigation (IBERIA) S.A., Dos Hermanas.
- ⌚ Colectivo de autores. (1993a). *Nuevos Criterios para el Diseño Agronómico en los Cítricos*. La Habana: I.I.R.y D.
- ⌚ Colectivo de autores. (1993b). *Proyección, Nuevos conceptos de consumo de agua. Nuevas tecnologías*. La Habana: I.I.R.y D.
- ⌚ Depeweg, H.W.Th. (1996). *Field Irrigation and Drainage (Lowhead & Overhead Irrigation methods)*. The Netherlands: IHE.
- ⌚ Dueñas, García R., Assenov, Mondadjiev D., Alonso, Rodríguez N. (1981). *El Riego*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- ⌚ Hernández P., P. (1986). *Manual para la Proyección, Construcción y Explotación de sistemas de Riego Localizado en Cítricos*. La Habana: I.I.R.y D.
- ⌚ Hernández, J. M.; et al. (1987). *El Riego Localizado*. Madrid: Curso Internacional de Riego Localizado.
- ⌚ Mujica C., A.; et al. (1990). *Primer Curso de Proyecto para Sistemas de Riego Localizado*. Ciego de Ávila: Isaca.
- ⌚ Pizarro C., F. (1990a). *Riego Localizado de Alta Frecuencia: GOTEO, MICROASPERSION Y EXUDACION*. Madrid: Ediciones Agrícola.
- ⌚ Pizarro C., F. (1990b). *Drenaje y recuperación de Suelos Salinos*. Madrid: Ediciones Agrícola.

⌚ Torralba E., V. (1988). *Riego Localizado, Conceptos, Peculiaridades Agronómicas y Datos Básicos. Diseño Agronómico e Hidráulico*. La Habana: (s.e.).

