

**EVALUACION HIDRAULICA CON FINES DE OPTIMIZACION DEL
SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO DE LA FINCA “C.I. FLORES EL
TALLE S.A.” MUNICIPIO DE MOSQUERA CUNDINAMARCA**

JUAN CRISTOBAL SIERRA SUAZA

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRICOLA
NEIVA
2008**

**EVALUACION HIDRAULICA CON FINES DE OPTIMIZACION DEL
SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO DE LA FINCA “C.I. FLORES EL
TALLE S.A.” DEL MUNICIPIO DE MOSQUERA CUNDINAMARCA**

JUAN CRISTOBAL SIERRA SUAZA

**Proyecto a realizar como requisito para optar el Titulo de
Ingeniero Agrícola**

**DIRECTOR
JAIME IZQUIERDO BAUTISTA**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRICOLA
NEIVA
2008**

Nota de aceptación

JURADO

JURADO

Neiva, Noviembre de 2008

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	9
RESUMEN	11
SUMMARY	12
1 MARCO CONCEPTUAL.....	13
1.1 CULTIVO DE ALSTROEMERIA	13
1.2 CARACTERÍSTICAS	13
1.2.1 MORFOLOGÍA:.....	13
1.2.2 MÉTODOS DE CULTIVO.....	14
1.2.2.1 SIEMBRA.....	14
1.2.2.2 SUELO.....	15
1.2.2.3 RIEGO.....	15
1.2.2.4 FERTILIZACIÓN.....	15
1.2.3 LABORES DE CULTIVO.....	17
1.2.3.1 Tutoreo.....	17
1.2.3.2 Descabezado.....	17
1.2.4 MANEJO POSTCOSECHA.....	17
1.2.4.1 Corte de flores	17
1.2.4.2 Clasificación.....	18
1.3 RIEGO POR GOTEO.....	19
1.3.1 VENTAJAS DEL RIEGO POR GOTEO.....	20
1.3.2 DESVENTAJAS	22
1.3.3 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO	22
1.3.3.1 FUENTE DE ABASTECIMIENTO.....	22
1.3.3.2 CABEZAL DE RIEGO.....	23
1.3.3.3 RED DE DISTRIBUCIÓN.....	23
1.3.3.4 LATERALES	23
1.3.3.5 UNIDAD DE RIEGO "GOTERO".....	23
1.3.3.6 COMPONENTES DEL GOTERO:	24
1.3.3.7 CLASIFICACION DE LOS GOTEROS.....	25
1.3.4 CONTROL DE RIEGO.....	27
1.3.4.1 La válvula volumétrica	27
1.3.4.2 Manómetro.....	27
1.3.4.3 El regulador de presión.....	27
1.3.4.4 Rompevacío.....	27
1.3.5 INSTRUMENTOS DE APOYO EN EL RIEGO.....	28
1.3.5.1 Tensiometro	28
1.3.5.2 Medidor de ec y ph	28
1.3.5.3 Lisimetro.....	28
1.3.5.4 Pluviómetro	29
1.3.5.5 Evapotranspiración	29

