



**DISEÑO, INSTALACIÓN Y EVALUACION DE UN SISTEMA DE RIEGO
MODALIDAD GOTEO PARA EL CULTIVO DE LA VID EN EL MUNICIPIO DE
VILLAVIEJA - HUILA**

**CHRISTIAN FERNANDO QUINTERO Q.
RAFAEL EDUARDO POLANIA**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniero
Agrícola

Director
Dr. Armando Torrente Trujillo
Doctor en Ciencias Agrarias

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA INGENIERIA AGRICOLA
NEIVA
Noviembre, 2014**



**DISEÑO, INSTALACIÓN Y EVALUACION DE UN SISTEMA DE RIEGO
MODALIDAD GOTEO PARA EL CULTIVO DE LA VID EN EL MUNICIPIO DE
VILLAVIEJA - HUILA**

**CHRISTIAN FERNANDO QUINTERO Q.
RAFAEL EDUARDO POLANIA**

Director
Dr. Armando Torrente Trujillo
Doctor en Ciencias Agrarias

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA INGENIERIA AGRICOLA
NEIVA
Noviembre, 2014**

Nota de aceptación

Director
Profesor Armando Torrente Trujillo
I.A. Dr. Ciencias Agrarias

Firma Jurado
Profesor Miguel Germán Cifuentes Perdomo
I.A. Esp. Irrigación

Firma Jurado
Profesor Carlos Emilio Reina Galeano
Ingeniero Agrónomo

DEDICATORIA

Dedico este proyecto:

A Dios en primer lugar, por darme la salud y fortaleza para sacar adelante mi carrera profesional.

A mis padres por el esfuerzo que hicieron durante todo este tiempo, a pesar de las dificultades siempre confiaron en mí y hoy doy gracias a ellos por ser la persona que soy.

A mis hermanos y familia en general, que me apoyaron de una manera incondicional, sus consejos y disposición plena, fueron de gran valor para mí durante todo este proceso.

A mi novia por su cariño y amor brindado, influyeron también para que este logro se hiciera realidad.

Y a todas las personas que me acompañaron durante este maravilloso proceso siempre les estaré agradecido; sus conocimientos, consejos y afecto brindado lo recordaré siempre. Dios los bendiga.

CHRISTIAN Q.

Dedico este proyecto:

A Dios por darme la fortaleza, la vida y la guía para poder obtener este logro tan importante en mi vida.

A mi querida madre LUZ DARY ALZATE quien me brindo amor y apoyo incondicional para poder cumplir mi sueño de ser profesional, a mí amado padre RAFAEL POLANIA por su sacrificio y su valor para hacer de mi un hombre de bien, a mi amada abuela LUCINDA HERNANDEZ por su amor, dedicación, sacrificio y entrega día a día. A ellos le debo todo lo que soy y con mi alma y lágrimas en mis ojos les dedico este gran logro.

A tos mis hermanos Natalia, Tatiana, Anderson, Cristian, Wilson y en especial a Kevin, Karen, Henry y Mario por su incondicional apoyo a lo largo de este sueño.

A mi esposa Cristina Tamayo y mi amado hijo Esteban por ser mi luz y mi motor para lograr todos mis sueños, su apoyo y amor incondicional hicieron posible este título

A todos mis compañeros de carrera en especial a mis grandes amigo, Christian mi compañero de tesis, a Fabián y Jhon; por su gran amistad y apoyo que hicieron de esta etapa una experiencia única e inigualable.

A todos los profesores del programa de ingeniería agrícola por ser los guías en este proceso de formación como profesional, mil gracias por sus conocimientos y paciencia.

A mi director de tesis Ing. ARMANDO TORRENTE por ser mi guía en este proyecto, a Gilberto por su colaboración a lo largo de proyecto, a los jurados.

Mil y mil gracias a todos por apoyarme en momentos difíciles y disfrutar junto a mis triunfos, gracias por acompañarme en mi formación profesional y personal.

RAFAEL P.

Agradecimientos

Expresamos nuestros agradecimientos a:

La Universidad Surcolombiana (Neiva), por su misión formadora e integral, en especial al grupo de docentes del programa de Ingeniería Agrícola por brindarnos sus conocimientos y experiencias; durante el transcurso de nuestras carreras.

Al Ingeniero Agrícola Dr. Armando Torrente Trujillo, director del proyecto; por sus orientaciones, paciencia y opiniones, que hicieron posible la realización de esta tesis de grado.

Al Ingeniero Agrícola Esp. Miguel Germán Cifuentes, por permitirnos trabajar bajo su metodología, aportándonos su experiencia y conocimiento en proyectos de riego.

Al Ingeniero Agrónomo Carlos Emilio Reina, por permitirnos desarrollar e implementar nuestro proyecto, su paciencia y amabilidad, la recordaremos siempre.

A Don Gilberto, mayordomo de la finca; por su colaboración, paciencia y amabilidad.

Y en general a todas las personas que hicieron posible la realización de este proyecto, muchas gracias.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	12
1. MARCO CONCEPTUAL	13
1.1 El sistema de riego por goteo	13
1.2 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de la vid	14
1.3 Control de riego deficitario en el cultivo de la vid	16
1.3.1 Riego deficitario controlado	17
1.3.2 Secado parcial de raíces	18
2. DESCRIPCION DEL PROYECTO	21
2.1 LOCALIZACION	21
2.2 INFORMACION BASICA	22
2.2.1 Suelo	22
2.2.2 Agua	22
2.2.3 Climatología	22
2.2.4 Cultivo	23
2.2.5 Topografía	23
2.2.6 Infiltración	23
2.3 SISTEMA DE RIEGO	23
2.3.1 Diseño de riego	23
2.3.2 Simulación del sistema de riego	23
2.3.3 Instalación del sistema de riego	23
2.3.4 Evaluación del sistema de riego por goteo	24
3. RESULTADOS	25
3.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO	25
3.1.1 Caudal disponible para el proyecto	25
3.1.2 Cálculo requerimientos hídricos del cultivo de la vid	25
3.1.3 Cálculo de parámetros de riego	26
3.1.4 Balance hídrico	26
3.1.5 Unidad de riego por goteo	27
3.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	28
3.3 INFILTRACIÓN DEL SUELO	28
3.4 TRAZADO DEL CULTIVO Y DEL SISTEMA DE RIEGO	29
3.5 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO Y SIMULACION	30
3.6 CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y UNIDAD DE BOMBEO	31
3.7 UNIDAD DE FILTRADO, TUBERÍA PRINCIPAL Y MÚLTIPLE	32
3.8 SECTOR DE RIEGO Y LINEAS DE LATERALES	33
3.9 PRESUPUESTO	34
3.10 INTALACION	34
3.11 EVALUACION DEL SISTEMA DE RIEGO	34
3.11.1 Eficiencia de aplicación Coeficiente de uniformidad (Cu)	35
4. CONCLUSIONES	38
5. RECOMENDACIONES	39
BIBLIOGRAFIA	40

	Pág.
ANEXOS	
Anexo 1. Resultado análisis físico de suelos del predio Villa Regina	42
Anexo 2. Información climatológica - IDEAM. Estación San Alfonso	43
Anexo 3. Porcentaje (p) de número máximo de horas de insolación mensual Respecto al total anual según latitud	45
Anexo 4. Cálculo de los requerimientos hídricos	46
Anexo 5. Características del gotero	48
Anexo 6. Presupuesto detallado	49
Anexo 7. Instalación de riego por goteo	51
Anexo 8. Evaluación del sistema de riego por goteo	55
Anexo 9. Cálculo de la eficiencia de aplicación	57
Anexo 10. Valores F para pérdidas en múltiples salidas, Fórmula Hazen-Williams	57
Anexo 11. Longitud Equivalente de conexiones en tuberías en m.	57
Anexo 12. Perdidas de presión (j) en tuberías de polietileno PR PAVCO para riego y conducciones agrícolas, según la combinación de fórmulas de Hazen- Williams y Darcy- Weisbachs	58
Anexo 13. Coeficiente de cultivo en diferentes estados fenológicos (Kc)	58
Anexo 14. Pérdidas de presión (j) tuberías PVC RDE 26 uso agrícola, según La fórmula de Hazen-Williams en m/100.	59
Anexo 15. Bomba Barnes línea caracol.	60
Anexo 16. Cálculos Hidráulicos	62

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Instalaciones necesarias para el riego por goteo	14
Figura 2. Cultivo de la vid	16
Figura 3. Localización del Área	21
Figura 4. Área de influencia y topografía 3D	22
Figura 5. Disposición de área (m ²)	22
Figura 6. Reservorio y aforo de la bomba	25
Figura 7. Balance Hídrico	27
Figura 8. Unidad de Riego y su funcionamiento	27
Figura 9. Trazado de siembra y ubicación de goteros	28
Figura 10. Altimetría y Planimetría del terreno	28
Figura 11. Infiltración de agua en el suelo	29
Figura 12. Distribución sistema de riego por goteo	30
Figura 13. Esquema general sistema de riego por goteo	30
Figura 14. Simulación del sistema de riego por goteo	31
Figura 15. Captación, Almacenamiento y Unidad de Bombeo	31
Figura 16. Unidad de filtrado	32
Figura 17. Tubería principal y múltiple de riego	32
Figura 18. Sector de riego	33
Figura 19. Línea de laterales y Unidades de Riego	33
Figura 20. Tapón de lavado	34
Figura 21. Esquema instalación de un sistema de riego por goteo	35
Figura 22. Aforo de la unidad de riego y medición de la presión	35
Figura 24. Medición de la presión en el sector de riego	36
Figura 25. Aforo del sistema de riego	37

LISTADO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Cálculo de evapotranspiración referencia	25
Tabla 2. Propiedades físicas del suelo	26
Tabla 3. Cálculo requerimientos hídricos	26
Tabla 4. Prueba de infiltración	29
Tabla 5. Trazado de siembra de riego y cultivo	29
Tabla 6. Presupuesto	34
Tabla 7. Eficiencia de aplicación	35

RESUMEN

Para la producción agrícola tecnificada del cultivo de la vid en zonas semiáridas del norte del departamento del Huila, se diseñó un sistema de riego por goteo. Con éste modelo de diseño, se pretende dar solución parcial a problemas de auto-sostenibilidad en áreas incultas buscando promover la actividad agrícola productiva que contribuya al autoabastecimiento y la generación de ingresos. El sistema de riego por goteo consta de un reservorio de 12 m³, el cabezal y la red de riego constituido por una bomba de 1 HP, un filtro de anillos y una red de tuberías de distribución en polietileno con goteros auto-compensados de 4 l/h. El sistema de riego se diseñó teniendo en cuenta la topografía, las condiciones climáticas, las características del suelo y las necesidades hídricas del cultivo, obteniendo una eficiencia en la operación del 93%, calificando la eficiente operación del riego, lo que garantiza la viabilidad del proyecto para la actividad productiva de la vid.

Palabras clave: Cultivo vid, riego por goteo, sistema de riego, riego en vid.

ABSTRACT

For the technicized agricultural production of the cultivation of the vine in semiarid zones of the north of the department of the Huila, designed a system of irrigation for drip. With this one model of design, tries to give him partial solution to problems of auto-sustainability in uncultivated areas seeking to promote the agricultural productive activity that he contributes to the self-supply and the generation of income. The system of irrigation for drip consists of a reservoir of 12 m³, head and the network of irrigation constituted by a bomb of 1 HP, a filter of rings and a network of distribution pipelines in polyethylene with droppers auto-compensated for 4 l/h. The system of irrigation was designed bearing in mind the topography, the climatic conditions, the characteristics of the soil and the water needs of the cultivation, obtaining efficiency in the operation is of 93 %, qualifying the efficient operation of the irrigation, which guarantees the viability of the project for the productive activity of the vine.

Keywords: vine cultivation, irrigation for drip, system of irrigation, irrigation in the vine.

INTRODUCCION

La escasez mundial de los recursos no renovables conlleva a hacer uso eficiente y racional de estos, para la sostenibilidad agrícola. Por lo anterior, recursos como el agua son de vital importancia, especialmente en áreas secas semiáridas, dependiendo tanto de su manejo como de la operación, la disponibilidad para el debido aprovechamiento en el beneficio de áreas agrícolas. Los riegos a presión localizados facilitan la aplicación dosificada y uniforme de agua a los cultivos en cualquier condición de relieve y además garantiza pérdidas bajas a lo largo del sistema.

La fruticultura se posiciona como uno de los renglones más importantes y promisorios de la economía huilense y colombiana, siendo el departamento del Huila el segundo productor nacional de frutas. El cultivo de la vid es uno de los cultivos priorizados en el departamento, cuya producción promedio alcanza 3.237,6 tn/año, siendo el municipio de Tarqui el mayor productor con más de 1000 tn/año.

El proyecto pretende dar a conocer las bondades de este sistema de riego en cultivos como la vid en condiciones de áreas secas semiáridas, sectores donde escasea la disponibilidad de agua para la agricultura, y se constituye en un reto para las comunidades minifundistas con miras a la tecnificación del agro, como también busca promover la modernización y su incursión en los mercados regionales y nacionales. La instalación de un sistema de riego por goteo posibilita una mejora tecnológica importante y una alternativa económicamente viable, ajustada a los cambios de clima, los cuales han obligado a modificar las áreas de siembra según la disponibilidad de agua y el régimen de lluvias, haciendo que se tenga una mayor productividad con el mínimo consumo de agua.

Una de las razones principales de la viabilidad del proyecto, es que a pesar de que su costo inicial por la implementación del sistema de riego localizado es relativamente alto, posee grandes ventajas con relación a otros sistemas de riego, permitiendo dosificar tanto las dosis de agua como de fertilizantes, lográndose adaptar a cualquier topografía y clima alcanzando uniformidad de aplicación a lo largo de todo el sistema y una mayor eficiencia en conducción, distribución y aplicación.

1. MARCO CONCEPTUAL

1.1 EL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

El riego por goteo se ha definido como la aplicación lenta pero frecuente de bajas cantidades de agua directamente en la zona de las raíces de la planta, motivo por el cual se disminuye significativamente las pérdidas por evaporación superficial, escorrentía y percolación que invariablemente ocurre en los métodos de riego tradicional. Los componentes principales de un sistema de riego por goteo son:

- **La fuente de agua:** Puede consistir de aguas tratadas, agua de pozo, canales, ríos y lagos. El agua limpia es esencial en el riego por goteo. Si se utiliza agua de pobre calidad, los contaminantes físicos y las sustancias químicas o biológicas pueden obstruir las líneas y los emisores.
- **La bomba y la unidad de energía:** Las bombas y las unidades de energía representan una parte significativa del costo inicial de un sistema de riego por goteo. Por consiguiente al seleccionar el equipo correcto, conviene conocer las características de operación. Se debe adquirir un equipo de bomba y unidad de energía eficaz, confiable y de bajo precio.
- **El sistema de filtración:** Es una unidad muy importante y estratégica en el cabezal, dado que su acción impide el taponamiento de emisor
- **El sistema de controles:** Son elementos electrónicos que permiten automatizar el accionamiento de la red y a la vez operar en forma secuencial el riego en distintos sectores. Se usan también para automatizar el proceso de limpieza de filtros. Entre los elementos de regulación y control de flujo están las válvulas de distinto tipo: de paso, reguladores de presión, de retención (check), hidráulicos, electrónicos, volumétricos, etc.
- **El sistema de distribución de agua:** Evidentemente la red de tuberías con sus distintos diámetros, reductores y accesorios son la estructura del riego por goteo. El hecho de que hoy exista el PVC y polietileno, han facilitado la difusión de este sistema por sus ventajas de transporte, su facilidad en el corte y en el pegado y al mismo tiempo dureza y resistencia ante los cambios de temperatura.
- **Los emisores:** Los dispositivos de emisión de agua (goteros) son únicos para el sistema de riego por goteo. Los goteros descargan agua en pequeñas cantidades a través de orificios pequeños (figura 1).

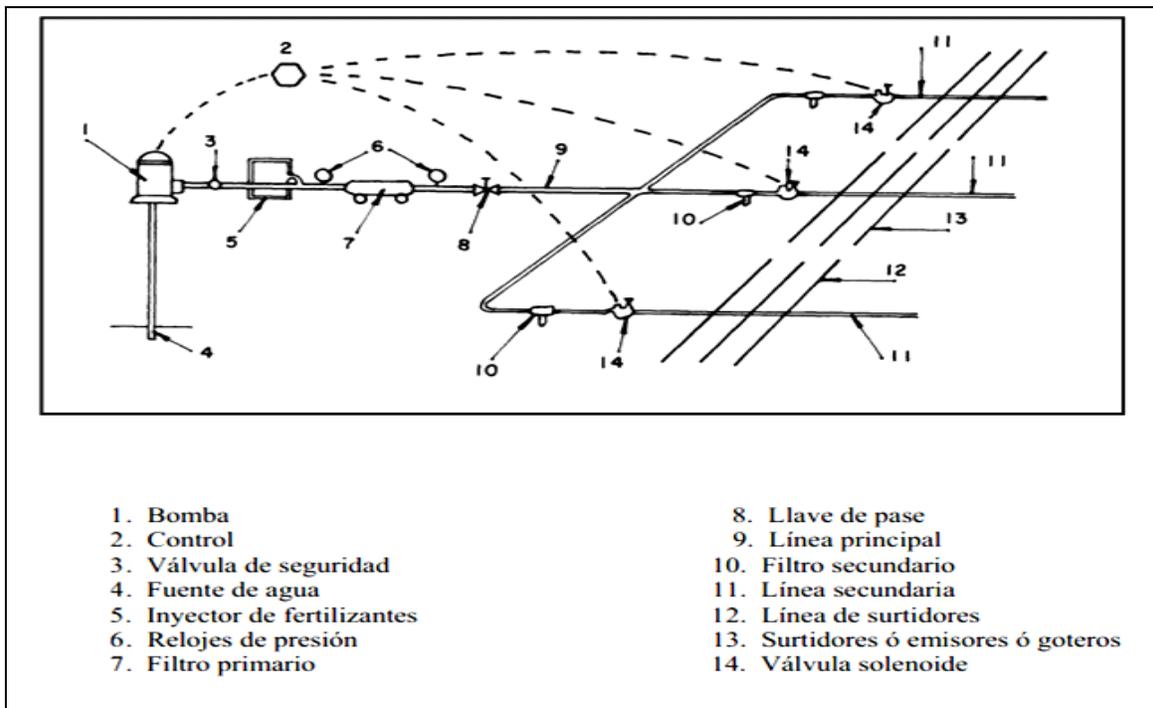


Figura 1. Instalación necesaria para el riego por goteo

Fuente: https://www.ace.uprm.edu/~m_goyal/dripirrigation.htm

1.2 REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE LA VID

Altitud. El cultivo de la vid crece, se desarrolla y produce bien desde los 900 a los 1600 msnm, aunque dependiendo de otra condiciones climáticas, puede adaptarse desde el nivel del mar hasta los 2100 msnm.

Temperatura. La vid se adapta a regiones de muy variadas temperaturas, la zona vitícola se encuentra en 24°C de temperatura promedio y resiste una amplia variación de temperatura en el día y la noche, que favorecen la acumulación de edulcores. Las temperaturas demasiado altas (30-34°C), especialmente acompañadas de sequedad, viento caliente y seco, son temperaturas que queman hojas y racimos. Las temperaturas óptimas para el cultivo de la vid en sus distintas etapas de desarrollo serían las siguientes:

- Apertura de yemas: 9-10°C
- Floración: 18-22°C
- De floración a cambio de color: 22-26°C
- De cambio de color a maduración: 20-24°C
- Vendimia: 18-22°C

Precipitación. Se recomienda que sea menos de 800 mm por año en épocas bien marcadas, para que se disminuya el riesgo de enfermedades, pero es necesario contar con el riego suficiente para el crecimiento y producción del cultivo. La distribución de lluvias en el cultivo sería aproximadamente la siguiente:

- Durante la brotación: 14-15 mm. Hay una intensa actividad radicular, que resulta promovida por la lluvia.
- Durante la floración: 10 mm. Las lluvias resultan por lo general perjudiciales.
- De la floración al cuajado de los frutos: 40-115 mm. Es necesaria una intensa fotosíntesis.
- Entre el cuajado y la maduración: 80-100 mm. Es necesaria una intensa fotosíntesis.
- Durante la vendimia: 0-40 mm. Las lluvias suelen ser perjudiciales.