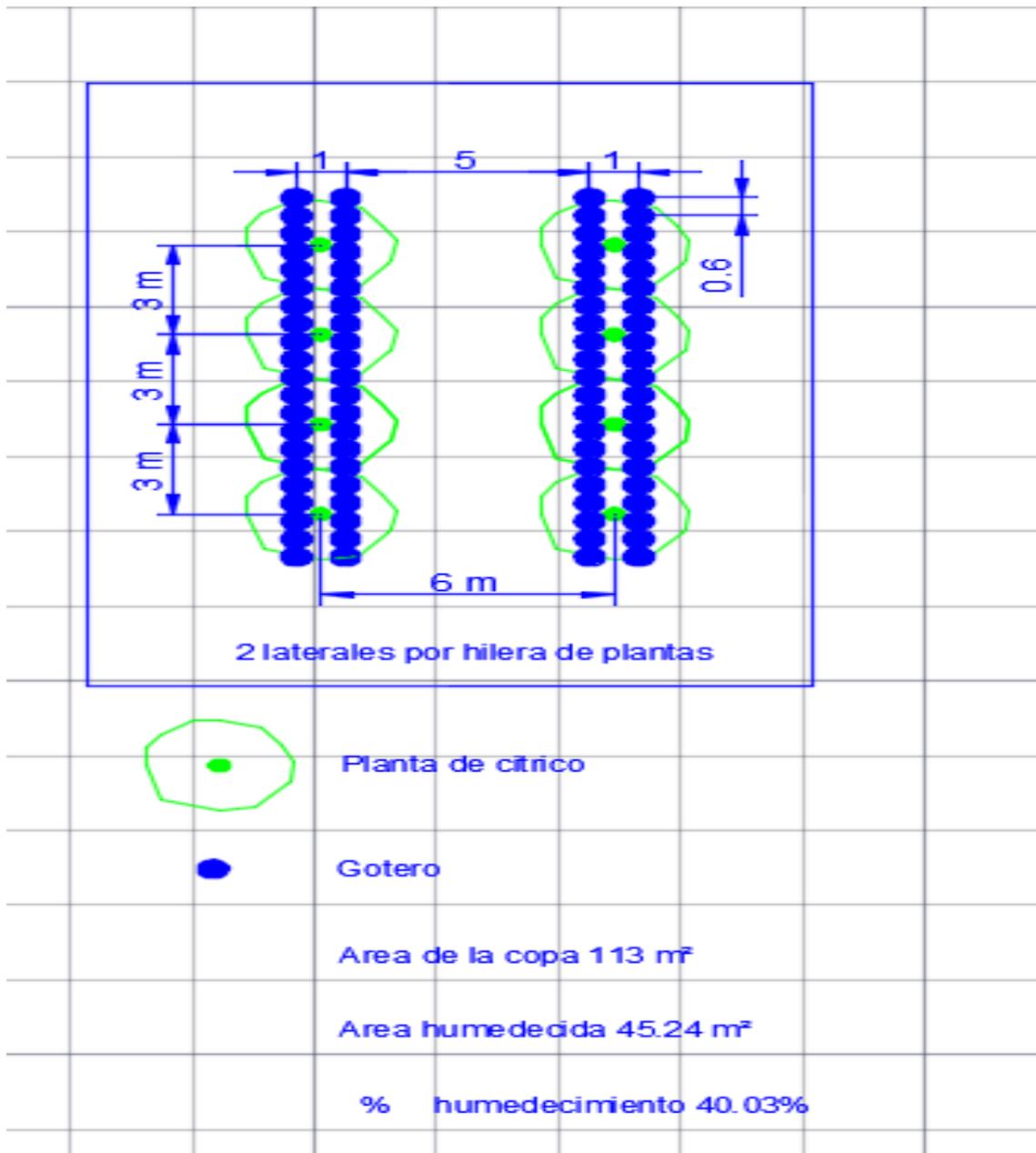
Anexos

Anexo 1 Planta General Sistema de Riego



Anexo 2 Área que humedece el emisor y número de emisores.

Variante de dos laterales



Anexo 3 Listado de Materiales. Variante con 2 laterales

Descripción	UM	Cantidad
Tubería de PEAD Ø 25 mm Pn 10	m	118,00
Tubería de PEAD Ø 32 mm Pn 10	m	42,00
Tubería de PEAD Ø 50 mm Pn 10	m	11.675,00
Tubería de PEAD Ø 63 mm Pn 10	m	2.375,00
Tubería de PEAD Ø 90 mm PN 6	m	1.512,58
Tubería de PEAD Ø 90 mm PN 8	m	569,00
Tubería de PEAD Ø 90 mm PN 10	m	1.713,00
Tubería de PEAD Ø 110 mm PN 6	m	898,97
Tubería de PEAD Ø 110 mm PN 8	m	352,00
Tubería de PEAD Ø 110 mm PN 10	m	1.259,00
Tubería de PEAD Ø 160 mm PN 6	m	2.140,47
Tubería de PEAD Ø 160 mm PN 8	m	526,00
Tubería de PEAD Ø 160 mm PN 10	m	1.840,00
Tubería de PEAD Ø 200 mm PN 6	m	1.688,34
Tubería de PEAD Ø 200 mm PN 8	m	812,00
Tubería de PEAD Ø 200 mm PN 10	m	2.144,00
Tubería de PEAD Ø 250 mm PN 6	m	434,00
Tubería de PEAD Ø 250 mm PN 10	m	968,00
Tubería de PEAD Ø 315 mm PN 6	m	289,00
Tubería de PEAD Ø 315 mm PN 8	m	5,00
Tubería de PEAD Ø 315 mm PN 10	m	25,00
Tubería de PEAD Ø 710 mm Pn 6	m	800,00
Tubería de PEAD Ø 800 mm PN 6	m	1.250,00
Tee de PEAD Ø 90 mm Pn-10	U	22
Tee de PEAD Ø 110 mm Pn-10	U	4
Tee de PEAD Ø 315 mm Pn-10	U	7
Tee de PEAD Ø 315 mm Pn-6	U	1
Tee de PEAD Ø 710 mm PN-6 Reducida a Ø 560 mm PN-10	U	1
Tee de PEAD Ø 800 mm PN-6 Reducida a Ø710 mm PN-10	U	1
Tee de PEAD Ø 800 mm PN-8 Reducida a Ø 250 mm PN-10	U	1
Tee de PEAD Ø 90 mm Pn-10	U	49
Tee de PEAD Ø 90 mm PN-10 Reducida a Ø 50 mm PN-10	U	1
Tee de PEAD Ø 110 mm PN-10 Reducida a Ø 90 mm PN-10	U	15
Tee de PEAD Ø 160 mm PN-10 Reducida a Ø 110 mm PN-10	U	1
Tee de PEAD Ø 160 mm PN-10 Reducida a Ø 90 mm PN-10	U	5
Tee de PEAD Ø 160 mm PN-6 Reducida a Ø63 mm	U	1
Tee de PEAD Ø 160 mm PN-6 Reducida a Ø 90 mm PN-10	U	11
Tee de PEAD Ø 110 mm PN-8 Reducida a Ø 63 mm	U	1
Tee de PEAD Ø 160 mm PN-8 Reducida a Ø 90 mm PN-10	U	8
Tee de PEAD Ø 200 mm PN-10 Reducida a Ø 160 mm PN-10	U	4
Tee de PEAD Ø 200 mm PN-10 Reducida a Ø 63 mm P	U	1
Tee de PEAD Ø 200 mm PN-10 Reducida a Ø 90 mm PN-10	U	16
Tee de PEAD Ø 90 mm PN-6 Reducida a Ø 50 mm PN-10	U	1
Tee de PEAD Ø 200 mm PN-6 Reducida a Ø63 mm PN-10	U	2
Tee de PEAD Ø 200 mm PN-8 Reducida a Ø 75 mm PN-10	U	1
Tee de PEAD Ø 200 mm PN-8 Reducida a Ø 90 mm PN-10	U	4
Tee de PEAD Ø 250 mm PN-10 Reducida a Ø 160 mm PN-10	U	2
Tee de PEAD Ø 250 mm PN-10 Reducida a Ø 90 mm PN-10	U	7
Tee de PEAD Ø 250 mm PN-6 Reducida a Ø 90 mm PN-10	U	3