2	DESCRIPCION DEL PROYECTO.....	31
2.1	LOCALIZACION	31
2.2	CLIMA.....	32
2.3	SUELO.....	32
2.4	USO DEL SUELO	32
2.5	COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO	33
2.5.1	CABEZAL.....	33
2.5.1.1	Fuente de Abastecimiento	33
2.5.1.2	Caseta de Bombeo	34
2.5.1.3	Unidad de Filtrado:.....	34
2.5.1.4	Unidad de Fertilización:	35
2.5.1.5	Inyector	36
2.5.1.6	Booster.....	36
2.5.2	RED DE CONDUCCION	36
2.5.2.1	Conducción	36
2.5.2.2	Distribución	36
2.5.2.3	Válvula reguladora de presión	37
2.5.2.4	TENSIOMETRO ELECTRONICO.....	37
2.5.2.5	UNIDAD DE RIEGO.....	37
3	METODOLOGIA	39
4	RESULTADOS	43
4.1	CALCULO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE RIEGO DE LA FINCA C.I. FLORES EL TALLE S.A.	43
4.1.1	CALCULO HIDRAULICO SECTOR DE RIEGO 1	43
4.1.1.1	“Inventario de recursos y estudios básicos”	43
4.1.1.2	Calculo de lateral crítico.....	44
4.1.1.3	Calculo del múltiple	45
4.1.1.4	Calculo de tubería alimentación.....	46
4.1.1.5	Calculo principal.....	47
4.1.2	CALCULO HIDRAULICO DE LA UNIDAD DE FILTRADO.....	49
4.1.3	CALCULO HIDRAULICO DE LA UNIDAD DE BOMBEO.....	51
4.2	SISTEMA DE RIEGO PROPUESTO	53
4.2.1	CALCULO HIDRAULICO SECTOR DE RIEGO 1	55
4.2.1.1	Calculo lateral crítico.....	55
4.2.1.2	Calculo del Múltiple	56
4.2.1.3	Calculo de tubería de alimentación	57
4.2.1.4	Calculo de la tubería Principal	58
4.2.2	CALCULO HIDRAULICO DE LA UNIDAD DE FILTRADO.....	60
4.2.3	CALCULO HIDRAULICO DE LA UNIDAD DE BOMBEO.....	62
4.3	PRESUPUESTO DEL SISTEMA PROPUESTO	65
4.4	DATOS EXPERIMENTALES SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO	66
4.4.1	DATOS EXPERIMENTALES PARA TAMAÑO SECTOR DE RIEGO I	66
4.4.2	DATOS EXPERIMENTALES PARA TAMAÑO SECTOR DE RIEGO II	68
4.4.3	DATOS EXPERIMENTALES PARA TAMAÑO SECTOR DE RIEGO III	70
4.4.4	ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS DEL EXPERIMENTO.....	71
4.4.4.1	ANALISIS DE VARIANZA (ANDEVA)	72
4.4.4.2	PRUEBA DE TUKEY	76
4.5	UNIFORMIDAD DE APLICACIÓN RIEGO.....	80

5	MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO	82
5.1	MANTENIMIENTO DE TUBERÍAS PRINCIPALES, MULTIPLE Y LATERAL (POLIPROPILENO 16 MM)	82
5.2	MANTENIMIENTO FILTROS.....	82
5.3	MONITOREO DE PRESIONES	83
5.4	MONITOREO DE HUMEDAD	83
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	85
7	BIBLIOGRAFIA.....	87
	ANEXOS	88

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Bulbo Húmedo del suelo según textura	20
Figura 2 Partes de un gotero Hydro P.C.N.D	24
Figura 3 Gotero en línea Rain Bird	24
Figura 4 Formas de instalación de gotero	26
Figura 5 Gotero Bandera	26
Figura 6 Gotero botón	26
Figura 7 Gotero Incorporado	26
Figura 8 Cinta de goteo	26
Figura 9 Reservorio	33
Figura 10 Bomba	34
Figura 11 Unidad de Filtrado	34
Figura 12 Curva de perdida de presión en la Unidad de filtrado	35
Figura 13 Unidad de Fertilización	35
Figura 14 Válvula Hidráulica	37
Figura 15 Tensiometro Mottes	37
Figura 16 Aforo de Goteros	41
Figura 17 Toma de Presión en lateral	42
Figura 18 Diámetro Humedecido por gotero	53

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Cifras previstas para el abono de la Alstroemeria (1:2 Volumen extracto)	16
Cuadro 2 Requerimiento de Calidad Alstroemeria CI SUNSHINE BOUQUET LTDA	19
Cuadro 3 Distribución del Área de la Finca	31
Cuadro 4 Características de la Unidad de Riego	37
Cuadro 5 Perdidas en la tubería y presión requerida	48
Cuadro 6 Perdidas en la tubería y presión requerida para el sistema propuesto.	59
Cuadro 7 Presupuesto Tubería	65
Cuadro 8 Presupuesto Accesorios	65
Cuadro 9 Presupuesto trazado para excavación e instalación de tubería	65
Cuadro 10 Datos Experimentales para Tamaño Sector de Riego I	66
Cuadro 11 Datos Experimentales para Tamaño Sector de Riego II	68
Cuadro 12 Datos Experimentales para Tamaño Sector de Riego III	70
Cuadro 13 Caudal de emisor (Gotero) LPH tomados de un muestreo donde se evaluó tamaño del sector de riego y Posición dentro del lateral.	72
Cuadro 14 Análisis de Varianza ANDEVA para la variable caudal en (LPH)	74
Cuadro 15 Matriz de diferencias entre medias	76
Cuadro 16 Comparación de Medias Mediante Prueba de Tukey	76
Cuadro 17 Estadígrafos Porcentaje de eficiencia de los Goteros.	77
Cuadro 18 Presión a la salida del Lateral PSI tomados	78
Cuadro 19 Estadígrafos para la Variable Taponamiento	79