Luminosidad. Para la acumulación de azúcares se hace necesario contar con una buena luminosidad para este cultivo, la vid requiere entre 1833 a 1891 horas luz/año, de brillo solar.

Humedad relativa. La humedad relativa en general debe ser muy baja; debe estar por debajo del 60% para evitar la presencia de enfermedades.

Vientos. Vientos fuertes pueden causar estrés por sequía, cuarteamiento del fruto y alta incidencia de Oídium y por consiguiente, disminución y deterioro de la calidad. Se recomiendan velocidades promedio de 1.5 m/s.

Suelo. Las características físicas del suelo determinan la aptitud de un terreno para la vid, las ideales son las texturas medias o francos con buena estructura o sueltos, también deben ser profundos, es decir, que no deben existir limitaciones en la penetración de las raíces, tales como capas arcillosas compactas o capas endurecidas, limitan el desarrollo de las raíces y pueden producir encharcamientos ocasionando pudrición de las mismas. El nivel freático debe permanecer como mínimo a 1.5 m de la superficie durante el año y el suelo debe poseer una buena permeabilidad.

Desde el punto de vista químico, la fertilidad es el segundo factor que determina la aptitud del suelo para el cultivo de la vid. El suelo debe estar provisto de materia orgánica con un contenido mayor del 2%, tener contenidos disponibles de elementos mayores y menores, pues su deficiencia, afecta la producción y la calidad por lo que sea hace necesario la fertilización adecuada y oportuna (figura 2).



Figura 2. Cultivo de Vid

Fuente. <http://www.freshplaza.es/mail/2012/06/14.htm>

La vid se adapta a muchísimos terrenos. Además hay una cierta gama de portainjertos que permite adaptarse a las más variadas exigencias. Un componente importante del terreno es la materia orgánica. También estos valores han de ser interpretados en base a la granulometría, ya que un contenido del 1% de materia orgánica indica un estado de pobreza mucho más grave en un terreno arcilloso, donde la descomposición es normalmente lenta, que en uno arenoso, donde la descomposición es generalmente rápida.

1.3 CONTROL DE RIEGO DEFICITARIO EN EL CULTIVO DE LA VID

De las prácticas culturales que se aplican en el cultivo de la vid, el uso del riego es probablemente la que más influencia tiene sobre el desarrollo vegetativo, la productividad de las cepas y la calidad de las uvas. Esto es especialmente cierto en las viñas cultivadas en zonas de clima mediterráneo, caracterizadas por inviernos fríos y veranos cálidos y secos, que provocan una elevada evapotranspiración de las reservas hídricas del suelo.

El uso eficiente del agua, entendida como kilos de uva producidos por unidad de agua aplicada en las viñas, es una exigencia crítica para la expansión y sostenibilidad del riego en viticultura, habida cuenta de la escasez de los recursos hídricos y por tanto de la cada vez mayor competencia en el uso de los mismos. Si dejamos a un lado la posible agua de lluvia que caiga en las viñas, el uso eficiente del agua dependerá principalmente de la eficiencia del sistema de riego, de la eficiencia con que las cepas absorban el agua y de la eficiencia con que las plantas realicen la fotosíntesis, transformando el agua y el dióxido de carbono en azúcares; de aquí que algunos autores, y desde un punto de vista científico,

definan el uso eficiente del agua como la relación entre la materia seca producida por unidad de agua empleada.

Para obtener producciones de calidad, especialmente con variedades tintas, es imprescindible que las plantas sufran un estrés hídrico en determinados momentos de su ciclo reproductivo y que las producciones no superen determinadas cantidades, cambiantes en función de las variedades y de las técnicas de cultivo, por encima de las cuales la calidad cae vertiginosamente. Un buen manejo del riego en zonas áridas con escasa pluviometría permite un buen control del aparato vegetativo y la obtención de racimos de calidad.

En general, existen dos técnicas de manejo del agua, el riego deficitario controlado (RDC, más conocido por sus siglas RDI), del inglés *Regulated Deficit Irrigation*, y el secado parcial de las raíces o PRD, del inglés *Partial Rootzone Drying*, que se han diseñado para limitar el desarrollo de la vegetación y mejorar el uso eficiente del agua en plantas perennes como la vid, cítricos o frutales.

1.3.1 Riego deficitario controlado. El riego deficitario controlado puede definirse como "la práctica de regular y restringir el agua de riego empleada en un cultivo, tratando de aplicarla en los momentos en los que su eficacia sea máxima, de acuerdo con los objetivos del cultivo".

Algunos estudios indican que la aplicación de un estrés moderado entre cuajado y envero puede ser una buena estrategia de RDC en vid (principalmente para variedades tintas), produciendo una mejora en la calidad de la uva y en la eficiencia en el uso del agua, sin reducir significativamente la producción. Con esta estrategia de RDC se consigue controlar el crecimiento vegetativo y el tamaño de los frutos (McCarthy, 1997), mejorando algunos parámetros de calidad de la uva como los °Brix, el contenido en antocianinas, la acidez y el índice de polifenoles totales. Esta disminución en el tamaño de la baya es importante ya que algunos compuestos que determinan la calidad del vino, como los antocianinas, se localizan principalmente en la piel del fruto y un incremento en la relación piel/pulpa (mayor superficie respecto al volumen de fruto) puede incrementar la concentración de antocianinas y mejorar la calidad de la uva y el vino.

Otros trabajos también señalan ventajas a la aplicación de un estrés hídrico después del envero si se quiere incrementar la acumulación de antocianinas y compuestos fenólicos en el fruto (Dry *et al.*, 2001), mejorando el color, el aroma y el sabor del vino (Goodwin, 2002); sin embargo, otros autores consideran que la aplicación o la continuación de un estrés hídrico después del envero y durante la fase de maduración, puede reducir la producción (debido a un menor tamaño de fruto) de modo significativo si se produce un excesivo estrés hídrico en esta fase

(Kriedemann y Goodwin, 2003). En este sentido, McCarthy (1997) concluyó que la continuación de un estrés hídrico después del envero no implica una maduración más rápida ni un incremento en el desarrollo del color, y además la acumulación de azúcares (°Brix) puede ser inhibida si el estrés continúa después del envero. No obstante, la elección de la estrategia más apropiada de RDC dependerá de los objetivos (en cuanto a calidad y producción) que el viticultor quiera conseguir y de las condiciones edafoclimáticas de sus viñas.

1.3.2 Secado parcial de las raíces. El *Partial Rootzone Drying (PRD)* emplea la respuesta bioquímica de las plantas sometidas a estrés para lograr un equilibrio entre el desarrollo vegetativo y el productivo, consiguiendo con ello una mayor eficiencia en el uso del agua al aumentar los kg de uva por m³ de agua empleada en el riego.

Investigando los cambios fisiológicos que ocurren en la planta sometida a estrés hídrico, se observó un aumento del ácido abscísico (ABA) producido en las raíces y transportado por la corriente de savia hasta las hojas. Esta es la primera señal que emite la planta para defenderse de la pérdida de agua cuando su nivel en el suelo se sitúa por debajo de un determinado umbral (Loveys *et al.*, 2000). La presencia del ABA en las hojas provoca el cierre parcial de los estomas, pequeños orificios que existen en el envés de las hojas por donde las plantas realizan la transpiración y la fotosíntesis, siendo el proceso esencial en la vida de las plantas mediante el cual se transforma el CO₂ del aire en hidratos de carbono.

Cuando todo el sistema radicular de una planta experimenta un déficit de agua, se inicia la síntesis de ABA en las raíces y, a medida que el potencial hídrico disminuye, se sintetiza también en las hojas. El resultado es una alta concentración de ABA debido a una combinación de transporte desde las raíces y síntesis en las hojas. Sin embargo, cuando sólo una parte de las raíces permanece seca, como en el caso de PRD, la acumulación de ABA que se observa en las hojas sólo es influenciada por el transporte que llega desde las raíces. El potencial hídrico foliar no se ve afectado, y por lo tanto la maquinaria que sintetiza ABA en las hojas no es activada.

En los primeros ensayos realizados con vid, se observó que la respuesta de la parte de las raíces sometida a estrés hídrico, era transitoria y que, al cabo de un tiempo, variable sobre todo en función del tipo de suelo, dejaba de producirse. Posteriormente, continuando con los ensayos, se observó que sometiendo las zonas radiculares a tratamientos alternativos de humedad y sequía, se obviaba el problema y la generación de ABA era continua (Dry *et al.*, 1996; Dry y Loveys, 1998).

A diferencia de lo que ocurre cuando se aplica el riego deficitario controlado, que tiende a someter a las plantas a un estrés hídrico próximo a los niveles de reducción de la calidad y volumen de cosecha, el PRD aporta continuamente agua a las plantas, permitiéndoles una autorregulación de su propio estado hídrico.

El PRD requiere que una parte del sistema radicular de las plantas se mantenga seca, mientras que la otra se encuentra con abundante humedad y que este ciclo pueda alternarse cada 10-14 días en función de las características del suelo. En una parcela con riego por goteo sería necesario que cada fila de plantas contase con dos tuberías portagoteros y que cada una de ellas regase la mitad del sistema radicular de las plantas.

La duración del ciclo de cambio del riego de una tubería a otra varía en función de las condiciones edafoclimáticas y debe controlarse midiendo la humedad del suelo de tal manera que, cuando el contenido en agua del suelo de la parte seca baje de un determinado umbral, siempre por encima del punto de marchitamiento, se debe cambiar el riego a la otra tubería. También es conveniente que el primer día del cambio, se dé un riego de mayor duración para dotar de humedad suficiente a la parte del sistema radicular que ha permanecido seca. Es necesario evitar el desecamiento del suelo en el sector regado, ya que si se produce un déficit hídrico en esta zona, repercutiría negativamente en la producción al deteriorarse el estado hídrico total de la planta. Cuanto más suelto y arenoso sea el suelo, más cortos deben ser los ciclos del PRD y, contrariamente, en suelos más pesados pueden ser más largos.

En ensayos realizados en Australia con diferentes variedades y en distintas zonas se ha observado, en general, un efecto favorable del PRD sobre la calidad de racimos y bayas y, sobre todo una mayor eficiencia en el uso del agua. Dry *et al.* (2001), estudiando la técnica del PRD en las variedades *Syrah*, *Cabernet Sauvignon* y *Riesling*, no encontraron diferencias en cuanto a cosecha obtenida por hectárea entre el tratamiento testigo y el PRD, a pesar de haber empleado en el PRD el 50% del volumen de agua usada en el testigo. Como consecuencia, el uso eficiente del agua (WUE), expresado como kg uva/m³ de agua empleada en el riego, fue el doble en los tratamientos PRD.

En ese mismo ensayo, los autores señalan que no encontraron diferencias en cuanto a tamaño de bayas. Estos resultados contrastan con los obtenidos en otros ensayos de riego, donde es normal encontrar disminución en el tamaño de las bayas en respuesta a una reducción significativa en el volumen de agua aplicado, especialmente si el déficit se ha producido entre cuajado y envero, momento en que las bayas son más sensibles al estrés hídrico por encontrarse en la fase de multiplicación celular.

En ensayos con las variedades Monastrell, Tempranillo y Syrah en Murcia, se obtuvieron valores de la eficiencia en el uso del agua (WUE) mucho más bajos que los obtenidos en Australia, pero siempre mayores para el PRD que para los testigos. Las diferencias en los resultados se explican si tenemos en cuenta que las precipitaciones anuales son mucho mayores en las zonas australianas consideradas y que, en los ensayos de Murcia únicamente se aplicó el PRD durante los meses de julio y agosto, lo que provocó la pequeña diferencia entre los volúmenes de agua empleados en el testigo y en el PRD. Hay que tener en cuenta también la escasa pluviometría de la zona del ensayo, inferior a 300 mm anuales y la alta ETo en el período vegetativo de la vid, entre abril y octubre, siempre por encima de 900 mm, con un déficit hídrico en ese período que supera los 830 mm.

En zonas muy secas, con escasas lluvias durante el ciclo vegetativo de la vid, el nivel de producción de las viñas depende básicamente de la cantidad de agua que reciben y de su momento de aplicación, más que del método de riego utilizado.

2. DESCRIPCION DEL PROYECTO

2.1 LOCALIZACIÓN

El proyecto se localizó en el municipio de Villavieja departamento del Huila, a 36 km de Neiva y 400 msnm, temperatura promedio de 30°C y precipitación promedio de 1230 mm/año. Su principal actividad económica es la agricultura y la ganadería, con proyección del turismo por su bellísima extensión de paisajes exóticos que conforman el Desierto de la Tatacoa. Localizado entre el Río Magdalena y la Cordillera Oriental, que corresponde a una zona de bosque seco tropical con ubicación geográfica a 3°13' L.N. y 75°10' L. W¹ (figura 3).

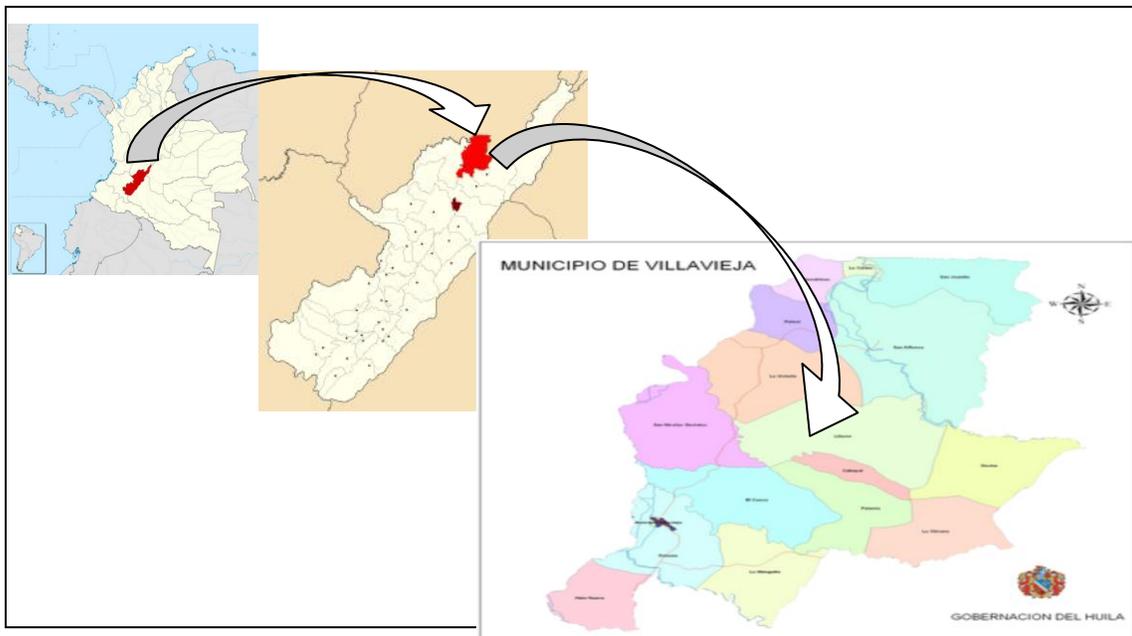


Figura 3. Localización del área

Fuente. www.villavieja-huila.gov.co

La ubicación es el área urbana del municipio de Villavieja, contiguo a la vía principal que conduce a la ciudad Neiva. El predio Villa Regina cuenta con una extensión total de 18.000 m², de los cuales 2.800 m² se adecuan para el cultivo de Vid con riego localizado (figura 4).

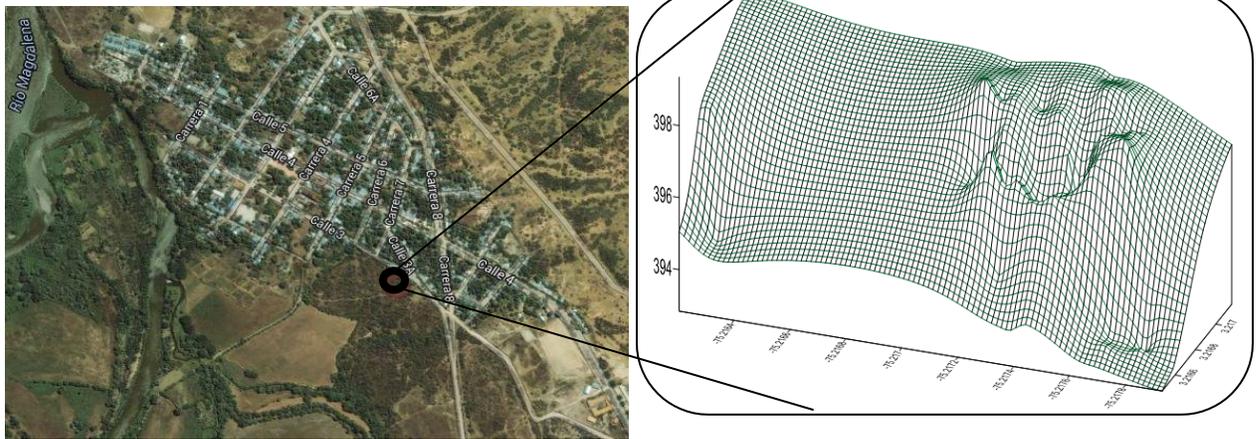


Figura 4. Área de influencia y topografía 3d

Fuente. Google Maps- Villavieja (Huila), Colombia.

Actualmente el predio está en producción ovina y caprina, junto con cultivos de pasto de corte, caña de azúcar y maíz entre otras especies (figura 5).

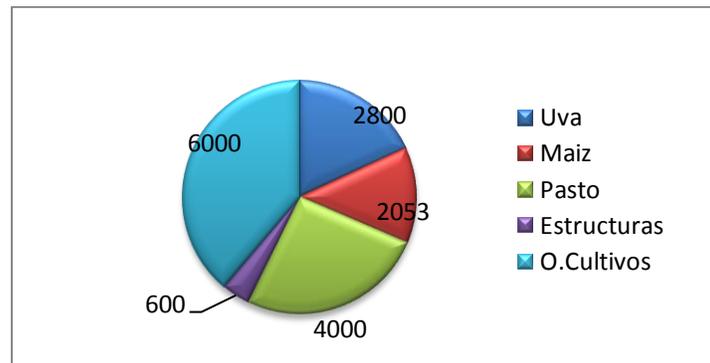


Figura 5. Disposición de área (m²)

2.2 INFORMACION BASICA

2.2.1 Suelo. Se realizó el muestreo representativo para el análisis físico del suelo (anexo 1).

2.2.2 Agua. Se dispone de un reservorio de 12 m³ de capacidad, el cual se abastece desde un nacedero a 144 m del predio, de donde se bombea agua con caudal de 7 m³/h.

2.2.3 Climatología. Para el diseño del sistema de riego, se tienen en cuenta los parámetros climatológicos que influyen directamente en el desarrollo del cultivo y son variables determinantes en el cálculo de los requerimientos hídricos; tales como temperatura (°C), brillo solar (horas luz/día), precipitación (mm), humedad

relativa (%) y evaporación (mm). Estos parámetros se obtuvieron a partir de la estación climatológica San Alfonso en el municipio de Villavieja- IDEAM (anexo 2).

2.2.4 Cultivo. Se cuenta con condiciones climáticas y edáficas favorables para el desarrollo del cultivo de Uva Isabela. El cultivo se desarrolla en condiciones óptimas entre los 900 y 1600 msnm, pero se puede adaptar a climas cálidos y áridos de esta zona del departamento; con temperatura promedio de 28°C, precipitación media anual de 450 mm y humedad relativa del 67%.

De esta manera el cultivo contará con un sistema de riego localizado, el cual es imprescindible por el déficit hídrico prolongado de la zona. La forma de siembra será en cuadro, la cual facilita el montaje del emparrillado necesario para el sostén de las plantas.

2.2.5 Topografía. Mediante el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), nivel de precisión y mira de cinco metros, se realizó el levantamiento topográfico del área de influencia del proyecto de riego localizado; obteniendo valores de planimetría y altimetría con gran exactitud, documentados en planos con curvas a nivel cada 50 cm y demarcación de los diferentes sectores del predio.