Efectos de doble lateral por hileras de plantas en los Sistemas de Riego por Goteo en cítricos

Tee de PEAD Ø 315 mm PN-8 Reducida a Ø 110 mm PN-10	U	3
Tee de PEAD Ø 560 mm PN-8 Reducida a Ø 200 mm PN-10	U	1
Tee de PEAD Ø 800 mm PN-6 Reducida a Ø 315 mm PN-10	U	3
Tee de PEAD Ø 560 mm PN-8 Reducida a Ø 315 mm PN-10	U	4
Yee de PEAD 60° Ø 200 mm Pn-10	U	2
Cruceta de PEAD REDUCIDA PEAD 110/ 90 PN-10	U	2
Cruceta de PEAD REDUCIDA PEAD 200/90 PN-8	U	1
Cruceta de PEAD REDUCIDA PEAD 160/ 90 PN-10	U	6
Cruceta de PEAD REDUCIDA PEAD 250/ 160 PN-10	U	1
Cruceta de PEAD Ø 90 mm Pn-10	U	1
Reducido de PEAD Ø 90 /63mm PN-10	U	126
Reducido de PEAD Ø 110 /63mm PN-10	U	30
Reducido de PEAD Ø 110 /75mm PN-10	U	34
Reducido de PEAD Ø 110 /90mm PN-10	U	11
Reducido de PEAD Ø 160 /110mm PN-10	U	7
Reducido de PEAD Ø 160 /90mm PN-10	U	9
Reducido de PEAD Ø 200 /90mm PN-10	U	3
Reducido de PEAD Ø 200 /160mm PN-10	U	16
Reducido de PEAD Ø 250 /200mm PN-10	U	4
Reducido de PEAD Ø 315 /200mm PN-10	U	11
Reducido de PEAD Ø 315 /250mm PN-10	U	5
Tapón de PEAD Ø 90 mm PN-6	U	6
Tapón de PEAD Ø 71 0mm PN-6	U	1
Tapón de PEAD Ø 560 mm PN-6	U	1
Tapón de PEAD Ø 16 mm PN-6	U	790
Ventosa Trifuncional rosca hembra Ø 25 mm	U	16
Ventosa Trifuncional rosca hembra Ø 50 mm	U	5
Ventosa Trifuncional rosca hembra Ø 32 mm	U	2
Ventosa Trifuncional bridada Ø 100 mm	U	2
Válvula de Mariposa bridada Ø 50 mm PN-10	U	32
Válvula de Mariposa bridada Ø 100 mm PN-10	U	3
Válvula de Mariposa bridada Ø 200 mm PN-10	U	1
Válvula de Mariposa bridada Ø 250 mm PN-10	U	1
Válvula de cierre Ø 315 mm PN-10 Unión Bridada	U	1
Válvula de Mariposa bridada Ø 300 mm PN-10	U	4
Electroválvula Ø300 mm	U	7
Válvula de Cuña bridada Ø 80 mm PN-10	U	1
Válvula de Cuña bridada Ø 90 mm PN-10	U	30
Válvula de Cuña bridada Ø 300 mm PN-10	U	2
Válvula de compuerta cierre elástico Ø 80 mm Pn -8 bridada.	U	16
Válvula de compuerta cierre elástico Ø 300 mm Pn-8 bridada.	U	9
Válvula de Bola metálica Ø 3/4" rosca hembra	U	2
Válvula de Bola metálica Ø 1" rosca hembra	U	5
Válvula de Bola metálica Ø 1 1/2" rosca hembra	U	2
Válvula de Bola metálica Ø 2" rosca hembra	U	60
Válvula de Bola PP Ø 25 mm	U	14
Válvula de Bola PP Ø 50 mm	U	7
Válvula de Bola PP Ø 32 mm	U	4
Válvula de Bola PP Ø 100 mm	U	2
Válvula de Bola PP Ø 90 mm	U	3
Carrete de Desmontaje bridado Ø 75 PN-8	U	1
Carrete de Desmontaje bridado Ø 100 PN-8	U	3