INTRODUCCION

La agricultura es la actividad humana que más demanda agua alrededor del mundo, utilizada principalmente en las labores de riego donde se consume cerca del 70% de los recursos hídricos disponibles, y en algunas zonas dependiendo del clima y el tipo de cultivo este porcentaje es cercano al 90%. Los sistemas de riego utilizados para acondicionar estas superficies para la explotación agrícola mantienen una eficiencia determinada por la modalidad de riego que se este utilizando, pero en la gran mayoría de casos al evaluar sus eficiencias se encuentran por debajo de los valores mínimos establecidos.

Las técnicas de riego utilizadas en todo el mundo para la adecuación de tierras son el tradicional riego por superficie, que tiene bajas eficiencias y el riego a presión que presenta grandes eficiencias en algunas de sus modalidades al combinas automatismos de control

En la actualidad se utilizan métodos de riego superficiales o de gravedad y sistemas presurizados para la adecuación de tierras, la elección de cada sistema depende del cultivo pero la mayoría de ellos no son lo suficientemente eficientes, por no encontrarse bien diseñados, mala operación, deterioro y mantenimiento inadecuado de sus componentes. En el caso de los sistemas de micro-irrigación que combinan el riego con el fertiriego la baja eficiencia en la aplicación de agua de riego es un problema es aun mas grave ya que parte de los nutrientes aportados mediante este mecanismo no llegaran a las plantas afectando su desarrollo y haciendo mas costoso el proceso productivo.

Teniendo en cuenta la labor que desempeña el riego dentro de todos los proyectos productivos en el sector agrícola, en especial en los cultivos de invernadero donde casi el 100 % del agua que consume la planta para lograr su desarrollo vegetativo

proviene de sistemas artificiales de riego, es necesario que el método que se este utilizando para suplir las necesidades hídricas de los cultivos permita garantiza la adecuada, oportuna y eficiente distribución de agua y fertilizantes a cada una de las plantas.

RESUMEN

Teniendo en cuenta que la irrigación juega un papel primordial en el desarrollo vegetativo y productivo de las plantas, se realizó la evaluación Hidráulica del sistema de riego por Goteo de la Finca C.I. Flores el Talle S.A., ubicada en el municipio de Mosquera Cundinamarca, con el cual se buscó corregir posibles fallas del sistema y aprovechar al máximo su funcionalidad. En el proyecto se evaluaron las variables Caudal, Presión y Taponamiento, tomando lecturas en la entrada, en la mitad y en el obturador del lateral (La presión solo se calculó en el obturador). El cálculo hidráulico se realizó siguiendo la metodología para sistemas de riego a presión propuesta por el Ing. Miguel German Cifuentes Perdomo.

Como parte del desarrollo del proyecto se realizó el chequeo hidráulico tomando presiones en la unidad de bombeo, en la unidad de filtrado, en cada una de las válvulas y la salida del lateral, para confrontar estos datos con las presiones mínimas requeridas en cada uno de estos puntos con el fin de asegurar que llegue a cada goteo la presión de trabajo requerida para su funcionamiento.

Se determinó que las principales causas que afectan el funcionamiento del sistema de riego son las fugas por cortes en la tubería lateral, mangueras sin obturar, mangueras partidas, otras trenzadas y la acumulación de sedimentos, estas fallas generan una disminución de la presión y taponamiento en los goteros lo que se traduce en una baja eficiencia en la aplicación del agua de riego del 77%. Se determinó que el sistema de riego establecido no lograba humedecer la totalidad de la cama, por lo que se propuso una línea adicional de riego que lograría solucionar el problema de humedad en las camas.

Palabras Claves: Riego, Cálculo Hidráulico, Evaluación Hidráulica.

SUMMARY

Given that irrigation plays a key role in the development and production of natural plants, the assessment was performed hydraulics system Drip irrigation of farm CI Carve the flowers SA, located in the municipality of Mosquera Cundinamarca, with which it was sought to correct any flaws in the system and maximize its functionality. The project assessed the variable flow rate, pressure and tamponade, taking readings at the entrance, in the middle and at the side of the shutter (The only pressure was calculated at the shutter). The hydraulic calculation was made following the methodology for pressurized irrigation systems proposed by the Ing. Ing. Miguel German Cifuentes Perdomo.