2.2.6 Infiltración. Se realizó la prueba de infiltración mediante el método del doble anillo infiltrómetro; tomando lecturas cada 60 segundos, de ésta manera obtener la velocidad de descenso del agua en el suelo, indispensable para la selección de la unidad de riego.

2.3 SISTEMA DE RIEGO

2.3.1 Diseño de riego. El diseño del sistema de riego por goteo siguió la metodología de Cifuentes (2006) y Pizarro (1990), para la determinación de tubería principal, línea de abastecimiento, múltiple, lateral, grado de aplicación, unidad de filtrado, selección unidad de bombeo y requerimientos hídricos, siendo calculados con la serie de los últimos 10 años, utilizando los valores de menor precipitación y máximos de evaporación; calculando la evapotranspiración máxima (mm/mes) por el método de Blanney-Criddle (1950).

2.3.2 Simulación del sistema riego. En la simulación del sistema de riego por goteo, se aplicó el software epanet 2.0 vE, teniendo en cuenta las coordenadas (x, y) del plano base en Autocad 10 y así proyectar la operación real del sistema.

2.3.3 Instalación del sistema de riego. La instalación del sistema de riego por goteo siguió las especificaciones técnicas de Cifuentes (2006) y PAVCO, para el montaje óptimo del sistema. El sistema de riego se instaló con tubería PVC,

manguera de polietileno y goteros autocompensados para la alta eficiencia de aplicación, conducción, uniformidad y larga vida útil del sistema.

2.3.4 Evaluación del sistema de riego por goteo. La evaluación se realizó asumiendo los parámetros establecidos por Pizarro (1990), incluyendo el 25% de las unidades de riego en la medición de la presión y el caudal del sistema. La evapotranspiración se estimó así: $ET_o = p(0,46 T_m + 8)$

ET_o: Evapotranspiración referencia (mensual)

T_m: Temperatura Media

p: Porcentaje de horas luz mes (Anexo 3)

3. RESULTADOS

3.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO

3.1.1 Caudal disponible para el proyecto

La finca cuenta con un reservorio con capacidad de 12 m³, cuya función es satisfacer las necesidades hídricas del cultivo, cuyo caudal disponible es de 7 m³/h, para un tiempo de llenado de 1.71 horas (figura 6).

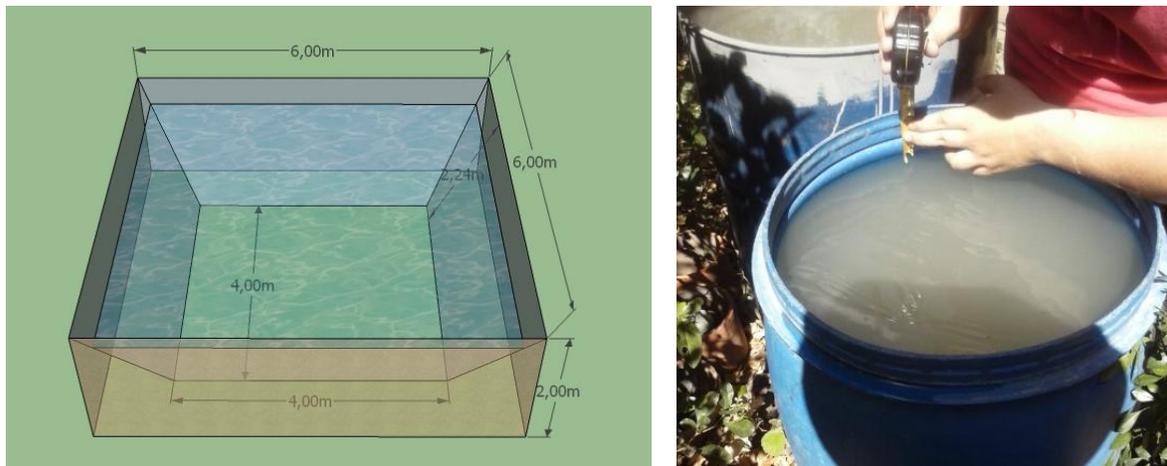


Figura 6. Reservorio y aforo de la bomba

3.1.2 Calculo requerimientos hídricos del cultivo de vid. El cálculo de la evapotranspiración por el método de Blaney Criddle, se observa en la tabla 1.

Tabla 1. Cálculo de Evapotranspiración de Referencia (Blaney y Criddle)

Mes	% horas Luz	Temperatura Media (°C)	Evapotranspiración (mm)	Precipitación (mm)
Enero	8,39	28,5	177,2	48,9
Febrero	7,6	29,1	162,4	68,0
Marzo	8,47	28,7	179,5	120,1
Abril	8,26	27,7	171,2	177,3
Mayo	8,6	28,2	180,3	83,5
Junio	8,93	28,3	187,9	31,1
Julio	8,61	27,1	176,0	33,6
Agosto	8,56	29,8	186,0	13,0
Septiembre	8,22	29,3	176,7	43,3
Octubre	8,45	28,3	177,5	189,7
Noviembre	8,12	26,8	164,9	248,9
Diciembre	8,38	27,5	173,0	172,4

Los datos generales son:

Variedad: Uva Isabella
 Profundidad radicular (PR): 1.5 m
 Profundidad radicular efectiva (PRE): 1.1 m
 Distancia entre plantas: 2.5 m
 Distancia entre surcos: 2.5 m
 Coeficiente cultivo edad inicial (Kc): 0.45
 Coeficiente cultivo edad adulta (Kc): 0.8
 Evapotranspiración: 187,9 mm/mes. Mes de Junio.

Las propiedades físicas del suelo se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Propiedades físicas del suelo

Horizonte Prof. (cm)	TEXTURA	AREA (ha)	C.C (%)	P.M.P (%)	Dr (gr/cm ³)	Da (gr/cm ³)
0-30	Franco Arenoso	0.28	25.38	10.03	2.6	1.6

C.C = Capacidad de campo, P.M.P = Punto de marchitez permanente, Dr = Densidad real, Da = Densidad aparente.

Fuente: Laboratorio de suelos- LABGAA, Universidad Surcolombiana

3.1.3 Cálculo de parámetros de riego. Evapotranspiración (EVT), Uso consumo (UC), Lámina Neta (LN), Lámina Bruta (LB), Frecuencia de Riego (FR) y turnos de riego por unidad de riego (TRur) (tabla 3, Anexo 4)

Tabla 3. Cálculos requerimientos hídricos

MES CRÍTICO	EVT Evapotranspiración mm/mes	Kc (Coeficiente Desarrollo)	Uc Uso Consumo mm/día	LN Lamina Neta mm	LB Lamina Bruta mm	FR Frecuencia Riego días	TRur Tiempo Riego por Unidad horas
Junio	187.9	0.8	6.26	5.2	5.3	1	1.35

3.1.4 Balance Hídrico. La figura 7 muestra un comportamiento bimodal de las lluvias, con periodos de alta precipitación en los meses de marzo-abril y octubre-diciembre y baja precipitación en los meses de enero-febrero y mayo-septiembre.

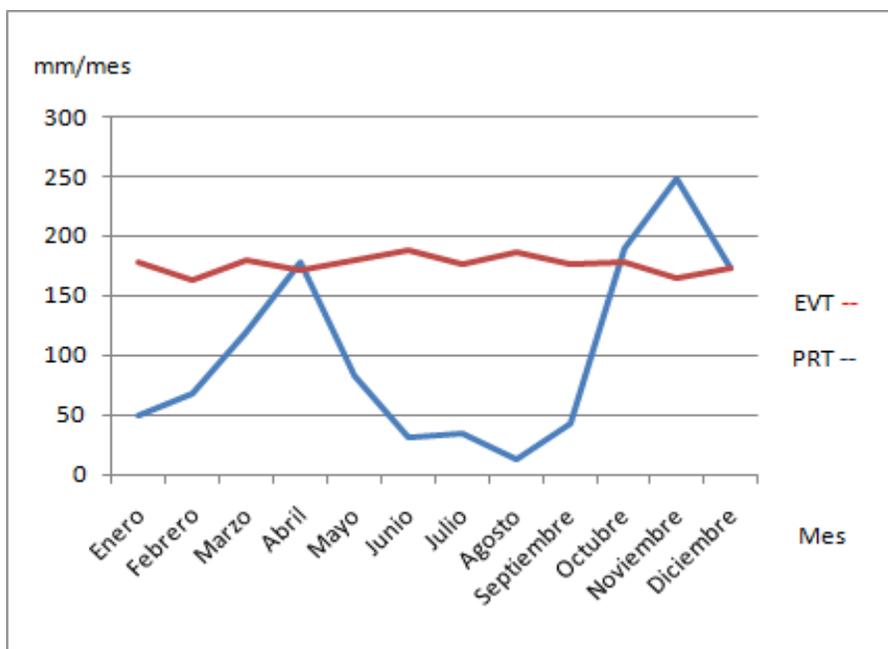


Figura 7. Balance Hídrico

El valor máximo de evapotranspiración fue de 187,9 mm/mes, correspondiente al mes de Junio; valor referente para el diseño del sistema de riego por goteo.

3.1.5 Unidad de riego por goteo. Según los requerimientos hídricos del cultivo, se seleccionaron goteros autocompensados PAVCO de la línea de soluciones agrícolas en sistemas de riego localizado, por su fácil adquisición economía y uniformidad generada en todo el sector de riego (figura 8).



Figura 8. Unidad de riego y su funcionamiento

Fuente. http://www.mercamania.es/a/listado_productos

Las unidades de riego están distribuidas a lo largo de los laterales, estableciendo un gotero por cada planta con distancia entre emisores de 2.5 m y 2.5 m entre laterales. El gotero auto compensado posee presión de trabajo de 20 psi y caudal de descarga de 4 l/h, generando un bulbo húmedo de 1.1 m (figuras 9, Anexo 5).

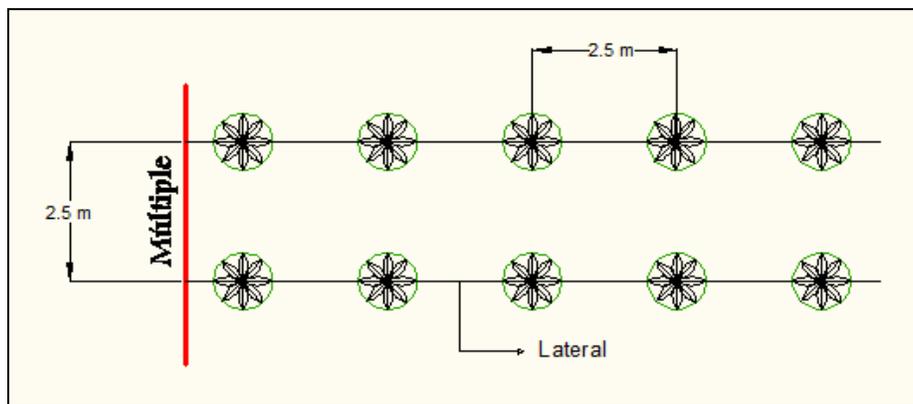


Figura 9. Trazado de siembra y ubicación de goteros

3.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

Se obtuvieron valores de planimetría y altimetría con gran exactitud, documentados en planos con curvas a nivel cada 50 cm y demarcación de los diferentes sectores del predio (figura 10).

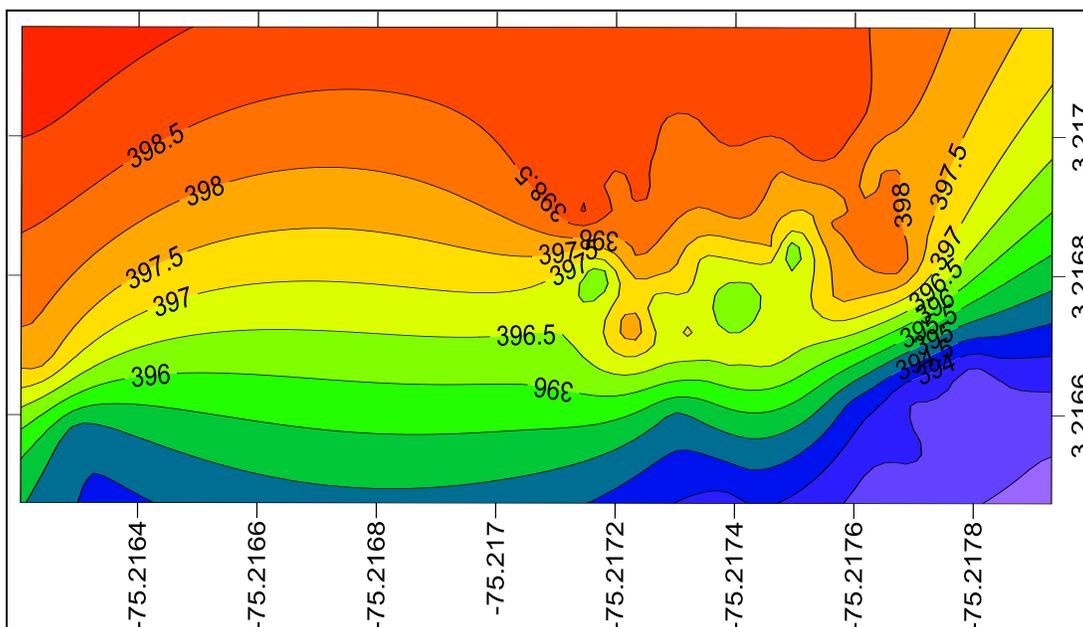


Figura 10. Altimetría y planimetría del terreno

3.3 INFILTRACIÓN DEL SUELO

La infiltración del suelo resultó con **clasificación rápida**, correspondiente al valor de 13.9 cm/h (tabla 4, Figura 11)

Tabla 4. Infiltración del suelo

Tiempo (min)	0	1	2	3	4	5	10	15	30	45	60
Lectura (cm)	11	10.4	10.3	10.3	10.2	10.1	9.8	9.7	9.1	8.9	8.8
Infiltración acumulada (mm)	0	6	7	7	8	9	12	13	19	21	22

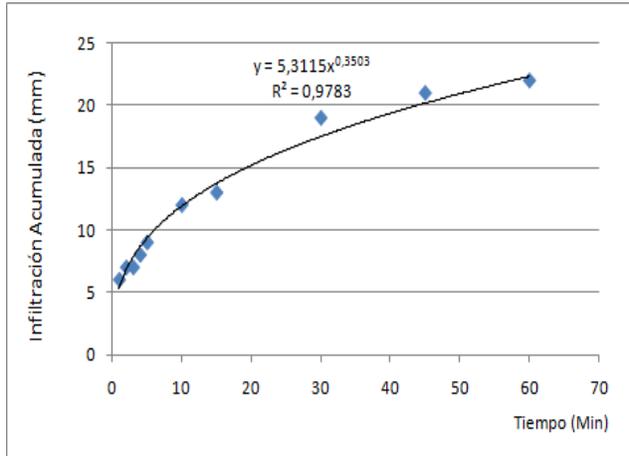


Figura 11. Infiltración de agua en el suelo

3.4 TRAZADO DEL CULTIVO Y DEL SISTEMA DE RIEGO

De acuerdo a las características fisiológicas del cultivo y a la topografía del terreno, se determinó la forma de siembra en cuadro de 2.5 x 2.5 m, con surcos en sentido oriente-occidente; de ésta manera aprovechar la pendiente a favor con el fin de obtener las presiones requeridas sin grandes gastos de energía (Figura 12).

Tabla 5. Trazado de cultivo y sistema riego

Huerto	Forma de Siembra	Distancia de siembra (m x m)	Distancia entre laterales (m)	Distancia entre unidades de riego (m)	Número de unidades de riego	Área (ha)	Total Arboles
Vid	Cuadro	2.5*2.5	2.5	2.5	400	0.28	400

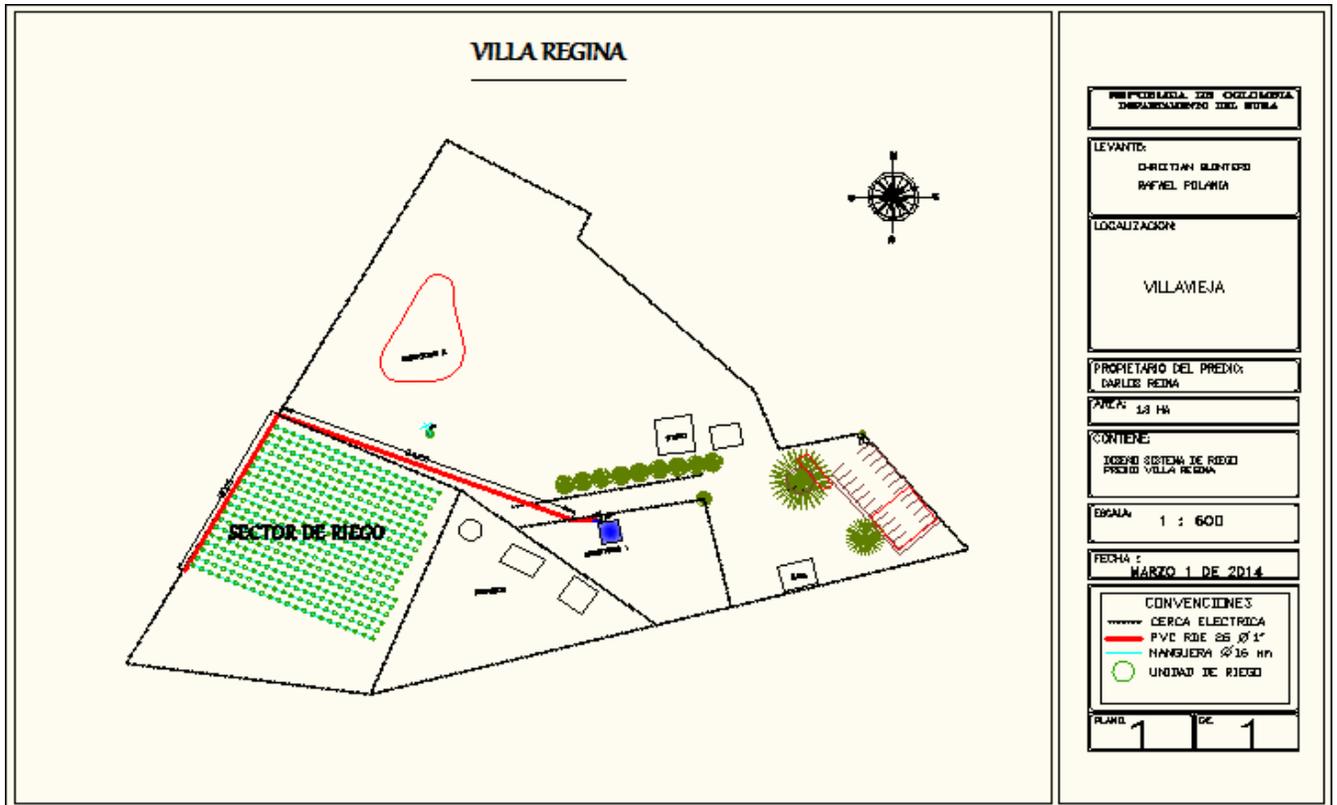


Figura 12. Distribución sistema de riego por goteo

3.5 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO Y SIMULACIÓN

Se realizó la descripción y simulación del sistema de riego por goteo, teniendo en cuenta la topografía del terreno y los parámetros establecidos en el diseño del sistema (diámetro y longitud de tubería, demanda base, cabeza dinámica total, rugosidad y viscosidad del fluido). De esta manera obtener los valores de presión (m) desde la captación hasta la aplicación; indispensable para evaluar las presiones requeridas por la unidad de riego y las presiones permisibles de los materiales implementados (figura 13 y 14)