Efectos de doble lateral por hileras de plantas en los Sistemas de Riego por Goteo en cítricos

Carrete de Desmontaje bridado Ø 200 mm PN-8	U	1
Carrete de Desmontaje bridado Ø 250 mm PN-8	U	1
Carrete de Desmontaje bridado Ø 300 mm PN-8	U	15
Collarín Universal Con salida en brida Ø560 x 100 mm	U	2
Collarín Universal Con salida en brida Ø 315 x 50 mm	U	4
Collarín Universal Con salida en brida Ø 250 x 50 mm	U	1
Collarín Universal Con salida en brida Ø 200 x 50 mm	U	1
Collarín con salida rosca hembra Ø 200 x 63 mm	U	3
Collarín con salida rosca hembra Ø 200 x 25	U	3
Collarín con salida rosca hembra Ø 160 x 50	U	1
Collarín con salida rosca hembra Ø 160 x 25	U	2
Collarín con salida rosca hembra Ø 110 x 25	U	1
Collarín con salida rosca hembra Ø 90 x 25 m	U	1
Abrazadera PE Salida Simple Ø 200 x 32 mm	U	2
Abrazadera PE Salida Simple Ø 200x 25 mm	U	2
Abrazadera PE Salida Simple Ø 160x 25 mm	U	2
Abrazadera PE Salida Simple Ø 110x 32 mm	U	1
Abrazadera PE Salida Simple Ø 90 x 32 mm	U	2
Abrazadera PE Salida Simple Ø 90x 25 mm	U	2
Abrazadera PE Salida Doble Ø 200 x 63 mm	U	2
Abrazadera PE Salida Doble Ø 200x 32 mm	U	1
Abrazadera PE Salida Doble Ø 160 x 50 mm	U	1
Abrazadera PE Salida Doble Ø 110x 32mm	U	1
Abrazadera PE Salida Doble Ø 90x 25 mm	U	1
Portabrida para Tub. de PEAD Ø 50 mm PN-10	U	8
Portabrida para Tub. de PEAD Ø 75 mm PN-10	U	2
Portabrida para Tub. de PEAD Ø 90 mm PN-10	U	96
Portabrida para Tub. de PEAD Ø 110 mm PN-10	U	10
Portabrida para Tub. de PEAD Ø 200 mm PN-10	U	6
Portabrida para Tub. de PEAD Ø 250 mm PN-10	U	6
Portabrida para Tub. de PEAD Ø 315 mm PN-10	U	25
Brida Ø 315 mm PN-10	U	17
Conj. Brida Acero Sol. /tor,junta Ø 75 mm PN-10	U	3
Conj. Brida Acero Sol. /tor,junta Ø 110 mm PN-10	U	9
Conj. Brida Acero Sol. /tor,junta Ø 90 mm PN-10	U	48
Conj. Brida Acero Sol. /tor,junta Ø 200 mm PN-10	U	5
Conj. Brida Acero Sol. /tor,junta Ø 250 mm PN-10	U	5
Conj. Brida Acero Sol. /tor,junta Ø 315 mm PN-10	U	79
Codo de PEAD 90° Ø 90 mm Pn-10	U	1
Codo de PEAD 90° Ø 315 mm Pn-6	U	1
Codo de PEAD 90° Ø 315 mm Pn-10	U	1
Codo de PEAD 90° Ø 800 mm Pn-6	U	2
Codo de PEAD 60° Ø 90 mm Pn-10	U	1
Codo de PEAD 60° Ø 160 mm Pn-8	U	1
Manómetro Vertical Ø 50 mm R-1/4" E (0-10) Kg/cm ²	U	2
Metrocontador para agua U/brida Ø 300 mm (10 ≤ Q ≤ 151) L/s	U	7
Enlace rosca macho PP(Raccord) Ø 25 mm/ (3/4")	U	4
Enlace rosca macho PP(Raccord) Ø 32 mm/ (1")	U	10
Enlace rosca macho PP(Raccord) Ø 50 mm	U	6
Enlace rosca macho PP(Raccord) Ø 63 mm/ (2")	U	20
Enlace rosca macho PP(Raccord) Ø 90 mm/ (3")	U	99
Enlace rosca hembra Ø 90 mm/ (2")	U	63