As part of the development project was carried out checks taking pressure in the hydraulic pumping unit, in the filter unit at each of the valves and output side, to compare this data with the pressure required minimum in each of these points to ensure that it reaches every drip pressure of work required for its operation.

It was determined that the main causes that affect the operation of the irrigation system are leaks by cuts in the pipeline Lateral, hoses without sealed, hose lines, other braided and the accumulation of sediments, these shortcomings generated a decrease of pressure and plugging in the eyedroppers which translates into a low efficiency in the application of irrigation water of 77%. It was determined that the system of established watering was not able to humidify the entirety of the bed, for what intended an additional line of watering that would be able to solve the problem of humidity in the beds.

Key words: Irrigation, Hydraulic Calculation, Hydraulic Evaluation.

1 MARCO CONCEPTUAL

1.1 CULTIVO DE ALSTROEMERIA

Género: *Alstroemeria* L.

Familia: *Alstromeriácea (Amaryllidaceae)*

Nombre científico: *Alstroemeria hybrida*

Nombre común: *Alstroemeria*.

El cultivo de alstroemeria se ha desarrollado desde hace apenas aproximadamente 40 años en varios países del mundo. La alstroemeria, como flor de corte, se distingue por sus hermosas flores amarillas, anaranjadas, rosadas, moradas y blancas, de tallos rígidos, foliados y una larga vida en poscosecha².

1.2 CARACTERÍSTICAS

1.2.1 MORFOLOGÍA:

El rizoma de la Alstroemeria se encuentra bajo la superficie del suelo y de él crecen los retoños verticales. El rizoma principal puede producir nuevos rizomas laterales, que también pueden producir nuevos retoños. Los tallos que se encuentran por encima de la superficie del suelo, no crecen lateralmente. Puesto que la mayor parte del desarrollo de la planta ocurre por debajo de la capa superficial, la temperatura del suelo desempeña un papel muy importante en su crecimiento. Después de un período de temperaturas muy altas del suelo, la planta

² Universidad Autónoma del estado de Puebla, 2003. Manuales de Horticultura Ornamental.

producirá muchos retoños (y además nuevos rizomas). Sin embargo, dependiendo de la variedad, muchos de estos retoños no darán flores³.

1.2.2 MÉTODOS DE CULTIVO

El cultivo de alstroemeria es establecido en invernadero con o sin calefacción, pero también puede cultivarse al aire libre dependiendo de las condiciones climáticas. Entre las semanas 10 a 15 de plantación el cultivo de alstroemeria florece y continua en una producción optima durante 4 a 5 años (algunas variedades mantienen una buena producción hasta 6 años), después de 5 años las plantas siguen produciendo gran cantidad de tallos, pero de menor calidad en cuanto el diámetro y se hace poco rentable ya que se incrementan los costos de producción. La producción varia según la variedad sembrada entre 180 – 400 tallos por m² al año, de estos entre el 60 y 80% de la producción se vende como producto de primera calidad, esto también depende de la variedad de alstroemeria cultivada.

1.2.2.1 SIEMBRA

Las camas son preparadas con antelación a la llegada de las plántulas, el suelo es arado y se mezcla con cascarilla de arroz cruda para mejorar la estructura del suelo y la porosidad. Una vez homogenizado el sustrato se aplica un fungicida para desinfectar las camas.

La plántulas llegan aproximadamente con 20 cm. de altura, se siembran en filas a lo largo de la cama de 1.10 mt de ancho por 32 mt de largo. La forma de siembra es 3 bolillos de 30cm de separación entre plantas y 40cm entre filas. En las primeras semanas se realiza un monitoreo para observar que plantas van atrasadas y si es necesario se realiza una resiembra.

³ © 2002 Konst Alstroemeria B.V.

1.2.2.2 SUELO

La planta de alstroemeria se desarrolla en todo tipo de suelo, siempre y cuando este tenga buenas condiciones de aireación y de drenaje. Cuando el drenaje es deficiente se debe buscar mejorar la estructura del suelo con alguna cobertura compostada para que los rizomas se puedan desarrollar sin problemas y se consiga una buena producción. Es recomendable realizar un análisis químico de suelos antes de establecer el cultivo para acondicionarlo a las necesidades de la alstroemeria. La alstroemeria se desarrolla bien en suelos con un PH alrededor de 6.5, en suelos de alto grado de acidez se dificulta la absorción de oligoelementos.