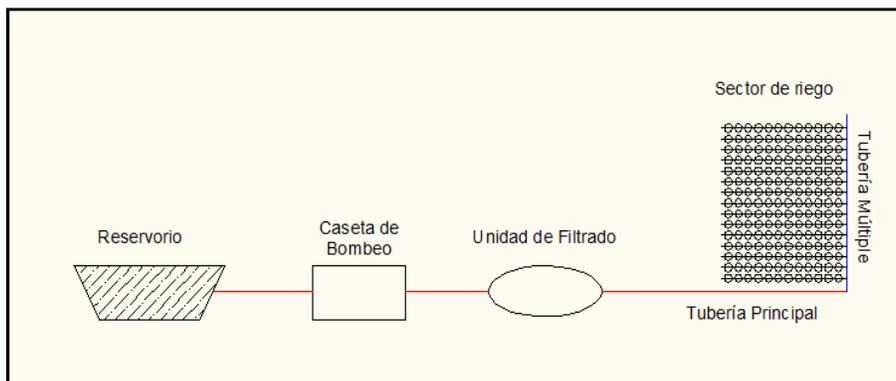


Figura 13. Esquema general del sistema de riego por goteo

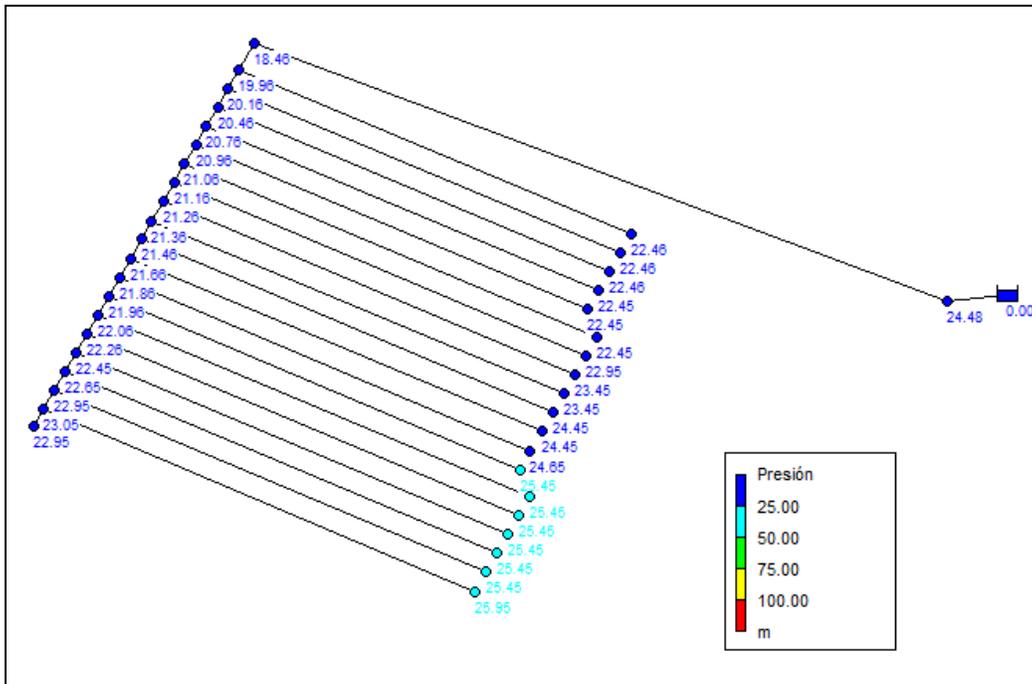


Figura 14. Simulación del sistema de riego por goteo

3.6 CAPTACION, ALMACENAMIENTO Y UNIDAD DE BOMBEO

El agua es captada de un nacedero a ciento cuarenta metros (140 m) del predio, de donde se bombea hasta un reservorio de 12 m³ de capacidad, para ser almacenada y posteriormente distribuida hacia el sector de riego. El reservorio se encuentra recubierto con una Geomembrana HDPE (polietileno de alta densidad) para evitar la infiltración a través de las paredes, allí se realiza el rebombeo por medio de una bomba de un HorsePower (1Hp) con el fin de garantizar las presiones requeridas por el sistema de riego (Figura 15).

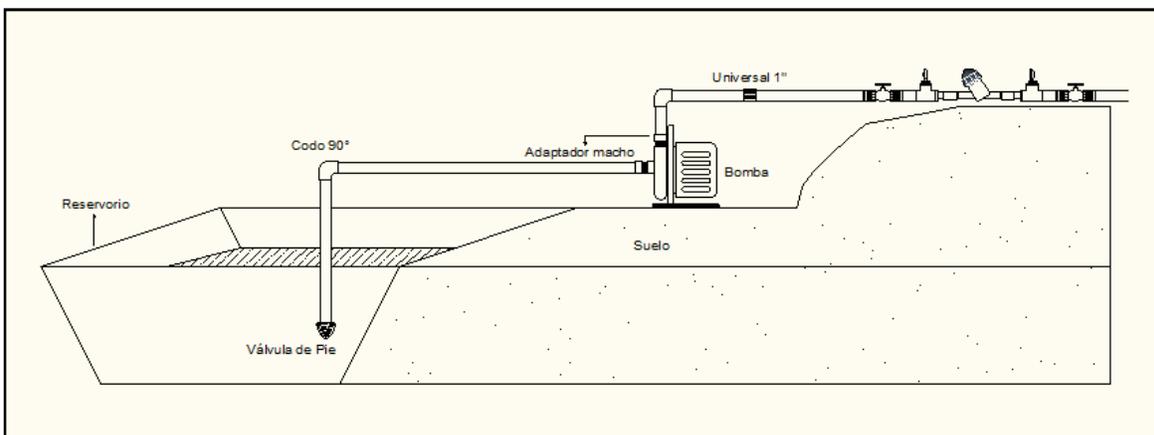


Figura 15. Captación, almacenamiento y unidad de bombeo

3.7 UNIDAD DE FILTRADO, TUBERÍA PRINCIPAL Y MÚLTIPLE

Para el sistema de riego por goteo es indispensable la implementación de una unidad de filtrado, la cual permitirá reducir el riesgo de obturación en las unidades de riego, reteniendo cualquier impureza contenida en el agua. De esta manera se instaló un filtro de anillos, recomendado para filtración de aguas de mala calidad o cuando se utilizan emisores de paso pequeño, como el goteo². La unidad de filtrado la complementan dos manómetros de glicerina (0-200 psi), que determinan la presión a la entrada y a la salida del filtro; y dos válvulas de compuerta para regular el paso del agua (Figura 16).

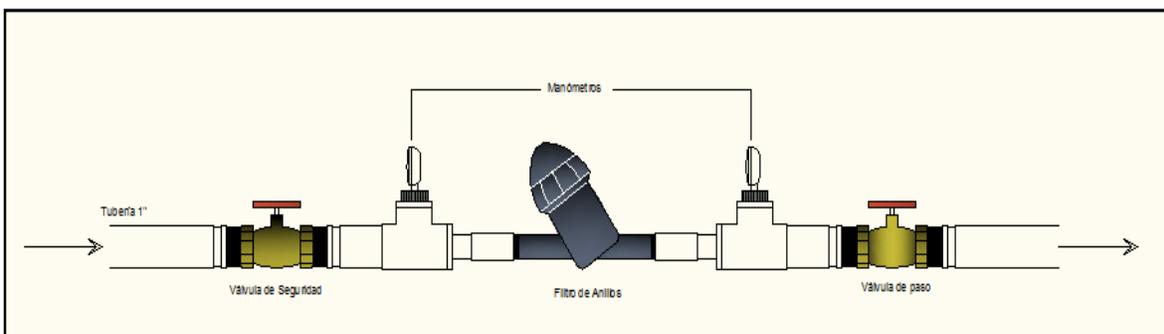


Figura 16. Unidad de Filtrado

La conducción del agua desde la caseta de bombeo hasta el sector de riego, se realiza mediante tubería en PVC de una pulgada (1") RDE 26; tanto para conducción principal y como para el múltiple, con una longitud total de 138 m. La tubería cuenta con uniones u/o acoples que permiten conectar una tubería con otra y codos que direccionan el sentido de flujo hacia el sector de riego (figura 17)

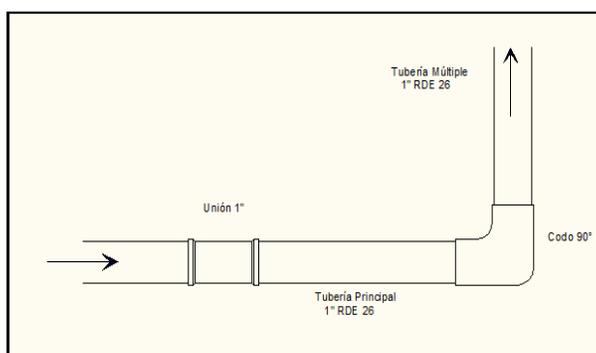


Figura 17. Tubería Principal y Múltiple de riego

Agriver. Material para Riego. Filtro de anillos. [Fecha Consulta: 30 Octubre de 2014].
Disponible en: <http://www.agriver.es/>

3.8 SECTOR DE RIEGO Y LINEAS LATERALES DE RIEGO

Posterior a la conducción (tubería principal y múltiple), el agua llega hasta un único sector de riego, irrigando un área total de 2800 m² a través de 400 goteros autocompensados con un caudal de descarga de 4 l/h (figura 18). Los laterales se conectan a la tubería múltiple por medio de silletas, para este proyecto se implementó manguera de polietileno de 16 mm de diámetro, con un espaciamiento de 2.5 m entre laterales. Cada línea de riego contiene goteros autocompensados de 4 l/h con una presión de trabajo de 20 psi (Figura 19)

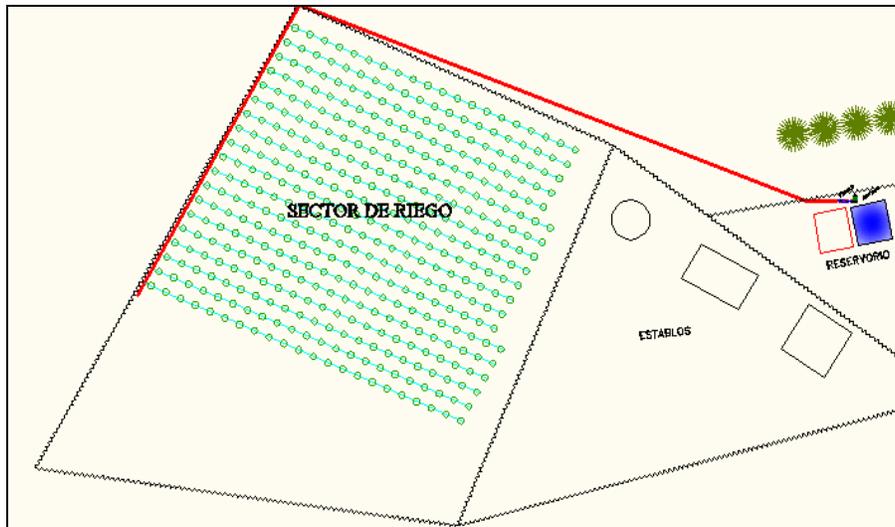


Figura 18. Sector de Riego

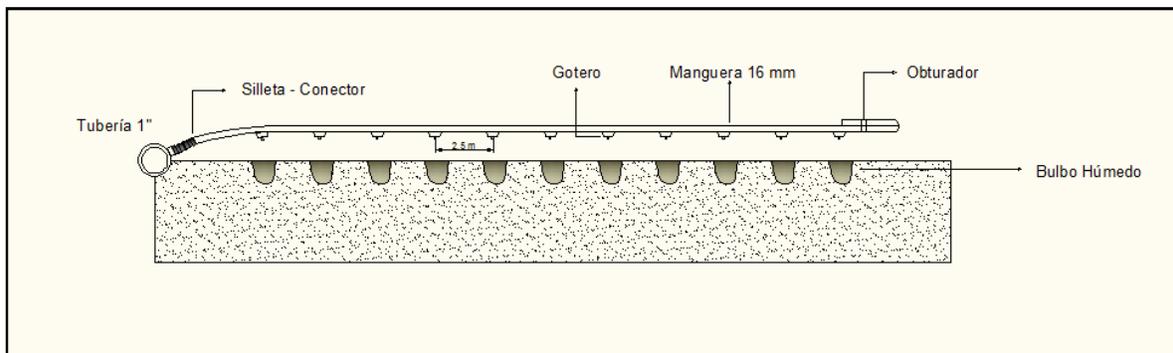


Figura 19. Línea de laterales y Unidades de Riego

Para realizar el lavado de tubería principal y múltiple, con el fin de evitar taponamiento por sedimentos; se establecen taponés de lavado al final de la tubería múltiple mediante un adaptador macho y un tapón roscado (Figura 20).

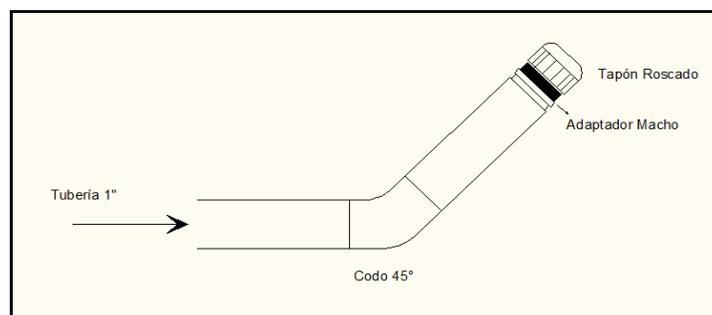


Figura 20. Tapón de lavado

3.9 PRESUPUESTO

Para la implementación y puesta en marcha del proyecto de riego se requiere una inversión inicial de \$3.708.368.38, donde se incluyen tubería principal, múltiple, laterales, unidad de filtrado, accesorios de PVC y polietileno, unidad de bombeo, unidad de riego, mano de obra calificada y no calificada (Tabla 6, Anexo 6).

Tabla 6. Presupuesto

PRESUPUESTO PARA EL DISEÑO DE RIEGO POR GOTEO	
Tubería Principal, Múltiple y Laterales	993.195,60
Unidad de Filtrado	363.460,00
Accesorios PVC y Polietileno	112.781,00
Unidad de Bombeo	418.392,00
Unidad de Riego	241.200,00
Mano de obra calificada	514.800,00
Mano de obra no calificada	304.000,00
Total Presupuesto	\$ 3.708.368,38

3.10 INSTALACIÓN

La instalación se describe en las siguientes etapas y procesos (Figura 21, Anexo 7).

3.11 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

La evaluación del sistema se realizó al 25% de las unidades establecidas en el sector, correspondientes a 100 unidades de riego; aforando el sistema mediante una probeta de 1000 ml y determinando la presión a través de un manómetro portátil (0-140 psi) (Figura 22, Anexo 8).

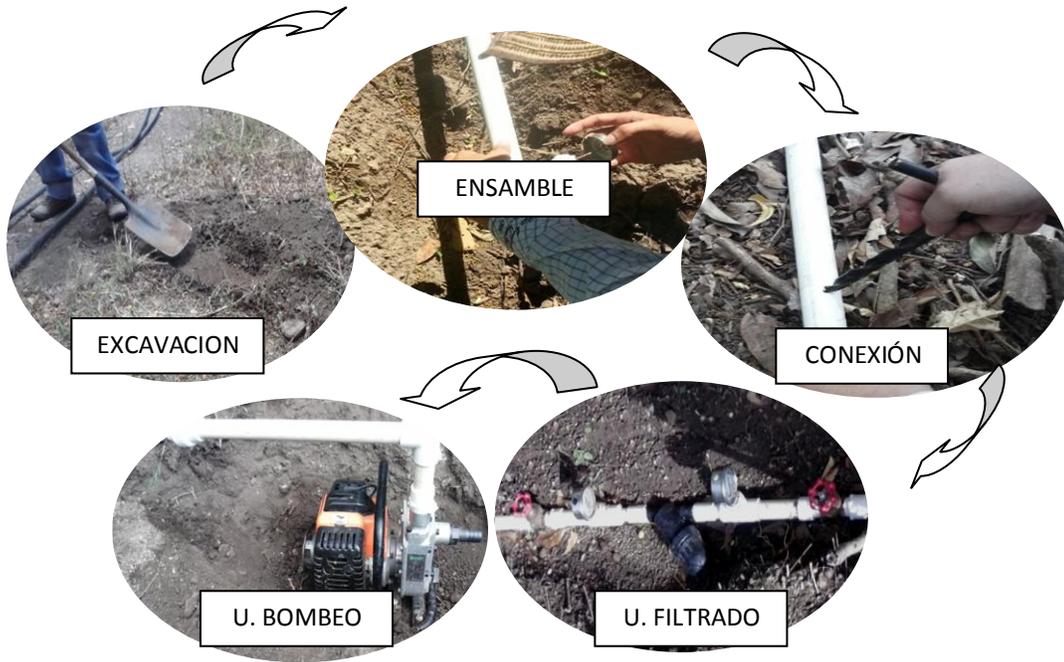


Figura 21. Esquema de instalación de un sistema de riego por goteo



Figura 22. Aforo de la unidad de riego y medición de la presión

3.11.1 Eficiencia de aplicación y coeficiente de uniformidad. La prueba se realizó en un periodo de 15 minutos, donde se aforaron 100 unidades de riego con eficiencias relativas entre el 88% y 99%. (Anexo 9. Calculo de la eficiencia de aplicación) (Tabla 7).

Tabla 7. Eficiencia de aplicación

Tiempo (min)	Volumen (ml)	$Q_{descarga}$ (Lt/hr)	$Q_{diseño}$ (l/h)	Eficiencia (%)
15	960	3.84	4	96

El coeficiente de uniformidad (CU) se define según la expresión siguiente:

$$CU = \frac{q_{25}}{q_m} \times 100$$

Dónde Q_m es el caudal medio de una instalación de riego y q_{25} es el caudal medio de los emisores que constituyen el 25% que erogán el más bajo caudal. Este cociente debe ser mayor al 90% cuyo valor representa que el sistema funciona correctamente.

$$CU = \frac{3,5984}{3,752} \times 100 = 95,9\%$$

El coeficiente de uniformidad es mayor del 90% lo que significa que el sistema funciona correctamente, las unidades de riego no presentan obstrucciones y que el diseño fue el adecuado. La figura 23 muestra el comportamiento de las presiones en todo el sector de riego, obteniendo valores relativos en un rango de 23 a 36 psi, satisfaciendo de manera óptima las presiones de trabajo de la unidad de riego (20 psi).

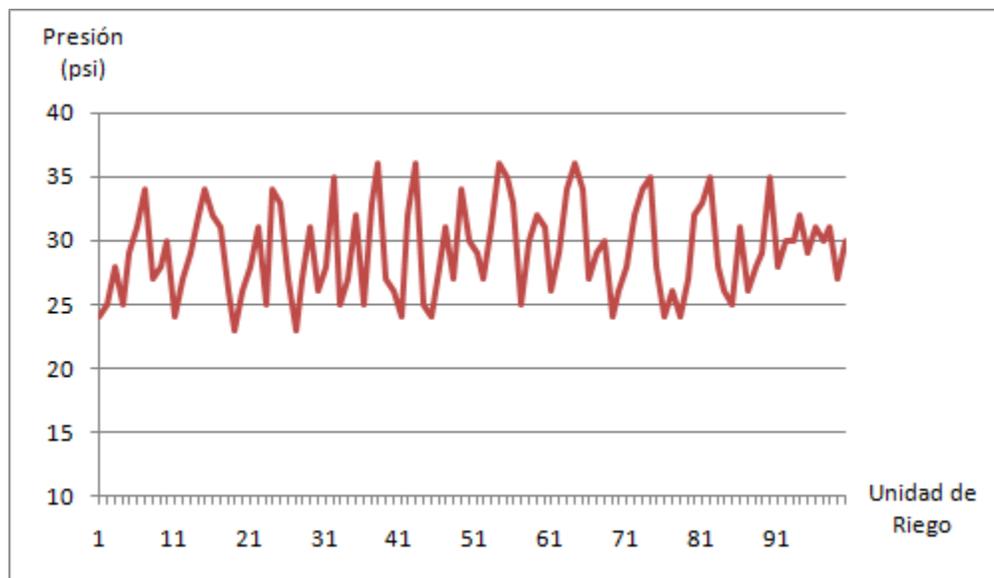


Figura 23. Medición de la presión en el sector de riego

De la misma manera en la figura 24 se observa la curva que representa el caudal de la unidad de riego, con valores cercanos al diseño del sistema que oscilan entre 3,52 y 3,96 l/h, correspondientes a eficiencias entre 88 y 99% respectivamente.