Efectos de doble lateral por hileras de plantas en los Sistemas de Riego por Goteo en cítricos

Enlace rosca hembra PP(Raccord) Ø 90 mm/ (3")	U	21
Enlace recto PP (Machón PP) Ø 16 mm	U	884
Conexión Inicial Ø 16 mm	U	3380
Manguito reducido PP Ø63/50 mm	U	30
Manguito reducido PP Ø90/75 mm	U	32
Reducido Ø90/63 mm	U	64
Inserto para Lateral Ø 16 mm	U	790
Manguito reducido PP Ø75/63 mm	U	32
Tapón PP final Ø 16 mm	U	3380
Niple 50 mm x 0.1 m de Acero Soldable rosca macho	U	2
Lateral con goteros insertados cada 0,6m Q=2L/h	m	3544591.98
Tapón PP final PP (Bouchon) Ø90 mm	U	11
Tee PP simétrica tres bocas Ø90 mm	U	60
Codo PP 90° Ø 25 mm	U	18
Codo PP 90° Ø 32 mm	U	4
Machón PP (Niple) rosca-rosca(Macho) Ø (2")	U	93
Tapón PP rosca macho Ø (3/4")	U	1
Tubería de PEAD Ø 560 mm PN 6	m	580,00
Cabezal de Filtrado y Fertirriego	U	7

Anexo 4 Listado de Materiales. Variante con 1 lateral

1	Tubería PEAD 50 mm PN 10	M	56.646,16
2	Tubería PEAD 63 mm PN 10	M	1.166,92
3	Tubería PEAD 75 mm PN 8	M	3.458,63
4	Tubería PEAD 75 mm PN 6	M	10.948,64
5	Tubería PEAD 90 mm PN 8	M	447,66
6	Tubería PEAD 90 mm PN 6	M	3.404,40
7	Tubería PEAD 110 mm PN 8	M	1.266,98
8	Tubería PEAD 110 mm PN 6	M	4.668,46
9	Tubería PEAD 160 mm PN 8	M	2.242,78
10	Tubería PEAD 160 mm PN 6	M	5.355,13
11	Tubería PEAD 200 mm PN 8	M	1.493,18
12	Tubería PEAD 200 mm PN 6	M	3.333,88
13	Tubería PEAD 250 mm PN 8	M	1.203,37
14	Tubería PEAD 250 mm PN 6	M	993,14
15	Tubería PEAD 315 mm PN 8	M	1.157,18
16	Tubería PEAD 315 mm PN 6	M	1.397,28
17	Tubería PEAD 355 mm PN 8	M	182,28
18	Tubería PEAD 355 mm PN 6	M	840,73
19	Tubería PEAD 400 mm PN 8	M	2.123,94
20	Tubería PEAD 400 mm PN 6	M	1.637,75
21	Tubería PEAD 450 mm PN 6	M	477,02
22	Tubería PEAD 500 mm PN 8	M	173,21
23	Tubería PEAD 500 mm PN 6	M	940,58
24	Tubería PEAD 630 mm PN 6	M	1.391,25
25	Tubería PEAD 710 mm PN 6	M	823,49
26	Tubería PEAD 900 mm PN 6	M	1.042,46
27	Lateral de goteo 16 mm con gotero insertado a 0,60 m Q gotero 1,6 l/s	M	1.772.925,99
28	Codos de 90° PEAD Ø= 900mm	u	1
29	Cruceta Reducida PEAD Ø900 x 630mm	u	1
30	Reducción de PEAD Ø 630 x 355 mm	u	1
31	Reducción de PEAD Ø 900 x 710 mm	u	1
32	Yee Reducida de PEAD Ø 710 x 400 mm	u	1
33	Reducción de PEAD Ø 710 x 630 mm	u	1
34	Tee Reducida de PEAD Ø 630 x 400 mm	u	1
35	Reducción de PEAD Ø 630 x 315 mm	u	1
36	Codo 38° de PEAD Ø=315 PN6	u	1
37	Codo 90° de PEAD Ø=355 inyectado PN10	u	1
38	Válvula para cierre Ø=355 mm unión brida-brida	u	2
39	Junta de desmonte PEAD Autoportante Ø=355mm	u	2
40	Codo 90° de PEAD Ø=400 inyectado PN10	u	2
41	Niple PEAD Ø400 mm Brida y Porta brida L=0,30	u	6
42	Válvula para cierre Ø=400 mm unión brida-brida	u	3