1.2.2.3 RIEGO

Los sistemas de riego implementados en el cultivo de alstroemeria son microaspersión y goteo, lo importante es garantizar el desplazamiento horizontal del agua para que el suelo permanezca con buena humedad. Teniendo en cuenta que las raíces de la alstroemeria se ubican cerca de la superficie del suelo (entre 20 y 30 cm. de profundidad), es recomendable que suministre agua con frecuencia.

El riego por goteo es frecuentemente utilizado en el cultivo de la alstroemeria y se combina con el riego por cortina o cacho que además de complementar el riego en los bordes de la cama donde el goteo es poco efectivo, contribuye al lavado de sales.

1.2.2.4 FERTILIZACIÓN

El cultivo de alstroemeria requiere que el nitrógeno y el potasio se encuentren siempre disponibles en cantidades suficientes en el suelo (NO_3 4.0 mmol/l, K 1.5 mmol/l), ya que la alstroemeria tiene un rápido desarrollo vegetativo. Cuando el suelo carece solo de nitrógeno se aplica nitrato de amoníaco o sulfato de

amoniaco. Cuando se necesita solo potasio se fertiliza con nitrato de potasio. Además se fertiliza con otros nutrientes como nitrato de magnesio y sulfato de magnesio. En cultivo tecnificados se suelen aplicar los nutrientes mediante la tubería de riego siempre y cuando los elementos sean solubles. Se suelen aplicar fertilizantes líquidos con los nutrientes necesarios para la nutrición, de acuerdo al tipo de cultivo y los requerimientos exigidos por el ingeniero agrónomo.

El siguiente cuadro muestra los valores óptimos de nutrientes en el suelo (1:2 volumen extracto):

Cuadro 1 Cifras previstas para el abono de la Alstroemeria (1:2 Volumen extracto)

DETERMINACION	CIFRA PREVISTA	LIMITES
PH	6.5	5.5-7.0
EC (mS/cm)	1.0	0.8-1.2
K (mmol/l)	1.5	1.0-2.0
Ca (mmol/l)	2.0	1.5-2.5
Mg (mmol/l)	1.2	0.8-1.5
Na (mmol/l)	<2.0	
NO3 (mmol/l)	4.0	3.0-4.5
SO4 (mmol/l)	1.5	0.5-2.5
P (mmol/l)	0.2	0.15-0.25
Cl (mmol/l)	<2.0	

La fertilización foliar no se recomiendan a menos de que existan deficiencias o un análisis foliar arroje datos con deficiencias. Se fertiliza con nitrato de calcio, nitrato de potasio, sulfato de magnesio, sulfato de manganeso y urea.

1.2.3 LABORES DE CULTIVO

1.2.3.1 Tutoreo

Los tallos de alstroemeria en algunas variedades alcanzan alturas superiores a los 1.8 m. por lo que es conveniente hacer tutores. Se elaboran mallas a lo largo de la cama de 20 x 20 cm. para orientar los tallos verticalmente e impedir que se tuerzan. La primera malla se instala a una altura de 25 cm., y se continúan instalando cada 30 cm. hasta la altura que sea necesario. Estas mallas ayudan a guiar los tallos verticalmente impidiendo que se tuerzan, a medida que la planta va creciendo se orientan los tallos por los cuadrantes de las mallas.

1.2.3.2 Descabezado

Cuando la alstroemeria empieza a crecer, sale un número de brotes vegetativos. Los brotes vegetativos débiles se deben remover, ya que esto influye en la producción de flores. El corte de brotes vegetativos actúa como una poda y acelera el crecimiento de los rizomas laterales. Este procedimiento se debe hacer regularmente cada 3 ó 4 semanas. De una sola vez se puede remover no más del 25% de vástagos vegetativos ("ciegos", que no producen las flores). Cuando se da una poda excesiva, los tallos florales pueden mostrar un fenómeno de "tallo corto"⁴.