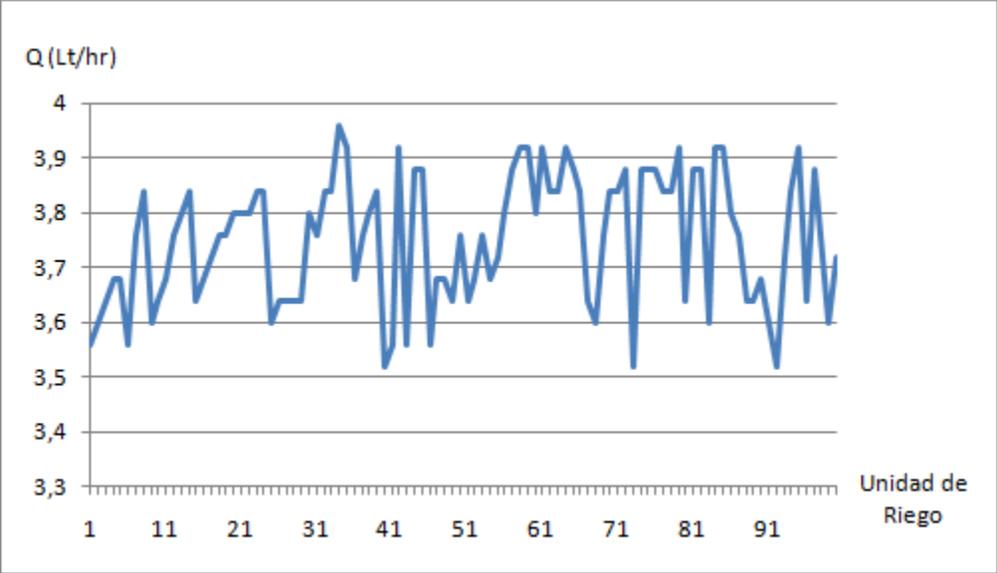


Figura 24. Aforo del sistema de riego

4. CONCLUSIONES

- El diseño agronómico del sistema se implementó teniendo en cuenta los factores de crecimiento y desarrollo del cultivo, determinando el requerimiento hídrico para el periodo de mayor demanda de agua (Junio), correspondiente a una evapotranspiración de 187,9 mm/mes.
- Se implementó el diseño de mejor ajuste al relieve y el área, conduciendo el agua desde la parte más alta hacia el sector más bajo, utilizando goteros autocompensados de 4 l/h, obteniendo uniformidad de aplicación en todo el sistema de riego. El sistema beneficiará un único sector de riego, en un tiempo de 1 hora y 21 minutos.
- Teniendo en cuenta las características fisiológicas del cultivo se realizó el diseño más indicado, se instaló riego por goteo para una eficiencia del 93%. El coeficiente de uniformidad (Cu) alcanzó el 95%, indicando el funcionamiento correcto de las unidades de riego para el beneficio del cultivo de la vid.
- El proyecto satisface hidráulicamente los requerimientos propios del sistema de riego (presión de trabajo, uniformidad en el sector de riego e implementación correcta de los materiales).

5. RECOMENDACIONES

- El manejo y operación del sistema de riego a lo largo de todas sus etapas debe estar manipulado por personal capacitado, para garantizar un óptimo rendimiento, adecuado funcionamiento y durabilidad del proyecto.
- Realizar las labores culturales en el cultivo con mucha precaución con el fin de evitar daños en las instalaciones del sistema.
- El reservorio se debe desocupar cada 20 días para evitar la proliferación de arvenses (malas hierbas). Se deben hacer labores de mantenimiento y limpieza cada dos meses.
- Para la etapa inicial el cultivo se implementará una unidad de riego por planta, posteriormente en la edad adulta se incorporará una segunda unidad de riego, con el fin de satisfacer las necesidades hídricas del cultivo.

BIBLIOGRAFIA

- Cifuentes, M. 2006. Capacitación en instalación, Operación, Administración y Mantenimiento, Distritos de riego a pequeña escala para fontaneros. Neiva, Huila.
- Dry, P.R., Loveys, B.R., During, H., Botting, B.G. 1996. Effects of partial root-zone drying on grapevine vigour, yield composition of fruit and use of water. (Stockley, C.S., Sas, A.N., Johnstone, R.S. y Lee, T.H., (Eds.) Proceedings of 9th Australian Wine Industry Technical Conference, Adelaide, Australia. pp: 128-131.
- Dry, P.R., Loveys, B.R. 1998. Factors influencing grapevine vigour and the potential for control with partial rootzone drying. Aust. J. Grape Wine Res. 4, 140-148.
- Dry, P.R., Loveys, B.R., McCarthy, M.G., Stoll, M. 2001. Strategic irrigation management in Australian vineyards. J. Int. Sci. Vigne Vin, 35:129-139.
- Goodwin, I. 2002. Managing water stress in grape vines in Greater Victoria. Department of Natural Resources and Environment, Victoria, Australia, 4 pp.
- Kriedemann, P.E., Goodwin, I. 2003. Regulated deficit irrigation and partial root drying. Irrigation insights nº 3, Currey, A. (Ed.). Land & Water Australia, 102 pp.
- Mc Carthy, M.G. 1997. The effect of transient water deficit on berry development of cv. Syrah (*Vitis vinifera* L.). Australian Journal of Grape and Wine Research, 3: 102- 108.
- Loveys, B.R., Stoll, M., Dry, P.R., McCarthy, M.G.2000. Using plant physiology to improve the water use efficiency of horticultural crops. Acta Horticulturae, 537:187-197.
- Liotta, M. 2000. Evaluación del coeficiente de uniformidad en equipos de riego presurizado. San Juan (Argentina).

- PAVCO Manual técnico. Tubo sistemas para acueducto unión platino y alta presión. 2005, n° 36, pp. 23-27.
- Piñeros, J.; Rivera, D. 2011. Diseño de un sistema de riego localizado de alta frecuencia modalidad goteo en la finca Villa Any, vereda Bajo Bejucal, corregimiento de Campoalegre.
- Pizarro, F. Riegos localizados de alta frecuencia: goteo, microaspersión, exudación. 2ª edición. Edición multi-prensa. 1990.
- Banred cultural. *Variedades de Uva*. Disponible en:
<http://www.banrepcultural.org/sites/default/files/lablaa/ciencias/sena/cursos-de-capacitacion/manejo-comercializacionuva/modulo%201/modulo%201%20-%20iii.pdf>
 [Consulta: 2-7-2014].
- Gobernación del Huila. Secretaría de Agricultura y Minería, Anuario estadístico agropecuario año 2012. Disponible en:
http://www.huila.gov.co/documentos/agricultura/OBSERVATORIO%20DE%20TERRITORIOS%20RURALES/ANUARIO_ESTADISTICO_AGROPECUARIO_HUILA_2012.pdf/
 [Consulta: 1-6-2014].
- Vida Rural. *Técnicas de riego deficitario en el cultivo de la vid 2007*. Disponible en:
<http://www.vidarural.es/articulos-tecnicas-riego-deficitario-cultivo-vid/1/246.html>
 [Consulta: 20-11-2014].

Anexos

Anexo 1. Análisis físico de suelos del predio Villa Regina

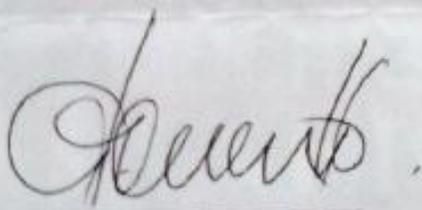
 LABGAA Laboratorio de Recursos GeoAgrícolas y Ambientales	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA NIT. 891.180.084-2		
	CODIGO: RS-FR-02	FECHA: 2013-11-22	VERSION 002 Pág. 1 de 1
	INFORME ENSAYOS ANALISIS DE SUELO		

DATOS DEL CLIENTE	
Solicitante: Christian Fernando Q.	Ciudad: Villavieja
Teléfono: 3155285136	email: jeduardo.ing@gmail.com

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
Finca: Villa Regina	N° Muestra Laboratorio: 234
Vereda: No reporta	ID Cliente: Villa Regina
Municipio: Villavieja	Fecha muestreo: No reporta
Departamento: Huila	Fecha recepción: 2013/10/29
Cultivo: Uva	Fecha análisis: 2013/11/15
N° Cadena de custodia: No aplica	Fecha entrega: 2013/11/22
N° Plan de muestreo: No aplica	Informe de resultados N°: 036

PARAMETROS FISICOS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO	
Coeficientes de humedad del suelo	Capacidad de campo (0.03 Mpa)	%	25.38	Membranas Richards
	Punto de marchitez permanente (1.5 MPa)	gravimetría	10.03	
Fracción mineral	Arena (A)	%	83.00	Bouyoucos
	Limo (L)		7.35	
	Arcilla (Ar)		9.65	
Textura	Arenoso franco (AF)			
Granulometría	g	-	Juego de tamices	
Densidad aparente	g.cm ⁻³	1.6	Terrón parafinado	
Densidad real	g.cm ⁻³	2.6	Picnómetro	
Porosidad total	%	38.5	Relación de densidades	
Estabilidad estructural		-	Yoder	
Límites de Atterberg (Líquido y plástico)		-	Cazuela de Casagrande	
Coef		-	Estándar	
Permeabilidad	cm ³ .s ⁻¹	-	Carga constante	
Conductividad hidráulica saturada	m.día ⁻¹	-	Pozo barrenado	
Infiltración	cm.h ⁻¹	-	Anillos infiltrómetros	

NOTA 1: Los resultados son válidos únicamente por la muestra analizada.
NOTA 2: El presente informe no deberá reproducirse total o parcialmente sin la autorización del laboratorio.



ARMANDO TORREÑTE TRUJILLO
 Coordinador Laboratorio

Anexo 2. Información climatológica IDEAM. Estación San Alfonso

VALORES TOTALES DECADEALES DE PRECIPITACION (mms)													NACIONAL
AMBIENTAL FECHA DE PROCESO : 2013/10/28 LATITUD 0322 N 1963-NOV LONGITUD 7506 W ELEVACION 0440 m. s. n. m	TIPO EST AM		DEPTO HUILA		ESTACION : 21145040 SAN ALFONSO					FECHA-INSTALACION			
ENTIDAD REGIONAL			01 IDEAM HUILA-CAQUET		MUNICIPIO CORRIENTE		VILLAVIEJA CABRERA			FECHA-SUSPENSION			
A#O ANUAL *	ENT ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *	VR
2003 224.0	01	.0	3.6	.0	7.5	2.8	6.0	10.6	.5	7.7	8.5	52.9	123.9
233.3		.8	.4	32.0	101.1	5.1	14.2	4.3	.0	.0	3.7	60.0	11.7
636.6		.0	19.9	251.7	12.4	1.7	.0	1.9	.0	68.4	145.4	135.2	.0
2004 200.4	01	6.2	.0	.0	2.6	7.1	5.9	16.5	1.2	87.1	16.3	14.0	43.5
282.9		3.1	10.2	.0	63.8	5.5	.0	7.6	1.0	.3	96.6	40.0	54.8
335.0		.6	80.3	4.5	35.3	25.2	.0	21.1	.9	.0	93.8	73.3	.0
2005 322.2	01	.6	79.4	68.4	25.7	13.4	5.4	2.8	.1	8.7	18.7	5.5	93.5
358.8		19.7	6.1	53.7	1.4	20.4	1.1	1.8	.4	.0	74.7	78.5	101.0
412.0		39.3	1.0	10.5	104.3	60.1	4.5	1.5	17.3	72.4	39.5	52.9	8.7
2006 367.4	01	67.8	9.3	25.6	42.9	23.4	26.3	8.6	.4	7.6	.0	80.0	75.5
461.9		57.3	18.5	79.4	33.4	11.3	49.1	2.7	3.0	9.2	37.3	87.0	73.7
305.4		4.7	1.5	6.3	56.1	5.2	8.0	49.5	9.5	4.2	153.6	6.6	.2
2007 191.5	01	3.2	2.1	3.2	17.8	8.1	25.4	2.6	2.0	.9	81.7	29.9	14.6
452.8		15.5	4.5	37.2	38.5	33.6	2.8	5.5	4.8	4.2	41.8	62.5	201.9
488.6		.0	.0	102.3	27.3	49.8	5.9	20.5	6.4	7.1	193.9	37.6	37.8
2008 299.6	01	10.8	.0	20.7	43.8	64.7	1.2	4.3	3.7	3.4	69.9	19.3	57.8
420.4		6.7	67.3	30.9	20.1	9.6	4.9	37.5	13.2	13.3	59.4	152.7	4.8
561.6		20.2	34.8	50.6	93.1	130.4	4.1	6.9	4.7	5.9	48.6	142.7	19.6
2009 324.2	01	12.7	5.0	16.7	138.1	45.8	4.4	12.0	8.2	7.6	9.5	29.0	35.2
480.0		56.4	55.2	84.2	74.8	3.0	4.3	.1	4.8	9.8	107.8	66.6	13.0
301.0		52.6	57.1	57.9	4.9	2.0	6.4	1.2	4.4	2.0	64.2	1.1	47.2
2010 621.2	01	.0	46.8	25.3	90.4	75.7	12.0	25.7	11.0	14.1	23.0	213.9	83.3
582.0		.0	.8	4.1	183.9	6.6	47.6	27.1	2.8	1.7	83.9	51.1	172.4
439.6		.0	35.8	4.3	62.7	75.3	3.7	11.5	.0	13.1	92.7	97.1	43.4
2011 477.2	01	55.6	12.8	52.1	82.4	6.9	17.7	2.0	1.9	24.0	56.0	103.0	62.8
860.1		5.6	26.7	50.8	190.5	54.6	7.4	6.8	3.2	4.0	85.9	253.9	170.7
427.4		1.1	32.6	8.7	41.0	3.9	11.6	9.7	11.2	13.1	.7	293.6	.2
2012 126.3	01	41.2	47.4	18.0	12.6	7.1							
287.4		104.6	6.6	31.2	137.0	8.0							
207.0		84.6	20.0	89.7	6.4	6.3							
2013 145.2	01				1.3	106.3	7.2	30.4					
48.8				2.3	30.4	9.8	3.6	2.7					
110.4				1.2	89.0	7.8	5.6	6.8					

Continuación, Anexo 2. Información climatológica IDEAM. Estación Polonia

INFORMACION		VALORES MEDIOS DECADALES DE TEMPERATURA (°C)										NACIONAL		
AMBIENTAL														
FECHA DE PROCESO : 2013/10/28												ESTACION : 21145040 SAN ALFONSO		
LATITUD 0322 N		TIPO EST	AM		DEPTO		HUILA				FECHA-INSTALACION			
1963-NOV		ENTIDAD REGIONAL		01	IDEAM	MUNICIPIO		VILLAVIEJA		FECHA-SUSPENSION				
LONGITUD 7506 W				04	HUILA-CAQUET	CORRIENTE		CABRERA						
ELEVACION 0440 m. s. n. m														

A#O ANUAL *	ENT	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *	VR

2003	01	30.4 3	30.7 3	30.5 3	29.3	29.2	29.6 3	29.3 3	31.2 3	30.3	28.0 3	26.3 3	27.3 3	
29.3 3		30.7	30.6 3	30.3 3	28.0	29.3	27.7 3	29.4	32.6 3	31.3 3	29.0 3	27.5 3	27.6 3	
29.5 3		30.8 3	30.8 3	27.0 3	28.1 3	30.1 3	29.7 3	31.2	31.4 3	28.6	28.2	27.4 3	27.9 3	
29.3 3														
2004	01	29.0	31.1 3	30.1 3	29.6 3	28.9 3	29.9 3	29.3 3	30.0 3	*	28.1 3	27.5 3	27.3 3	
29.2 3		28.9 3	30.6 3	31.7 3	27.9 3	29.1 3	31.0 3	28.9 3	31.5 3	30.2 3	27.6 3	27.4	26.4 3	
29.3 3		28.9 3	27.1 3	30.3 3	26.1 3	27.2 3	30.2 3	29.3 3		29.8 3	26.8 3	27.3 3	27.8 3	
28.3 3														
2005	01	28.1 3	28.1 3	27.9 3	28.8 3	28.5 3	28.6 3	29.8 3	*	31.4 3	29.9 3	27.7 3	26.4 3	
28.7 3		28.4 3	28.0 3	28.2 3	30.6 3	27.9 3	31.2 3	29.6 3	30.2 3	32.2 3	27.9	26.7	26.3 3	
28.9 3		28.4 3	30.1 3	28.6 3	27.6	28.2 3	29.8 3	30.6 3	30.3 3	28.9 3	26.9 3	27.2	26.7 3	
28.6 3														
2006	01	26.4 3	28.1 3	27.4 3	*	*	25.0 3	28.5 3	30.6	29.2 3	31.0 3	27.3 3	27.2	
28.1 3		26.7 3	28.9 3	*	25.1 3	27.5 3	*	28.0 3	31.0 3	30.1 3	28.7 3	26.4	26.3 3	
27.9 3		28.3 3	*	28.0 3	25.6 3	28.1 3	28.0 3	26.0 3	30.4	31.0 3	29.0 3	27.8 3	27.0 3	
28.1 3														
2007	01	29.4	30.1	31.1 3	28.1 3	28.3 3	27.6	29.9 3	*	28.3 3	27.0 3	26.2 3	27.4 3	
28.5 3		28.8	29.9 3	28.3 3	28.0 3	28.7 3	28.1 3	28.6 3	28.3 3	29.3 3	27.0 3	26.6 3	26.7 3	
28.2 3		29.6 3	30.6 3	27.8 3	27.5 3	27.5 3	27.2 3	27.0 3	29.0 3	*	26.3 3	27.4 3	26.8 3	
2008	01	26.6 3	28.1 3	27.9 3	27.8	27.6 3	26.7 3	28.1 3	29.7 3	28.7 3	27.3	27.4	27.0	
27.7 3		27.4 3	28.9	26.7 3	27.4	28.6 3	27.9 3	28.1 3	28.3 3	28.5 3	27.4	27.0 3	27.7 3	
27.8 3		28.0 3	26.4 3	29.0 3	27.3	26.1 3	28.1 3	29.4	28.6 3	28.5 3	28.1 3	26.8	27.5 3	
27.8 3														
2009	01	27.1	26.9 3	27.0 3	26.4	26.7	28.6	27.4 3	28.3	28.9	32.7	28.5 3	29.8 3	
28.2 3		27.2	26.8 3	26.7	27.4 3	27.2	28.2 3	28.1 3	28.1	28.2	28.0 3	29.2 3	30.6 3	
28.0 3		27.0	27.5	26.8 3	27.4 3	28.1	27.2	28.7	27.9	32.0	29.1	29.5 3	29.1 3	
28.4 3														
2010	01	29.3	31.6	29.9	28.1	27.5	27.5	27.8	29.7	28.8	28.8	27.3	26.5 3	
28.6 3		30.0	30.6	29.6	27.2	30.0	27.7 3	27.3	30.0	29.9	29.9	26.3 3	26.7 3	
28.8 3		30.2	30.5	31.1	28.4	27.2	28.1	28.8	30.3	28.1	28.3	27.3	29.0 3	
28.9 3														
2011	01	28.2	28.7	26.5	28.7	29.1	27.6	28.9 3	29.1 3	28.9 1	27.8 1	28.1	27.0	
28.2 3		27.1	27.6	28.1	27.1	28.1	28.8	27.4 3	28.9 1	29.3 1	27.0 3	26.9	26.8	
27.8 3		29.5	27.9	30.2 3	28.1	28.6	28.5	28.5 1	30.0 3	28.9 1	27.9 3	26.9	29.3	
28.7 3														
2012	01	28.0	27.9	29.2	28.7	29.0								
28.6 3		27.8	28.6	28.1	27.6	30.5								
28.5 3		27.5	28.3	27.7 3	28.9	30.4								
28.6 3														
2013	01				30.2	26.4	29.1	28.5						
28.6 3					27.9 3	29.9	27.0	30.5	29.7					
29.0 3				28.8 3	28.4	27.1	30.1	30.5 3						
29.0 3														

Fuente. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)

Anexo 3. Porcentaje (p) de número máximo de horas de insolación mensual respecto al total anual según latitud (latitud norte)

mes	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
latitud												
0°	8,50	7,66	8,49	8,21	8,50	8,22	8,50	8,49	8,21	8,50	8,22	8,50
5°	8,32	7,56	8,47	8,29	8,66	9,41	8,68	8,60	8,23	8,42	8,06	8,30
10°	8,13	7,47	8,45	8,37	8,81	8,60	8,86	8,71	8,25	8,34	7,91	8,10
15°	7,94	7,36	8,43	8,44	8,98	8,80	9,05	8,83	8,28	8,26	7,75	7,88
20°	7,74	7,25	8,41	8,52	9,15	9,00	9,25	8,96	8,30	8,18	7,58	7,66
25°	7,53	7,14	8,39	8,61	9,33	9,23	9,45	9,09	8,32	8,09	7,40	7,42
30°	7,30	7,03	8,38	8,72	9,53	9,49	9,67	9,22	8,33	7,99	7,19	7,15
35°	7,05	6,88	8,35	8,83	9,76	9,77	9,93	9,37	8,36	7,87	6,97	6,86
40°	6,76	6,72	8,33	8,95	10,02	10,08	10,22	9,54	8,39	7,75	6,72	6,52
45°	6,37	6,51	8,28	9,09	10,35	10,50	10,61	9,77	8,42	7,60	6,41	6,09
50°	5,98	6,30	8,24	9,24	10,68	10,91	10,99	10,00	8,46	7,45	6,10	5,65
55°	5,33	5,93	8,16	9,44	11,21	11,65	11,65	10,35	8,52	7,21	5,57	4,93
60°	4,67	5,65	8,08	9,65	11,74	12,39	12,31	10,70	8,57	6,98	5,04	4,22

Tabla 3B.- Porcentaje (p) de número máximo de horas de insolación mensual respecto al total anual según latitud (latitud norte)

Fuente.

http://www.miliarium.com/proyectos/estudioshidrogeologicos/anejos/metodos_determinacion_transpiracion/metodos_empiricos/metodosempiricos.asp.