Efectos de doble lateral por hileras de plantas en los Sistemas de Riego por Goteo en cítricos

43	Junta de desmonte PEAD Autoportante Ø=400mm	u	3
44	Codo 90° de PEAD Ø=315 inyectado PN10	u	1
45	Niple PEAD Ø315 mm Brida y Porta brida L=0,30	u	10
46	Válvula para cierre Ø=315 mm unión brida-brida	u	5
47	Junta de desmonte PEAD Autoportante Ø=315mm	u	5
48	Tee Reducida de PEAD Ø 630 x 500 mm	u	1
49	Reducción de PEAD Ø 630 x 450 mm	u	1
50	Codo 90° de PEAD Ø=500 PN10	u	2
51	Niple PEAD Ø500 mm Brida y Porta brida L=0,30	u	2
52	Válvula para cierre Ø=500 mm unión brida-brida	u	1
53	Junta de desmonte PEAD Autoportante Ø=500mm	u	1
54	Codo 90° de PEAD Ø=400 PN8	u	1
55	Codo 30° de PEAD Ø=315 PN6	u	1
56	Codo 90° de PEAD Ø=315 PN6	u	3
57	Codo 34° de PEAD Ø=400 PN6	u	1
58	Tee de PEAD Ø 450 mm PN8	u	1
59	Reducción de PEAD Ø 450 x 400 mm	u	1
60	Reducción de PEAD Ø 450 x 315 mm	u	1
61	Codo 90° de PEAD Ø=400 PN6	u	1
62	Tee PEAD segmentado Ø 355 mm PN8	u	1
63	Reducción de PEAD Ø 355 x 250 mm inyectada PN10	u	5
64	Niple PEAD Ø250 mm Brida y Porta brida L=0,30	u	12
65	Válvula para cierre Ø=250 mm unión brida-brida	u	6
66	Junta de desmonte PEAD Autoportante Ø=250mm	u	6
67	Tee PEAD Ø 250 segmentado mm PN8	u	3
68	Reducción de PEAD Ø 250 x 200 mm inyectada PN10	u	13
69	Reducción de PEAD Ø 250 x 160 mm inyectada PN10	u	4
70	Tee PEAD Ø 500mm segmentado PN8	u	1
71	Reducción de PEAD Ø 500 x 355 mm inyectada PN10	u	1
72	Reducción de PEAD Ø 500 x 315 mm inyectada PN10	u	1
73	Reducción de PEAD Ø 315 x 250 mm inyectada PN10	u	3
74	Niple PEAD Ø315 mm Brida y Porta brida L=0,30	u	1
75	Cruceta PEAD Ø=355 segmentado PN8	u	1
76	Niple PEAD Ø250 mm Brida y Porta brida L=0,30	u	3
77	Tee PEAD Ø 200mm segmentado PN8	u	1
78	Reducción de PEAD Ø 200 x 160 mm inyectada PN10	u	1
79	Reducción de PEAD Ø 200 x 75 mm inyectada PN10	u	1
80	Tee PEAD Ø 400mm segmentado PN8	u	2
81	Reducción de PEAD Ø 400x250 mm inyectada PN10	u	2
82	Tee PEAD Ø 250mm segmentado PN6	u	3
83	Reducción de PEAD Ø 250x110 mm inyectada PN10	u	2
84	Tee Reducida de PEAD Ø 200x75 mm PN10	u	3
85	Tee Reducida de PEAD Ø 200x110 mm PN10	u	2
86	Cruceta Reducida PEAD Ø110x75mm Segmentado PN8	u	1
87	Reducción de PEAD Ø 110x75 mm inyectada PN10	u	15

Efectos de doble lateral por hileras de plantas en los Sistemas de Riego por Goteo en cítricos

88	Tee PEAD Ø 75mm inyectado PN10	u	4
89	Tee PEAD Ø 315mm segmentado PN6	u	3
90	Reducción de PEAD Ø 315x250 mm inyectada PN10	u	3
91	Reducción de PEAD Ø 315x200 mm inyectada PN10	u	3
92	Niple PEAD Ø200 mm Brida y Porta brida L=0,30	u	8
93	Válvula para cierre Ø=200 mm unión brida-brida	u	4
94	Junta de desmonte PEAD Autoportante Ø=200mm	u	4
95	Cruceta Reducida PEAD Ø200x160mm Segmentado PN8	u	1
96	Reducción de PEAD Ø 200x75 mm inyectada PN10	u	3
97	Tee PEAD Ø 75 mm inyectado PN10	u	2
98	Cruceta Reducida PEAD Ø250x160mm Segmentado PN8	u	1
99	Reducción de PEAD Ø 250x200 mm inyectada PN10	u	1
100	Tee PEAD Ø 200mm segmentado PN8	u	1
101	Reducción de PEAD Ø 200x160 mm inyectada PN10	u	3
102	Reducción de PEAD Ø 200x110 mm inyectada PN10	u	3
103	Codo 90° de PEAD Ø=160mm inyectado PN10	u	1
104	Codo 53° de PEAD Ø=75mm	u	1
105	Codo 90° de PEAD Ø=400mm	u	1
106	Tee PEAD Ø 160 mm inyectado PN10	u	19
107	Reducción de PEAD Ø 160x75 mm inyectada PN10	u	6
108	Reducción de PEAD Ø 400x315 mm inyectada PN10	u	2
109	Reducción de PEAD Ø 315x90 mm inyectada PN10	u	1
110	Tee Reducida PEAD Ø250x200mm Segmentado PN6	u	1
111	Tee PEAD Ø200 Segmentado PN6	u	2
112	Cruceta Reducida PEAD Ø315x160mm Segmentado PN8	u	1
113	Tee PEAD Ø250 Segmentado PN8	u	1
114	Tee Reducida PEAD Ø400x200mm Segmentado PN6	u	1
115	Reducción de PEAD Ø 400x315mm inyectada PN10	u	1
116	Cruceta Reducida PEAD Ø315x200mm Segmentado PN10	u	1
117	Tee Reducida PEAD Ø200x110mm Segmentado PN6	u	1
118	Niple PEAD Ø110 mm Brida y Porta brida L=0,30	u	2
119	Válvula para cierre Ø=200 mm unión brida-brida	u	1
120	Junta de desmonte PEAD Autoportante Ø=200mm	u	1
121	Codo 90° de PEAD Ø=75mm	u	2
122	Cruceta Reducida PEAD Ø200x75mm Segmentado PN8	u	21
123	Reducido de PEAD Ø 75x63mm inyectada PN10	u	131
124	Válvula para cierre Ø=2" mm Rosca hembra	u	388
125	Válvula eléctrica Ø=2" mm Rosca hembra	u	388
126	Enlace Rosca Hembra Ø63x2"	u	305
127	Machón 2"	u	788
128	Niple L=0,30m Ø63	u	215
129	Reducido de PEAD Ø 200x160mm inyectada PN10	u	15
130	Enlace Rosca Macho Ø63x2"	u	388
131	Cruceta Reducida PEAD Ø160x75mm Segmentado PN8	u	37
132	Reducción de PEAD Ø 75x63 mm inyectada PN10	u	64

Efectos de doble lateral por hileras de plantas en los Sistemas de Riego por Goteo en cítricos