Anexo 4. Calculo Requerimientos Hídricos

Evapotranspiración. $EVT = (187,9\text{mm/mes} * 1 \text{ mes}) / (30 \text{ días}) = 6.26 \text{ mm/día}$

Uso Consumo (Uc). $Uc = EVT * Kc$, donde Kc : Coeficiente cultivo

$$Uc = 6.26 \text{ mm/día} * 0.8 = 5.01 \text{ mm/día}$$

- Calculo de la lámina Neta (LN) o cantidad de agua aplicar.

$$LN = ((CC - PMP) / 100) * \frac{Da}{Dr} * Pre * Na$$

$$LN = \frac{(25.38 - 10.03)}{100} * \frac{1.6}{2.6} * 110 * 0.5$$

$$LN = 5.2 \text{ mm}$$

LN = Lamina Neta, CC = Capacidad de campo, PMP = Punto de marchitez permanente, Da = Densidad aparente, Dr = Densidad real, Pre = Profundidad radicular efectiva (75% de la profundidad radical), Na = Nivel de agotamiento de humedad aprovechable en el suelo; se recomienda el valor no sea superior al 50%. En este caso se trabajara con 0,5.

- Cálculo de Lamina Bruta

$$LB = \frac{LN}{Ea}$$

LN : Lamina Neta

Ea : Eficiencia de aplicación (98% para goteo)

$$LB = \frac{5,2 \text{ mm}}{0.98} = 5,3 \text{ mm} = 53 \frac{m^3}{ha}$$

- Frecuencia de Riego

$$FR = \frac{LN}{Uc}$$

Continuación, Anexo 4. Calculo Requerimientos Hídricos

$$FR = \frac{5,2 \text{ mm}}{5.01 \text{ mm/día}} = 1 \text{ día}$$

- Tiempo de riego por unidad de riego

$$TRur = \frac{LBur}{Qur}$$

LBur (m³): Lámina bruta para el área de humedecimiento de la unidad de riego

$$LBur = (Ah * LB) / (\text{m}^2 \text{ de una hectárea})$$

LB (m³): Lámina bruta, Ah: Área de humedecimiento

$$Ah = 3.1415 \left(\left(\frac{Du}{2} \right)^2 \right)$$

$$Du = 0.7 + 0,11 Qur$$

$$Du = 0.7 + 0,11 \left(4 \frac{Lt}{Hr} \right) = 1.14 \text{ m}$$

Qur: Cauda de la unidad de riego (l/h)

$$Ah = 3.1415 \left(\left(\frac{Du}{2} \right)^2 \right) = 3.1415 \left(\left(\frac{1.14}{2} \right)^2 \right) = 1.021 \text{ m}^2$$

$$LBur = \frac{(1.021 \text{ m}^2 \times 53 \text{ m}^3)}{10000 \text{ m}^2} = 0.0054113 \text{ m}^3$$

$$TRur = \frac{LBur}{Qur} = \frac{0.0054113 \text{ m}^3}{0.004 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}} = 1.35 \text{ hrs} = 1 \text{ hrs } 21 \text{ min}$$

Posiciones de riego por turno de riego

$$PRtr = \frac{Qd}{Qur}$$

$$PRtr = \frac{7000 \frac{Lt}{Hr}}{4 \frac{Lt}{Hr}} = 1750 \text{ posiciones de riego para goteo}$$

- Turnos de riego

Se tomará un turno de riego, teniendo en cuenta la cantidad de agua disponible y la requerida en el sector de riego, el cual completa la irrigación en un tiempo de 1 hora y 21 minutos, en el periodo del mes más crítico.

Anexo 5. Características del gotero

Gotero autocompensado

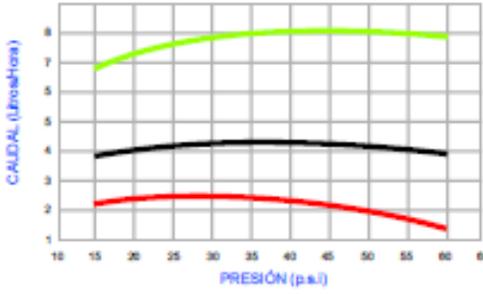
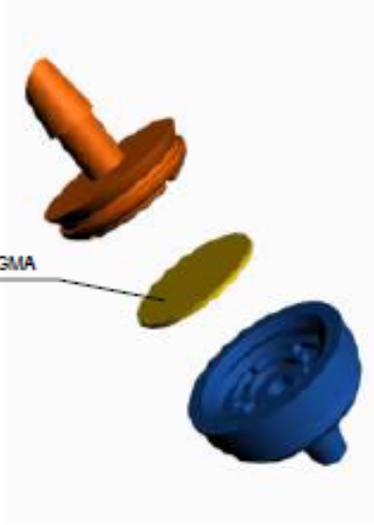
PCT



Los emisores **PCT** son goteros de botón de tamaño compacto, autorregulados, de flujo turbulento (la mayoría de la energía es disipada a través de su régimen de flujo turbulento), especialmente diseñados para la eficiente aplicación de agua a cada planta.

Conforman el método de aplicación de agua más adecuado para materos individuales, viveros, semilleros, superficies densamente plantadas como cultivos bajo invernadero, zonas verdes y plantaciones de árboles frutales donde se requiere el aumento paulatino de goteros insertados a medida que avanza la edad de las plantas.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

PRESENTACIONES

El gotero **PCT** está disponible en caudales de 2, 4 y 8 LPH.

BAYONETA	CAUDAL (LPH)
	ROJO 2
	NEGRO 4
	VERDE 8
	CAPSULA ANTI - RAIZ
	CAPSULA ANTI - HORMIGA

Versión anti-raíz y Anti-hormiga

Cuenta con una ventaja adicional, y es la posibilidad de adaptarlo la **CÁPSULA ANTI-HORMIGA**, que actuando como barrera física impide el acceso de estos insectos al gotero.

Otra alternativa es adaptarlo una **cápsula ANTI-RAIZ** en el extremo de descarga, que sirve a la vez como barrera química contra las raíces, y como barrera física contra las hormigas.

Fuente. Guía de productos Agrifim

Anexo 6. Presupuesto detallado

PRESUPUESTO PARA EL DISEÑO RIEGO POR GOTEADO				
ACCESORIO	UNID	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$
Tubería Principal, Múltiple y Laterales				
Tubería PVC RDE 26- 1"/6m	ML	23	\$ 11.319,00	\$ 260.337,00
Manguera Polietileno 16 mm/100 m	ML	10	\$ 73.285,86	\$ 732.858,60
			Suma Parcial	\$ 993.195,60
Unidad de Filtrado				
Filtro de Anillos	UNID	1	\$ 110.000,00	\$ 110.000,00
Válvula Red White	UNID	2	\$ 84.700,00	\$ 169.400,00
Manómetro Glicerina	UNID	2	\$ 41.310,00	\$ 82.620,00
Bushing Galvanizado 1/2"x1/4"	UNID	2	\$ 720,00	\$ 1.440,00
			Suma Parcial	\$ 363.460,00
Accesorios PVC y Polietileno				
Unión 1"	UNID	22	\$ 945,00	\$ 20.790,00
Codo 90º 1"	UNID	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
Codo 45º 1"	UNID	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
Tee 1"	UNID	2	\$ 933,00	\$ 1.866,00
Conector Cinta-Manguera	UNID	19	\$ 1.400,00	\$ 26.600,00
Adaptador macho 1"	UNID	5	\$ 645,00	\$ 3.225,00
Adaptador hembra 3/4"	UNID	2	\$ 800,00	\$ 1.600,00
Tapón Roscado 1"	UNID	1	\$ 2.117,00	\$ 2.117,00
Buje 3/4" a 1"	UNID	2	\$ 800,00	\$ 1.600,00
Buje roscado 1" a 1/2"	UNID	2	\$ 841,00	\$ 1.682,00
Limpiador	UNID	1	\$ 1.677,00	\$ 1.677,00
Sellador	UNID	2	\$ 13.362,00	\$ 26.724,00
Broca 16 mm	UNID	1	\$ 7.000,00	\$ 7.000,00
Cinta Teflón	UNID	4	\$ 1.500,00	\$ 6.000,00
Silletas 16mm	UNID	19	\$ 500,00	\$ 9.500,00
			Suma Parcial	\$ 112.781,00
Unidad de Bombeo				
Motobomba (1 Hp)	UNID	1	\$ 357.000,00	\$ 357.000,00
Universal 1"	UNID	1	\$ 2.592,00	\$ 2.592,00
Válvula de Pie	UNID	1	\$ 58.800,00	\$ 58.800,00
			Suma Parcial	\$ 418.392,00

Continuación, Anexo 6. Presupuesto detallado

Unidad de Riego				
Gotos Autocompensados 4 Lt/hr	UNID	400	\$ 603,00	\$ 241.200,00
			Suma Parcial	\$ 241.200,00
Mano de obra calificada				
Instalación tubería RDE 26- 1"	ML	138	\$ 600,00	\$ 82.800,00
Instalación Manguera Polietileno 16 mm	ML	1000	\$ 100,00	\$ 100.000,00
Instalación de goteros	UNID	400	\$ 100,00	\$ 40.000,00
Instalación y puesta en funcionamiento unidad filtrado	UNID	1	\$ 250.000,00	\$ 250.000,00
Replanteo diseño	Ha	0,28	\$ 150.000,00	\$ 42.000,00
			Suma Parcial	\$ 514.800,00
Mano de obra no calificada				
Excavación y tapado de tubería RDE 26 - 1"	ML	138	\$ 2.000,00	\$ 276.000,00
Limpieza del terreno	Ha	0,28	\$ 100.000,00	28000
			Suma Parcial	\$ 304.000,00
Costo directo				\$ 2.947.828,60
Administración (15%)				\$ 442.174,29
Imprevistos (5%)				\$ 147.391,43
Utilidades (5%)				\$ 147.391,43
IVA sobre 5% de utilidades (16%)				\$ 23.582,63
Total Presupuesto				\$ 3.708.368,38

Anexo 7. Instalación

EXCAVACIÓN



Brecha

La brecha debe ser lo más angosta posible dentro de los límites practicables:

Un ancho de 30 cm. adicional al diámetro exterior del tubo es satisfactorio.

La altura mínima del relleno por encima de la Tubería debe ser de 60 cm.



Excavación

El fondo de la zanja debe estar libre de objetos duros como rocas, troncos, etc. De esta manera poder evitar la rotura o deterioro de la tubería. El relleno debe comenzarse inmediatamente después de la instalación de la tubería con el fin de protegerla.

ENSAMBLE



Limpiador

Se limpia cuidadosamente la parte interior y exterior del tubo, mediante el limpiador para PVC; abarcando el área de contacto entre el tubo y la unión en su totalidad.



Sellador

Se lubrica de manera pareja el tubo mediante sellador para PVC; inmediatamente después se ensambla de manera alineada, evitando el contacto directo de la tubería y la unión con el suelo.

CONEXIÓN MÚLTIPLE – LATERAL



Abrocado

Para realizar la conexión múltiple-lateral es necesario efectuar el proceso de abrocado de la tubería, en el cual es indispensable la selección de la broca; la cual debe ser del mismo diámetro de la manguera a utilizar en el lateral, para este proyecto se utilizó una broca de 16 mm.



Amarre

Posterior al abrocado se ubican la silletas con el respectivo conector, con un espaciamiento de 2.5 metros entre cada lateral.

El amarre se realiza con alambre ajustando la manguera a la silleta, evitando así fugas durante la operación del sistema.



Obturador

Al final de cada lateral se ubica un obturador, con el fin de evitar el paso del agua y facilitar la limpieza de la línea de riego.

UNIDAD DE FILTRADO



Filtro de anillos

Se instala un filtro de anillos con entrada y salida en $\frac{3}{4}$ " , este se acopla mediante 2 adaptadores hembra y posteriormente a 2 bujes de $\frac{3}{4}$ " a 1" , correspondiente al diámetro de la tubería principal.

Cada unión roscada posee cinta teflón para evitar la filtración de agua.

Continuación, Anexo 7. Instalación



Los manómetros se ubican a la entrada y salida de la unidad de filtrado, con el objetivo de regular la presión de trabajo del sistema de riego y determinar la limpieza de los filtros en base a la caída de presión.

Manómetros

A continuación se instalan las válvulas de seguridad y de paso, necesarias para regular el flujo de agua a través de la tubería.

Cada válvula se acopla al sistema mediante 2 adaptadores macho, cubriendo el área roscada con cinta teflón.

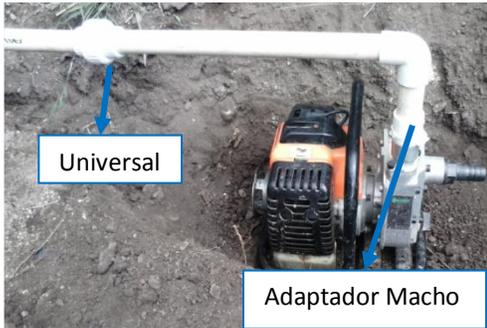
El filtro se ubica según la dirección del flujo de agua, para este proyecto se ubico en la dirección Norte – Sur.



Unidad de Filtrado

Continuación, Anexo 7. Instalación

UNIDAD DE BOMBEO



La unidad de bombeo debe contar con una estructura de protección, que permita la operación del sistema sin la exposición directa a las condiciones climatológicas.

Bomba



La bomba se acopla al sistema mediante 2 adaptadores macho y un adaptador universal, que facilite el traslado de la unidad hacia otro sitio de bombeo.

La tubería de succión debe estar completamente llena de agua en el momento de encender la bomba.

Succión

Anexo 8. Evaluación del sistema de riego por goteo

LECTURA	VOLUMEN (ml)	TIEMPO (min)	CAUDAL (l/h)	PRESION (psi)	EFICIENCIA (%)
1	890	15	3,56	24	89
2	900	15	3,6	25	90
3	910	15	3,64	28	91
4	920	15	3,68	25	92
5	920	15	3,68	29	92
6	890	15	3,56	31	89
7	900	15	3,6	28	90
8	940	15	3,76	34	94
9	980	15	3,92	26	98
10	980	15	3,92	25	98
11	970	15	3,88	27	97
12	960	15	3,84	28	96
13	950	15	3,8	31	95
14	900	15	3,6	30	90
15	910	15	3,64	24	91
16	920	15	3,68	27	92
17	940	15	3,76	29	94
18	950	15	3,8	32	95
19	960	15	3,84	34	96
20	940	15	3,76	26	94
21	910	15	3,64	32	91
22	910	15	3,64	28	91
23	910	15	3,64	29	91
24	920	15	3,68	31	92
25	920	15	3,68	35	92
26	930	15	3,72	26	93
27	900	15	3,6	28	90
28	940	15	3,76	23	94
29	940	15	3,76	26	94
30	950	15	3,8	28	95
31	950	15	3,8	31	95
32	950	15	3,8	25	95
33	960	15	3,84	34	96
34	960	15	3,84	33	96
35	880	15	3,52	30	88
36	900	15	3,6	27	90
37	910	15	3,64	23	91
38	910	15	3,64	27	91
39	920	15	3,68	31	92
40	930	15	3,72	30	93
41	940	15	3,76	26	94
42	950	15	3,8	28	95
43	960	15	3,84	32	96
44	960	15	3,84	35	96
45	880	15	3,52	25	88
46	890	15	3,56	27	89
47	910	15	3,64	32	91
48	980	15	3,92	25	98
49	980	15	3,92	29	98
50	890	15	3,56	33	89
51	900	15	3,6	36	90
52	910	15	3,64	31	91
53	970	15	3,88	27	97
54	970	15	3,88	26	97
55	970	15	3,88	30	97
56	880	15	3,52	24	88
57	890	15	3,56	32	89
58	920	15	3,68	36	92
59	940	15	3,76	31	94
60	910	15	3,64	25	91
61	920	15	3,68	24	92
62	900	15	3,6	27	90

Continuación, Anexo 8. Evaluación del sistema de riego por goteo

63	910	15	3,64	28	91
64	910	15	3,64	31	91
65	930	15	3,72	30	93
66	940	15	3,76	27	94
67	910	15	3,64	34	91
68	910	15	3,64	30	91
69	920	15	3,68	29	92
70	940	15	3,76	27	94
71	950	15	3,8	31	95
72	920	15	3,68	36	92
73	930	15	3,72	35	93
74	940	15	3,76	33	94
75	940	15	3,76	25	94
76	950	15	3,8	30	95
77	950	15	3,8	32	95
78	960	15	3,84	31	96
79	960	15	3,84	26	96
80	970	15	3,88	29	97
81	960	15	3,84	34	96
82	960	15	3,84	36	96
83	980	15	3,92	34	98
84	960	15	3,84	27	96
85	960	15	3,84	29	96
86	960	15	3,84	30	96
87	960	15	3,84	24	96
88	960	15	3,84	26	96
89	970	15	3,88	28	97
90	970	15	3,88	32	97
91	980	15	3,92	34	98
92	970	15	3,88	35	97
93	970	15	3,88	28	97
94	990	15	3,96	24	99
95	980	15	3,92	26	98
96	980	15	3,92	24	98
97	980	15	3,92	27	98
98	980	15	3,92	32	98
99	970	15	3,88	33	97
100	970	15	3,88	35	97

Anexo 9. Cálculo de la eficiencia de aplicación

Tiempo = 15 min, Volumen = 960 ml

$$Q_{DESCARGA} = \frac{V}{T} = \frac{960 \text{ ml}}{15 \text{ min}} = 64 \frac{\text{ml}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ l}}{1000 \text{ ml}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} = 3.84 \frac{\text{l}}{\text{hr}}$$

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{Q_{DESCARGA}}{Q_{DISEÑO}} \times 100 = \frac{3.84 \frac{\text{l}}{\text{hr}}}{4 \frac{\text{l}}{\text{hr}}} \times 100 = 96\%$$

Anexo 10. Valores F para pérdidas por múltiples salidas, Hazen-Williams.

TABLA No. 1			
Valor de F para la determinación de pérdidas por múltiples salidas, cuando se usa la fórmula de Hazen-Williams.			
Número de salidas	m = 1,85	Número de salidas	m = 1,85
1	1.0	16	0.382
2	0.639	17	0.380
3	0.535	18	0.379
4	0.486	19	0.377
5	0.457	20	0.376
6	0.435	22	0.374
7	0.425	24	0.372
8	0.415	26	0.370
9	0.409	28	0.369
10	0.402	30	0.368
11	0.397	35	0.365
12	0.394	40	0.364
13	0.391	50	0.361
14	0.387	100	0.356
15	0.384	Más de 100	0.351

Fuente: AUGURA. Sistema de Riego a Presión

Anexo 11. Longitud Equivalente de conexiones en tuberías en m.

TABLA No. 5										
Longitud equivalente por accesorios										
DIÁMETRO (D)		Codo 90° Radio corto	Codo 45°	Válvula de compuerta abierta	Válvula de tipo globo abierta y/o bola	Te pasiva	Te activa	Te bifurcada	Cheque y/o hidrante tipo liviano	Cheque y/o hidrante tipo pesado
mm	Pulg.									
13	½	0.5	0.2	0.1	4.9	0.3	1.0	1.0	1.1	1.6
19	¾	0.7	0.3	0.1	6.7	0.4	1.4	1.4	1.6	2.4
25	1 ¼	0.8	0.4	0.2	8.2	0.5	1.7	1.7	2.1	3.2
32	1 ½	1.1	0.5	0.2	11.3	0.7	2.3	2.3	2.7	4.0
38	2	1.3	0.6	0.3	13.4	0.9	2.8	2.8	3.2	4.8
50	2 ½	1.7	0.8	0.4	17.4	1.1	3.5	3.5	4.2	6.4
63	3	2.0	0.9	0.4	21.0	1.3	4.3	4.3	5.2	8.1
75	4	2.5	1.2	0.5	26.0	1.6	5.2	5.2	6.3	9.7
100	5	3.4	1.5	0.7	34.0	2.1	6.7	6.7	6.4	12.9
125	6	4.2	1.9	0.9	43.0	2.7	8.4	8.4	10.4	16.1
150	8	4.9	2.3	1.1	51.0	3.4	10.0	10.0	12.5	19.3

Fuente. Manual Técnico de PAVCO

Anexo 12. Pérdidas de presión (j) en tuberías de polietileno PR PAVCO para conducciones agrícolas, fórmulas de Hazen- Williams y Darcy- Weisbachs - m/100m.

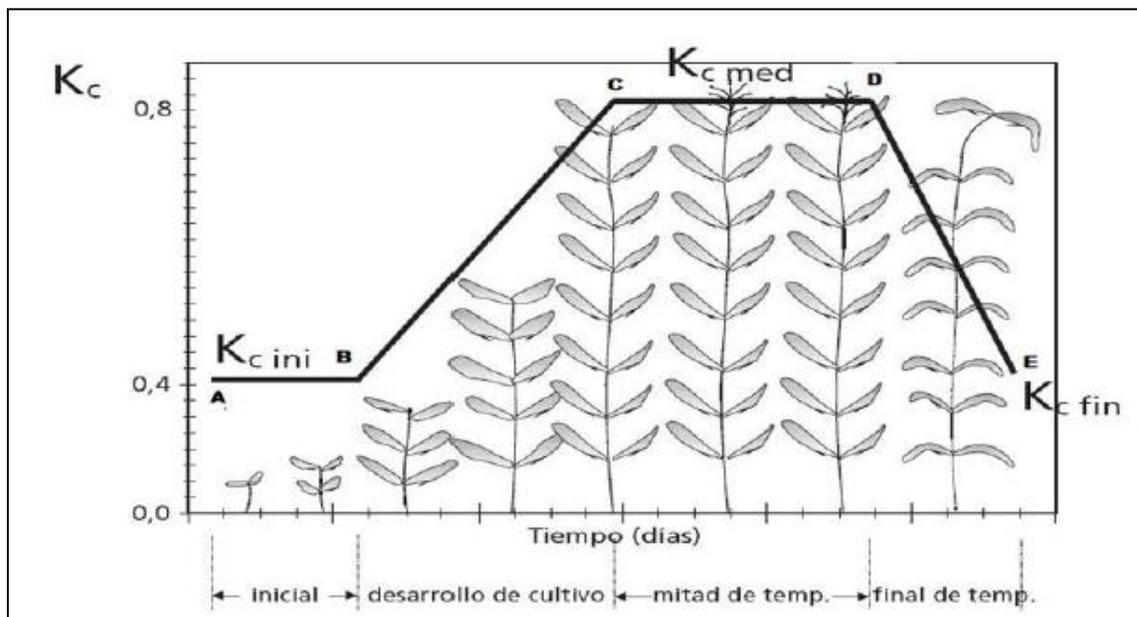
TABLA No. 4
Pérdidas de presión (j) en tuberías polietileno PR PAVCO para riegos y conducciones agrícolas, según la combinación de las fórmulas de Hazen - Williams y de Darcy - Weisbachs; en m/100m.

TUBERÍA POLIETILENO ORIGINAL
PR 35 y PR 55

Lt./min	m ³ /h	12	16	20
0.05	0.00	0.01		
0.10	0.01	0.02		
0.20	0.01	0.07	0.02	0.01
0.40	0.02	0.24	0.05	0.02
0.80	0.05	0.81	0.17	0.06
1.00	0.06	1.19	0.25	0.09
1.50	0.09	2.43	0.51	0.18
2.00	0.12	4.01	0.85	0.29
2.50	0.15	5.93	1.25	0.43
3.00	0.18	8.16	1.72	0.60
3.50	0.21	10.69	2.25	0.78
4.00	0.24	13.50	2.85	0.99
4.50	0.27	16.59	3.50	1.21
5.00	0.30	19.95	4.21	1.46
5.50	0.33	23.57	4.97	1.72
6.00	0.36	27.44	5.79	2.01
6.50	0.39	31.57	6.66	2.31
7.00	0.42	35.94	7.58	2.63
7.50	0.45	40.55	8.55	2.96
8.00	0.48	45.40	9.57	3.32
8.50	0.51	50.49	10.65	3.69
9.00	0.54	55.80	11.77	4.08
9.50	0.57	61.33	12.93	4.48
10.00	0.60	67.09	14.15	4.90
11.00	0.66	79.27	16.72	5.79
12.00	0.72	92.31	19.47	6.74
13.00	0.78		22.39	7.76
14.00	0.84		25.49	8.83
15.00	0.90		28.76	9.97
16.00	0.96		32.20	11.16
17.00	1.02		35.81	12.41
18.00	1.08		39.58	13.71
19.00	1.14		43.50	15.07
20.00	1.20		47.59	16.49
21.00	1.26		51.83	17.96

Fuente: Manual Técnico PAVCO

Anexo 13. Coeficiente de cultivo en diferentes estados fenológicos (Kc)



Fuente. Estudios FAO Riego y Drenaje 56.

Anexo 14. Pérdidas de presión (j) tuberías PVC RDE 26 uso agrícola, según Hazen-Williams en m/100.

Pérdidas de Presión				
Según la fórmula Williams & Hazen:				
$f = 0.2083 \left(\frac{100}{C} \right)^{1.85} \frac{Q^{1.85}}{S^{4.866}}$				
$f = 0.0985 \frac{Q^{1.85}}{S^{4.866}}$				
f = Pérdida de presión en m/100 m Q = flujo de galones por minuto, (GPM) S = Diámetro interior en pulgadas. C = Factor de fricción constante: 150 para PVC				
Tubería RDE 21 m./100 m.		Tubería RDE 26 m./100 m.		
gal./min	1/2"	gal./min	3/4"	1"
2	1.56	2	0.46	0.15
4	5.61	4	1.66	0.53
6	11.89	6	3.51	1.13
8	20.24	8	5.98	1.92
10	30.58	10	9.04	2.91
12	72.96	16	21.57	6.94
		20	32.60	10.48
		26	52.96	17.03
		30	69.02	22.19
		36	96.70	31.09
		40		37.78
		46		48.93
		50		57.09
		60		79.99

Fuente. Manual Técnico de PAVCO

Anexo 15. Bomba Barnes línea caracol

LINEA CARACOL

EH-203 /EH-205 /EH-207 /EH-210

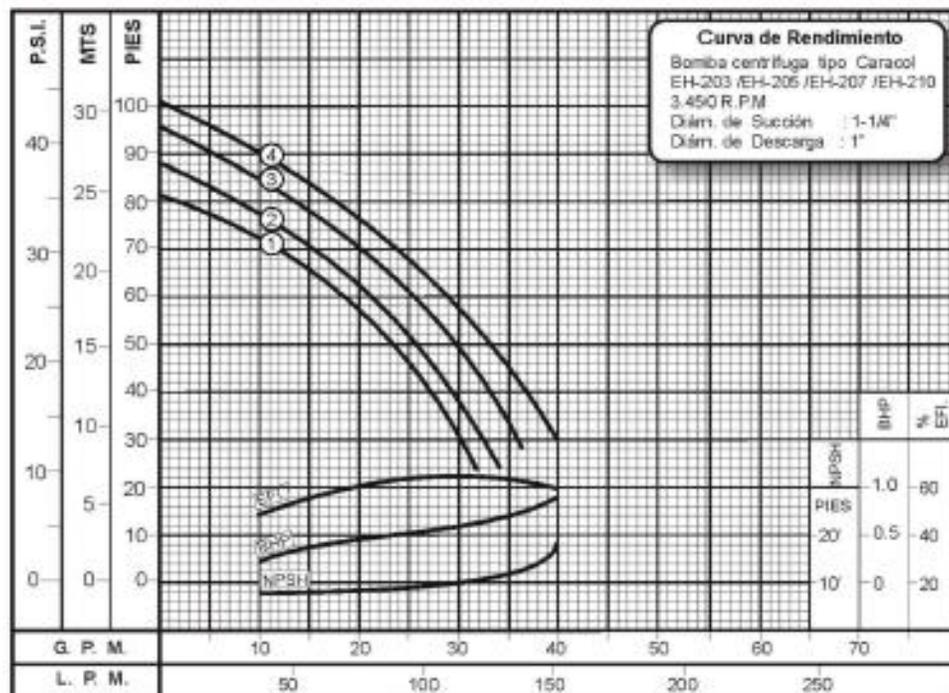


CARACTERISTICAS

- Bomba centrífuga de construcción monobloque fabricada en hierro fundido.
- Diámetro de succión de 1-1/4" y descarga de 1"
- Impulsor cerrado fabricado en plástico de alta resistencia
- Temperatura máxima de operación 70°C
- Motores a prueba de goteo, 3.450 RPM, 60Hz, NEMA C 56J

APLICACION

- Uso doméstico
- Aprovechamiento de aguas limpias
- Refrigeración de maquinaria
- Llenado de tanques y bebederos
- Lavado de establos
- Recirculación de agua en piscinas
- Pequeños equipos de presión



No	MODELO	HP	VOLTAJE	AMP.	FASES	DIA. IMP.	øSUCC.	øDESC.
1	EH-203	1/3	115	8.6	1	4.650"	1-1/4"	1"
2	EH-205	1/2	115/230	10.2/5.1	1	4.850"	1-1/4"	1"
3	EH-207	3/4	115/230	13.2/6.6	1	5.000"	1-1/4"	1"
4	EH-210	1.0	115/230	16.3/8.15	1	5.150"	1-1/4"	1"



PBX: 3-377077 / 4-056585
F A X : 2 - 6 9 2 3 5 9

BARNES DE COLOMBIA S.A.
PLANTA: CALLE 15 No 41-17
Bogotá D.C. Colombia

www.barnes.com.co
e-mail: ventas@barnes.com.co

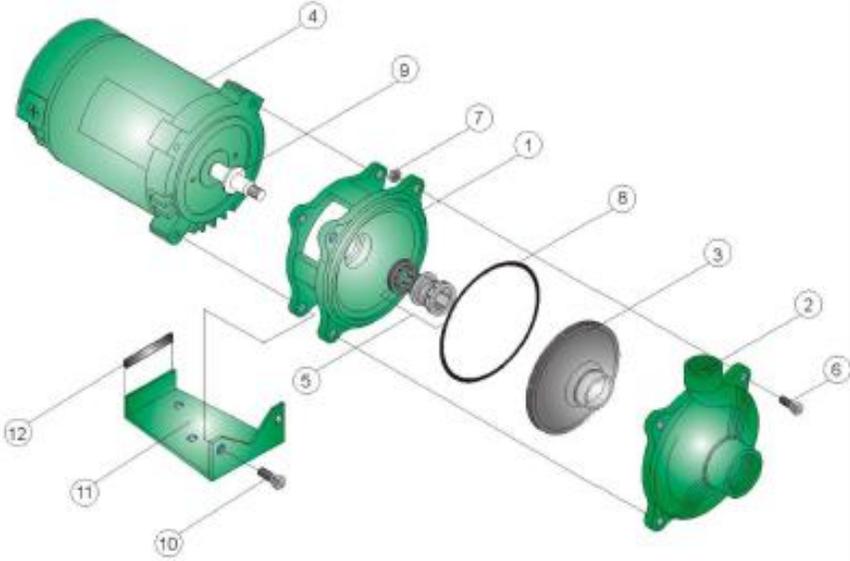
Fuente. Catálogo Técnico de Barnes Colombia S.A.

Continuación, Anexo 15. Bomba Barnes línea caracol

LINEA CARACOL

EH-203 /EH-205 /EH-207 /EH-210

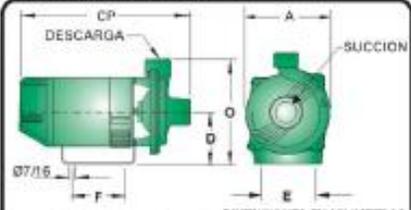




LISTA DE PARTES

No	DESCRIPCIÓN	REF.	CANTIDAD			
			EH203	EH205	EH207	EH210
1	ACOPLE EN HIERRO	19589	1	1	1	1
2	CUERPO EN HIERRO	31435	1	1	1	1
3	IMPULSOR ø4.650"	22485	1	1	1	1
3	IMPULSOR ø4.850"	22485	1	1	1	1
3	IMPULSOR ø5.000"	22500	1	1	1	1
3	IMPULSOR ø5.180"	22815	1	1	1	1
4	MOTOR 1/3 MONOF.	-	1	1	1	1
4	MOTOR 1/2 MONOF.	-	1	1	1	1
4	MOTOR 3/4 MONOF.	-	1	1	1	1
4	MOTOR 1.5 MONOF.	-	1	1	1	1
5	SELLO MECÁNICO 5/8"	12703	1	1	1	1
6	TORNILLO 5/16"x1-1/4" NC	02220	4	4	4	4
7	TUERCA 5/16"NC	02501	4	4	4	4
8	ANILLO 1/2"	17732	1	1	1	1
9	ARANDELA DE CAUCHO	12752	1	1	1	1
10	TORNILLO 3/8"x3/4"NC	02195	4	4	4	4
11	BASE EN LAMINA	14425	1	1	1	1
12	SOPORTE DE CAUCHO	30439	1	1	1	1

DIMENSIONES GENERALES



DIMENSIONES EN MILIMETROS

MODELO	SUCC x DESC.	CP	O	D	F	A	E	PESO
EH-203	1-1/4" x 1"	308	225	112	76	180	50	12.0Kg
EH-205	1-1/4" x 1"	308	225	112	76	180	50	13.1Kg
EH-207	1-1/4" x 1"	308	225	112	76	180	50	14.4Kg
EH-210	1-1/2" x 1"	308	225	112	76	180	50	15.0Kg

PEX: 3377077 / 4056565
F.A.X: 2 - 892359

BARNES DE COLOMBIA S.A.
PLANTA: CALLE 15 No 41-17
Bogotá D.C. Colombia

www.barnes.com.co
e-mail: ventas@barnes.com.co

Fuente. Catálogo Técnico de Barnes Colombia S.A.

61

Anexo 16. Cálculos Hidráulicos

Cálculo de un lateral en un sistema de riego localizado modalidad goteo.

1. UNIDAD DE RIEGO (UR)		2. CULTIVO		3. ABASTECIMIENTO	
MODALIDAD:	Goteo	HUERTO:	Villa Regina	SECTOR RIEGO (S.R) N°:	1
Boquilla Emisor (color):	Negro	Especie:	Uva	Fuente:	Reservorio
Presión Trabajo (PSI):	20	Distancia siembra (m):	2,5	Caudal disponible (GPM):	30,8
Diámetro Húmedo (m):	1,1	Forma siembra:	Cuadro	Caudal sector riego QSR (GPM):	7
Caudal (LPH)=QUR:	4	Árboles/ha Aprox:	1600	Caudal/árbol (LPH) máx :	4
Forma de trabajo	Autocompensado	Unidades Riego/árbol :	1	Distancia entre emisores (EL)	2,5

4. CALCULO PERDIDAS POR FRICCIÓN EN LA TUBERIA (J)			
VARIABLES		VALORES	
J= (F) (L) (j)		20 mm	16 mm
NA = Número de árboles a beneficiar		22,00	22,00
NUR= Número de unidades de riego por lateral ≈ N° De salidas		22,00	22,00
Ø = Diámetro y RDE de la tubería (en mm)		20,00	16,00
F = Factor corrección múltiples salidas (Tabla N° 1)		0,3740	0,374
Q = Caudal total a conducir = (N° Unidades Riego) (Q unitario) = (22) *(4 LPH) / (60 LPH/LPM)		1,50	1,50
Ns = Número de espacios entre unidades de riego		21,00	21,00
EL= Espaciamiento entre unidades de riego en el lateral (m)		2,500	2,500
TI = Tramo inicial desde la conexión del lateral hasta la primera unidad de riego (m)		1,000	1,000
TF = Tramo final desde última unidad de riego hasta obturador (m)		1,000	1,000
LR = Longitud real (m) = (Ns)(EL) + (TI) + (TF) = [(21)*(2,5m)] + (1,0m) + (1m)		54,50	54,50
Le = Longitud equivalente por conexión de unidad riego al lateral : 0,05 - 0,2 m		0,050	0,200
L = Longitud total (m) = (LR) + (Le) = (54,5m) + (0,05m)		54,55	54,70
j = Pérdidas por fricción en la tubería (m/m); Tabla N° 4 (Según fabricante) (1,5 LPM)		0,1800	0,510
J = (F)(L)(j) (m) = [(0,374)*(54,7m)*(0,510)]/100		0,03672	0,1043
			0,49712

CHEQUEO: J ≤ Permissible (55% del 20% de la Presión de Trabajo Unidad de Riego)				
Diametro de la Tubería del Lateral	J (m)	J Permissible (m)	Condicion	Si Cumple o No Cumple
12 mm	0,497	1,547116737	$(0,497) \leq (1,54)$	SI
16 mm	0,104	1,547116737	$(0,104m) \leq (1,54)$	SI
20 mm	0,0367	1,547116737	$(0,0367m) \leq (1,54)$	SI

PRESIONES REQUERIDAS PARA EL LATERAL (M)			
PRESIÓN A LA ENTRADA (PEL)		PRESIÓN A LA SALIDA (PSL)	
VARIABLES	VALORES	VARIABLES	VALORES
PUR = Presión unidad riego (m): (20 PSI)/(1.422 PSI/m)	14,06469761	PEL = Presión entrada lateral (m):	14,06469761
J = Pérdidas totales (m):	0,104	J = Pérdidas totales (m):	0,104
ΔH = Diferencia topográfica terreno (m):	7	ΔH = Diferencia topográfica terreno (m):	7
PEL= PUR + J + ΔH (m): 14,06m + 0,005m + 7	21,169	PEL= PUR - J + ΔH (m): 14,06m - 0,005m + 7m	20,960
PEL= PUR + J - ΔH (m): 14,06m + 0,005m - 7	7,169032389	PEL= PUR - J - ΔH (m): 14,06m - 0,005m - 7m	6,960
PEL= Cuando se suma ΔH (PSI): (21,16m)*(1.422)	30,10236406	PEL= Cuando se suma ΔH (PSI): (20,960m)*(1.422)	29,80563594
PEL= Cuando se resta ΔH (PSI): (7,16m)*(1.422)	10,19436406	PEL= Cuando se resta ΔH (PSI): (6,960m)*(1.422)	9,897635943