133	Reducido de PEAD Ø 160x110mm inyectada PN10	u	22
134	Cruceta Reducida PEAD Ø110x75mm Segmentado PN8	u	22
135	Tee Rosca Hembra Ø=2"	u	14
136	Enlace Rosca Hembra Ø=75mm x 2½"	u	13
137	Reducción Macho Hembra Ø=2½" x 2"	u	70
138	Cruceta Reducida PEAD Ø75x63mm Segmentado PN8	u	3
139	Codo 55° PEAD Ø=63mm	u	1
140	Codo 90° Rosca Macho PE Ø=63mm x 2"	u	1
141	Tee Reducida PEAD Ø110x75mm Segmentado PN10	u	1
142	Niple PEAD L=2-3m Ø75mm	u	1
143	Codo 45° PEAD Ø=75mm PN8	u	2
144	Reducido de PEAD Ø 110x90mm inyectada PN10	u	18
145	Cruceta Reducida PEAD Ø90x75mm Segmentado PN8	u	17
146	Reducido de PEAD Ø 90x75mm inyectada PN10	u	29
147	Codo 90° Rosca Hembra PE Ø=75mm x 2½"	u	56
148	Tee Reducida PEAD Ø75x63mm Inyectado PN10	u	43
149	Codo 50° PEAD Ø=75mm PN8	u	6
150	Codo 90° PEAD Ø=110mm PN10	u	2
151	Codo 22° PEAD Ø=75mm PN8	u	4
152	Codo 45° PEAD Ø=75mm PN8	u	2
153	Codo 90° PEAD Ø=75mm PN8	u	6
154	Codo 30° PEAD Ø=75mm PN8	u	3
155	Reducido de PEAD Ø 160x90mm inyectada PN10	u	7
156	Tee Reducida PEAD Ø160x110mm Inyectado PN10	u	2
157	Tee Reducida PEAD Ø110x63mm Inyectado PN10	u	15
158	Tee Reducida PEAD Ø90x75mm Inyectado PN10	u	3
159	Tee Reducida PEAD Ø90x63mm Inyectado PN10	u	10
160	Reducción de PEAD Ø 160x63 mm inyectada PN10	u	17
161	Tee PEAD Ø200 inyectada PN10	u	4
162	Reducido de PEAD Ø 200x63mm inyectada PN10	u	4
163	Tee Reducida PEAD Ø110x75mm Inyectado PN10	u	1
164	Tee PEAD Ø160 segmentada PN8	u	4
165	Tee Reducida PEAD Ø200x63mm segmentada PN10	u	6
166	Yee 60° PEAD Ø 200 mm segmentada PN10	u	1
167	Tee PEAD Ø110mm segmentada PN8	u	4
168	Codo 58° PEAD Ø=75mm PN8	u	1
169	Codo 24° PEAD Ø=90mm PN8	u	2
170	Codo 37° PEAD Ø=90mm PN8	u	1
171	Codo 108° PEAD Ø=90mm PN8	u	1
172	Codo 34° PEAD Ø=75mm PN8	u	1
173	Codo 48° PEAD Ø=90mm PN8	u	1
174	Tee Reducida PEAD Ø250x63mm inyectada PN10	u	2
175	Tee Reducida PEAD Ø160x90mm inyectada PN8	u	1
176	Codo 22° PEAD Ø=90mm PN8	u	1

Efectos de doble lateral por hileras de plantas en los Sistemas de Riego por Goteo en cítricos

177	Codo 20° PEAD Ø=75mm PN8	u	1
178	Codo 22° PEAD Ø=75mm PN8	u	1
179	Codo 26° PEAD Ø=75mm PN8	u	1
180	Codo 51° PEAD Ø=75mm PN8	u	1
181	Enlace Rosca Hembra PE Ø90x3"	u	1
182	Reducido Macho Hembra PE Ø3"x2½"	u	1
183	Yee 39° PEAD Ø 90 mm	u	1
184	Codo 40° PEAD Ø=75mm PN8	u	2
185	Codo 82° PEAD Ø=75mm PN8	u	1
186	Tee Reducida PEAD Ø160x75mm segmentada PN6	u	1
187	Codo 74° PEAD Ø=75mm PN8	u	1
188	Codo 30° PEAD Ø=630mm PN6	u	1
189	Codo 27° PEAD Ø=630mm PN6	u	1
190	Cabezal de Filtrado	u	7
191	Controlador de Riego	u	7

Anexo 5 Especificaciones de las tuberías (NC 969:2013)

Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Resistencia	SDR
PEAD 25	20.4	PN 10	11
PEAD 32	26	PN 10	11
PEAD 40	35.2	PN 10	17
PEAD 50	44	PN 10	17
PEAD 63	55.4	PN 10	17
PEAD 75	66	PN 10	17
PEAD 90	79.2	PN 6	17
PEAD 90	81.4	PN 8	21
PEAD 90	83	PN 10	26
PEAD 110	96.8	PN 6	17
PEAD 110	99.4	PN 8	21
PEAD 110	101.4	PN 10	26
PEAD 160	141	PN 6	17
PEAD 160	144.6	PN 8	21
PEAD 160	147.6	PN 10	26
PEAD 200	176.2	PN 6	17
PEAD 200	180.8	PN 8	21
PEAD 200	174.6	PN 10	26
PEAD 250	220.2	PN 6	17
PEAD 250	226.2	PN 10	21
PEAD 315	277.6	PN 6	17
PEAD 315	285	PN 8	21
PEAD 315	290.6	PN 10	26
PEAD 710	625.8	PN 6	17
PEAD 800	705	PN 6	17

Anexo 6 Área que humedece el emisor y número de emisores.

Variante de un lateral.