TAMAÑO LATERAL			
PARA CÁLCULO DE DISEÑO (TL)		PARA TRAZADO GRAN LATERAL EN LOTE (TGL)	
TL = (N° espacios entre unidades de riego)*(distancia siembra) + (tramo final) + (tramo inicial)		TGL = (N° árboles espacios entre unidad riego)(distancia siembra) + (longitud de influencia)(2); longitud de influencia ≈ (1/2)(EL)	
TL = [(21m)(2,5)] + (1m) + (1m) =		TGL = ((21)(2.5m) + 1,25)*2 =	
54,5		107,5	

Fuente. MIGUEL GERMAN CIFUENTES PERDOMO – MIGERCIPER TALLERES EXCEL

Continuación, Anexo 16. Cálculos Hidráulicos
Cálculo de un múltiple de un sistema de riego localizado modalidad goteo

1. UNIDAD DE RIEGO (UR)		2.CULTIVO		3.ABASTECIMIENTO	
MODALIDAD:	Goteo	HUERTO:	Villa Regina	SECTOR RIEGO (S.R) N°:	1
Boquilla emisor (color):	Negro	Especie:	Uva	Fuente:	Reservorio
Presión trabajo (PSI):	20	Distancia siembra (m):	2,5	Caudal disponible (GPM):	30,8
Forma de instalacion	Sobre línea	Forma siembra:	Cuadro	Caudal sector riego QSR (GPM):	7
Caudal (LPH)=QUR:	4	Distancia entre surcos (m):	2,5	Caudal/árbol (LPH) máx :	4
Forma de trabajo	Autocompensado	Unidades Riego/árbol :	1	Distancia entre emisores (EL) (m)	2,5

4. PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN LA TUBERÍA MÚLTIPLE (J)		CONEXIÓN (%)	
J= (F) (L) (j)		100	50
NUR= (Número unidades riego) X (Sector riego) = QSR/QUR = () / () (LPH)		400	200
N° surcos o líneas de riego x sector riego (SR) = (Total UR del SR)/(Total UR del gran lateral)		19	9
F= Dependiente N° salidas y/o conexión surcos Tabla N° 1 S1 = () ; S2 = ()		0,377	0,409
NS =Número de espacios entre surcos (m)		18	8
TI = Tramo inicial desde la conexión hasta el primer surco (m)		3,2	3,2
TF = Tramo final medido desde la conexión del último surco hasta el tapón de lavado (m)		1	1
EM= Espaciamiento entre surcos o líneas de riego sobre el múltiple (m)		2,5	2,5
LR = Longitud real = (NS)(EM) + (TF) + (TI de conexión) = (m) = () + () + ()		49,2	24,2
13			
y 0,5 para silletas de 16 mm		0,5	0,5
L = Longitud total (m) = (LR) + (Le) = () + ()		49,7	24,7
Ø = Diámetro y RDE de la tubería múltiple (asumirlo)		1" RDE 21	1" RDE 21
Q = Caudal de diseño (GPM) y/o para cálculo		7	7
j= Pérdidas por fricción en la tubería (m/m); Tabla N° 2,3 y 8		0,01525	0,01525
J = (F)(L)(j) (m) = () () ()		0,285737725	0,1540601
CHEQUEO: J ≤ JPermisible (45% del 20% de la presión de trabajo unidad de riego)			
J (m) :	0,285737725	J PERMISIBLE (m):	1,265822785
NOTA: si el resultado es NO, entonces recalcular con otro porcentaje más bajo de conexión siempre sujeto a la topografía hasta obtener el punto óptimo para conectar.			
SI		NO	

5. PRESIÓN REQUERIDA A LA ENTRADA DEL MÚLTIPLE (PREM)		
PREM= Pérdidas totales múltiple (J) + Presión entrada lateral (PEL) ± ΔH terreno; ΔH = ()		
PREM = (0,2857)+(21,17)+(0)	21,45477011	EN m
	30,5086831	EN PSI

6. TAMAÑO MÚLTIPLE			
PARA CÁLCULO DE DISEÑO TM			
TM = Longitud Real (LR) (m):	49,2		
	49,2	EN m	100 %
TM		EN m	%
PARA TRAZADO GRAN MÚLTIPLE EN LOTE (TGM)			
TGM= (N° Espacios entre surcos)(distancia entre surcos) +(longitud de influencia)(L); longitud de influencia ≈ (1/2)(EM)			
TGM= (18)(2,5) + (1,25) = () m			46,25

Fuente. MIGUEL GERMAN CIFUENTES PERDOMO – MIGERCIPER TALLERES EXCEL

Continuación, Anexo 16. Cálculos Hidráulicos

Cálculo de la tubería principal “Método caudales parciales” en el sistema de riego localizado modalidad goteo.

TALLER N° 11 RIEGO A PRESIÓN: CALCULO DE LA TUBERÍA PRINCIPAL "MÉTODO CAUDALES PARCIALES"				
Predio	Villa Regina	Vereda	Villavieja	Municipio
Villavieja				
1. CALCULO DE LAS PERDIDAS POR FRICCIÓN EN LA TUBERÍA (J)				
$J1 = (F)(L)(j)$				
VARIABLES				
Ø = diámetro y RDE tubería (asumirlo):	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4
F = depende del número de salidas (sector de riego a beneficiar y / o salidas tubería de alimentación) (Tabla N° 1)	1" RDE 26			
Q = caudal total a conducir = Σ caudales sectores de riego a beneficiar (GPM):	1,00			
Lr = longitud real : desde la descarga unidad de bombeo y / o filtrado hasta el último sector de riego a beneficiar (m)	7,00			
Le = longitud equivalente por accesorios (m) (Tabla N° 5 ; Grafica N° 1)	86,30			
L = longitud total (m) (Lr)+(Le):	0,90			
j = pérdidas unitarias por fricción en la tubería (m/m) (Tabla N° 2,3,8):	87,20			
$J1 = (F)(L)(j)$ (m):	0,01525			
	1,3298	0,0000	0,0000	0,0000
J Tubería principal	1,3298			

1.1. CALCULO DE LA LONGITUD EQUIVALENTE (Le) (m)				
ACCESORIOS	CANTIDAD	Ø	Q(GPM)	Le (m)
TRAMO 1				
Codo 45°	1	1"	7,00	0,40
Codo 90°	1	1"	7,00	0,50
			sumatoria	0,90
SUMATORIA Le (m)	0,90			

1.2. CALCULO DE LA VELOCIDAD (V) EN LAS TUBERÍAS			
VARIABLES	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 2
Clase y diámetro de tubería:	PVC 1"		
RDE tubo:	RDE 26		
Espesor pared tubo (m) (catálogo fabricante):	0,00150		
Øe = diámetro externo (m) (catalogo fabricante):	0,0334		
Øi = Diámetro interno (m) (catalogo fabricante):	0,0304		
R = radio interno (m):	0,0152		
A = Área tubo = $(\frac{\pi}{4})(R^2)$ (m²):	0,0007	0,0000	0,0000
Q = caudal (m3/seg):	0,000440	0,000440	0,000440
V = Q/A (m/seg):	0,60	0,00	0,00
Vpermisible (m/seg) según fabricante:	2,50	2,50	2,50
CHEQUEO $V \leq V_{permisible}$:	VERDADERO		

2. PRESIÓN REQUERIDA A LA ENTRADA DE LA TUBERÍA PRINCIPAL PREM (m)	
PREM = pérdidas totales tubería principal (J) + presión requerida entrada tubería de alimentación crítica (PREA) + - ΔH terreno (ΔH)	
PREP (PSI)	PREP (m)
27,73	19,50
PRESIÓN REQUERIDA ENTRADA TUBERÍA DEL LATERAL (m) (Taller)	ΔH terreno (ΔH) (m)
21,17	-3

Fuente. MIGUEL GERMAN CIFUENTES PERDOMO – MIGERCIPER TALLERES EXCEL

Continuación, Anexo 16. Cálculos Hidráulicos

Cálculo de Pérdidas Unidad de Filtrado

1. DATOS BÁSICOS			
HUERTO:	CARACTERÍSTICAS	VEREDA:	MUNICIPIO:
FUENTE:	Reservorio	Ø ENTRADA Y SALIDA FILTROS (I)	1"
CAUDAL DISEÑO (GPM):	7	TUBERÍA PRINCIPAL Y SECUNDA	PVC 1"
RELACIÓN FILTRADO:	01:01	TUBERÍA RETROLAVADO:	PVC 1"
DESCRIPCIÓN FILTRADO:	Anillos	YÁLVULAS CONTROL FLUJO:	VALVULA COMPUERTA
CAPACIDAD TOTAL FILTRADO (G):	7	YÁLVULAS CONTROL PRESIÓN:	
CAPACIDAD INDIVIDUAL FILTROS:	7	YÁLVULAS CONTROL AIRE:	
MODELO FILTROS (Gráficas N° 2,3)	Filtro anillos Mx	MEDICIÓN PRESIÓN:	MANOMETROS

2. PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN LA TUBERÍA CONDUCCIÓN (J1)							
ITEMS	VARIABLES	TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 3	TRAMO 4	TRAMO 5	TRAMO 6
TRAMOS	Q: Caudales SR a beneficiar (GPM)	7					
	LR: Longitud real (m)	1					
	Le: Longitud equivalente por accesorios (m)	3,2					
	L: Longitud total (m)= LR + Le	4,2					
	Ø g RDE tubería (asumirlo)	1" RDE 21					
	j: Pérdidas fricción fabricante (Tablas N° 2,3,8)	0,01525					
	J1= (L)(j)	0,06405					
ΣJ1 (m)	0,06405						

2.1 CÁLCULO DE LA LONGITUD EQUIVALENTE (Le) (Tabla N° 5; Gráfica N° 1)					
ITEMS	ACCESORIOS	CANTIDAD	Ø	Q (GPM)	Le (m)
TRAMO	Manómetros	2	1"	7	2,8
	Valvula de Compuerta	2	1"	7	0,4
	Sumatoria Le:				3,2
ITEMS	ACCESORIOS	CANTIDAD	Ø	Q (GPM)	Le (m)
TRAMO					
	Sumatoria Le:				0

2.2 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD (V)					
VARIABLES	TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 3	TRAMO 4	TRAMO 5
Clase y diámetro de tubería	PVC 1"				
RDE Tubo	21				
Espesor pared tubo (m) (catálogo fabricante)	0,00150				
E= Diámetro externo (m) (catálogo fabricante)	0,0334				
I= Diámetro interno (m) (catálogo fabricante)	0,0304				
R= Radio interno (m)	0,01522		0	0	0
A= Área tubo = (π)(R ²) = (m ²)	0,0007277		0	0	0
Q= Caudal (m ³ /sg)	0,00044				
V= Q/A = ()/ ()	0,6046075		0	0	0
Vpermisible (m/sg) (según fabricante tubería)	2		2	2	
CHEQUEO: V ≤ Vp	SI	SI	SI	SI	SI
	NO	NO	NO	NO	NO

OBSERVACIÓN: Si el resultado es (NO) replantear diámetro de la tubería

3. PÉRDIDAS DE CARGA DEL FLUIDO AL PASO A TRAVÉS DE LOS FILTROS (J2)			
TIPO FILTRADO	Q (GPM)	J2 (m)	REFERENCIA
ARENA:			Gráfica N°: Filtro Malla Mx
MALLA:	7	0,5	Gráfica N° 2:
J2=ΣJ2		0,5	Gráfica N° 3: "Adaptado filtros Momdragón-España"

4. PÉRDIDAS TOTALES UNIDAD FILTRADO (J)			
J= J1 + J2			
J=	0,06405	+	0,5 m
J=	0,56405 m		PERDIDAS TOTALES J 0,564

Fuente. MIGUEL GERMAN CIFUENTES PERDOMO – MIGERCIPER TALLERES EXCEL

Continuación, Anexo 16. Cálculos Hidráulicos

Selección unidad de bombeo

1. DATOS BÁSICOS					
Qdiseño (GPM)	7	Temperatura interior caseta (°C)	38	Dpto	Huila
Localización Geográfica(A.S.N.M)	401	Presión atmosférica tabla N° 6 (m)	9,9	Municipio	Villavieja
Presión trabajo Unidad Riego(PSI)	20	Presión de vapor tabla N° 7 (m)	0,882	Vereda	Villavieja
Fuente abastecimiento	Reservorio	Clase sedimentos (q)(mm)	5	Predio	Villa Regina

2. CÁLCULO DE LA CABEZA (ALTURA) DINÁMICA TOTAL (C.D.T)	
VARIABLES	
C.D.T=H _s +H _f +H _d +H _f	VALORES (m)
H _s = Altura de succión	1
H _d = Altura de descarga (DH terreno)+ Altura elevado	4
H _f = Pérdidas por fricción tubería succión	0,13420
H _f = Pérdidas por fricción tubería principal	1,3298
H _f = Pérdidas de fricción en la tubería de alimentación	0
H _f = Pérdidas por fricción en la tubería múltiple	0,285737725
H _f = Pérdidas por fricción en la tubería lateral	0,10433478
H _f = Pérdidas por fricción unidad de fertilización	0
H _f = Pérdidas por fricción unidad filtrado	0,564
HUR= Presión de trabajo unidad de riego	14,06
SUMATORIA C.D.T	21,48

2.1 PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN LA TUBERÍA DE SUCCIÓN (H _f)	
H _f = (L)(j)	
q= Diámetro tubería y RDE (asumirol)	1" RDE 41
L = Longitud total = L _{real} +L _{equivalente} = (1+7,8) (m)	8,8
L _R = Longitud real; desde la válvula de pie hasta el orificio	1
L _e = Longitud equivalente por accesorios (m)	7,8
j= Pérdidas unitarias por fricción tubería m/m Tabla N° 2,3	0,01525
Q=Caudal a conducir = Scaudales sectores de riego a b	7
H _f = (L)(j) = (31,5)(0,022752) = m	0,13

2.2 CÁLCULO DE LA LONGITUD EQUIVALENTE TUBERÍA SUCCIÓN (L _e) m (Tabla N° 5; Gráfica N° 1)				
ACCESORIOS	CANTIDAD	q	Q (GPM)	L _e (m)
Válvula de pie	1	1"	7	7,3
Codo 90°	1	1"	7	0,5
Sumatoria L_e (m)				7,8

2.3 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD (V) EN TUBERÍA SUCCIÓN	
VARIABLES	VALORES
Clase y diámetro de tubería	PVC 1"
RDE tubo	26
Espesor pared tubo (m) (catálogo fabricante)	0,00150
qE= Diámetro externo (m) (catálogo fabricante)	0,0334
qi= Diámetro interno (m) (catálogo fabricante)	0,0319
R= Radio interno (m)	0,01537
A = Área tubo = πR ² (m ²)	0,000801
Q =Caudal (m ³ /sg)	0,000442
V = Q/A = ()/()	0,551
V permisible (m/sg) según fabricante	2,5
CHEQUEO: V≤V _p ; (1,66)≤(2,5)	(SI)
OBSERVACIÓN: Si el resultado es (NO), replantear el diámetro de la tubería.	(NO)

3. SELECCIÓN UNIDAD DE BOMBEO					
3.1 MÉTODO "POR CURVA SEGÚN FABRICANTE"					
DATOS DE DISEÑO	Q: GPM	7	UNIDAD DE BOMBEO	Referencia:	Barnes
	C.D.T: m	21,48		Modelo:	WP-10A
MOTOR	Energía	Combustible	BOMBA	Verstión:	SELLO MECANICO
	HP:	1		rotor:	171
	RPM:	3500		qmáx partículas:	3 MM
	Conexión:			Conexión:	succión: 1" Descarga: 1"
3.2 MÉTODO "POR FÓRMULA"		$HP = \frac{Q \times CDT}{3960 \times \eta}$		Eficiencia (%):	60-65
POTENCIA REQUERIDA					
Q = Caudal de diseño (GPM)				7	
C.D.T = Cabeza Dinámica Total (pies)				70,466	
3960 = factor de conversión				3960	
h= Eficiencia deseada para la bomba (decimales)				0,65	
HP= ((7)(70,47))/((3960)(0,65))				0,19	

Continuación, Anexo 16. Cálculos Hidráulicos

4. CALCULO DE LA CABEZA NETA POSITIVA DE SUCCION (NPSH)			
4.1 NPSH disponible			4.2 NPSH requerido
$NPSH_d = P_a - P_v - H_s - H_{fs} = m$			
Pa= Presión atmosférica según localización	9,9		Entregada por el fabricante de la bomba en
Pv= Presión de vapor según temperatura	0,882		función del Qdiseño y el qrotor
Hs= Altura de succión bomba	1		NPSHr= (5,50) m
Hfs= Pérdidas fricción tubería de succión	0,13		
$NPSH_d = (9,9) - (0,882) - (1) - (0,13) = m$	7,88		
4.3 CHEQUEO			
$(NPSH)_r \leq (NPSH)_d$			
	5,5	≤	7,88
RESULTADO: (SI) (NO)			
OBSERVACION: Si el resultado es (NO), replantear como mínimo Hs para ajustar el chequeo.			

5. AJUSTES DE POTENCIA (HP) EN MOTORES			
5.1 MOTORES DE COMBUSTION	%	5.2 MOTORES ELÉCTRICOS	%
Por accesorios	10	Por pérdidas por fricción y temperatura	
Por altura: 3% por cada 100 m. s.n.m a partir de 150 m	3	HP final = (HP inicial) + (S%) (HP inicio)	
Por temperatura: 1% por cada 5,6 °C a partir de 15°C	5	HP final = (0.23) (25%) ()	
Sumatorias porcentaje para corrección	24		
HP final = (HP inicial) + (S%) (HP inicial)		HP final = ()	
HP final = (0.19) + (0.24 * 0.19)	0,24		

Fuente. MIGUEL GERMAN CIFUENTES PERDOMO – MIGERCIPER TALLERES EXCEL

Continuación, Anexo 16. Cálculos Hidráulicos

Cálculo del Grado o Velocidad de Aplicación del Agua, en una Unidad de Riego

TALLER N° 3. RIEGO A PRESIÓN: ASPERSIÓN. "CÁLCULO DEL GRADO O VELOCIDAD DE APLICACIÓN DEL AGUA, EN UNA UNIDAD DE RIEGO" (Ga)

DATOS BÁSICOS					
MODALIDAD: Goteo		HUERTO: Predio Villa Regina - Villavieja		SECTOR RIEGO (SR) N°:	1
Unidad de Riego (UR) Modelo: Gotero		PSI: 20	Q (LPS): 0,0011	θ Húmedo (m):	1,02
Forma operación sistema riego: AUTOCOMPENSADO		Vel. Viento (km/hr): 3		lb (cm/hr):	13,8

GRADO DE APLICACIÓN (Ga) UNIDAD DE RIEGO		CORRECCIÓN POR PENDIENTE DEL TERRENO	
$Ga = \left[(360)(Q_{UR}) / (E_L)(E_P) \right]$		% DE PENDIENTE	REDUCCIÓN Ga en %
		Hasta 4,9	0
(360) = Factor de conversión para obtener el Ga en cm/hr: 360		De 5 a 6,9	10
		De 7 a 8,9	20
QUR = Caudal de Unidad de Riego (LPS) 0,0011		De 9 a 10,9	30
		De 11 a 12,9	40
EL = Espaciamiento entre unidades de riego sobre el lateral (m): 2,5		De 13 a 16,9	50
		De 17 a 20	60
EP = Espaciamiento entre líneas de riego sobre la tubería principal (m): 2,5		> 20	75
		Ga (cm/hr): 0,06336	
CORRECCIÓN:			
Pendiente del terreno: 8 %		Reducción Ga: 0,2 %	
Gac (Grado de aplicación corregida) = (Ga) (% Corrección)			
Gac = 0,012672 cm/hr			

CHEQUEO:	Gac ≤ lb (ideal)		Gac > lb (escorrentía)		Gac < 0,45 cm/hr (evapora)		
0,012672	≤	13,8	>		<		
Resultado:	SI	NO	Resultado:	SI	NO	Resultado:	SI NO
OBSERVACIÓN: Si el resultado es NO, replantear la selección de la unidad de riego							

Fuente. MIGUEL GERMAN CIFUENTES PERDOMO – MIGERCIPER TALLERES EXCEL