1.2.4 MANEJO POSTCOSECHA

1.2.4.1 Corte de flores

Los tallos se cortan a nivel del suelo o arrancándolos cuidadosamente, cuando la planta es joven o no esta bien enraizada se debe cortar con tijeras o navaja. La

⁴ Healy y Wilkins, 1965

*parte basal blanca se corta para mejorar la absorción de agua por el tallo. Luego de la recolección de flores estas se marchitan rápidamente, por lo que no deben estar mucho tiempo en el invernadero y se deben hidratar lo mas rápido posible. A los tallos se les da un tratamiento para preservar la vida de la flor en florero. Últimamente en Holanda tienen dos buenos productos comerciales para prolongar la vida útil en postcosecha: Chrysal SVB-1 y Chrysal SVB-2. Estos productos contienen nitrato de plata e influyen sobre el desarrollo de los botones florales y su color. También disminuyen el amarillamiento de las hojas. Que muchas veces ocurre cuando se agregan al agua los químicos.*⁵

1.2.4.2 Clasificación

Existen varios métodos de clasificación, dependiendo de los requerimientos de los clientes, pero se deben cumplir algunos parámetros de calidad en la clasificación de los tallos que a continuación se mencionan.

- *Debe existir una uniformidad en el punto de apertura y en grosor de los tallos dentro del ramo.*
- *La base de los tallos en el ramo debe estar al mismo nivel*
- *No se acepta presencia de plagas o enfermedades, maltrato, suciedad, deshidratación, deformaciones o cambios de coloración en la flor, follaje y/o tallo.*

Generalmente los tallos de alstroemeria se clasifica en el cultivo en 3 grados Fancy, Select y Superselect, deshoja la 3 parte del tallos a partir de la base, luego se agrupan formando ramos de 10 tallos y se empacan en capuchones para no maltratar el follaje, inmediatamente se almacenan en cuarto frío hasta el momento de ser despachados para su destino final. En la tabla 2 se muestran los requerimientos de calidad por grado para un cliente específico

⁵ Universidad Autónoma del estado de Puebla, 2003. Manuales de Horticultura Ornamental.

Cuadro 2 Requerimiento de Calidad Alstroemeria CI SUNSHINE BOUQUET LTDA

Grado	FANCY	SELECT	SUPERSELECT
Apertura Punto de corte	Mostrando Color (Punto Silbido)	Mostrando Color (Punto Silbido)	Mostrando Color (Punto Silbido)
Numero de botones florales por tallo.	Mínimo 3	Mínimo 4	Mínimo 4
Longitud mínima del botón Floral (cms.)	3.8	3.8	4
Presencia de Puntas quemadas en el follaje	Máximo en el 50% y de tamaño no mayor a 2 mm	Máximo en el 50% y de tamaño no mayor a 2 mm	NO
Deshoje	Tercio inferior únicamente	Tercio inferior únicamente	Tercio inferior únicamente
Longitud mínima de tallo (cms desde la base de las campanas)	60	70	80
Grosor de tallo (cms)	Mínimo 0.5	Mínimo 0.7	Mínimo 0.7
Presencia de torceduras	Una de máximo 2 cms con respecto al eje central en el tercio medio o inferior	Una de máximo 2 cms con respecto al eje central en el tercio medio o inferior	NO
Grado Máximo de curvatura con respecto al eje central	10°	10°	10°
Presencia de daño en el tallo por sobre hidratación	NO	NO	NO
Tiempo de Hidratación con Hipoclorito y a. citrico (hrs)	2 - 4	2 - 4	2 - 4
Tallos por ramos	10	10	10
Ramos por Cajas Full	30	30	20
Tipo de Protección del ramo	Capuchón Microperforado	Capuchón Microperforado	Capuchón Microperforado
Distancia del caucho desde la base de los tallos (cm)	8 - 12	8 - 12	8 - 12

1.3 RIEGO POR GOTEO

El riego por goteo es uno de los sistemas más eficaces que se ha diseñado para usar el agua en los cultivos agrícolas. Este sistema se ha utilizado mucho en las regiones áridas del mundo.

El riego por goteo es la aplicación lenta y frecuente de agua al suelo mediante emisores o goteros localizados en puntos específicos a lo largo de unas líneas distribuidoras de agua. El agua emitida se mueve a través del suelo mayormente por flujo no saturado. De este modo se mantienen unas condiciones favorables de

*humedad en la zona de las raíces de las plantas y se propicia su desarrollo óptimo.*⁶

La parte de suelo humedecida por cada gotero se le denomina bulbo húmedo. Los goteros aplican agua al suelo donde se forma un pequeño charco, a medida que se va regando aumenta el tamaño del bulbo húmedo y el suelo se humedece mas, disminuyendo la velocidad de infiltración y con ello el bulbo húmedo crece mas despacio. La forma del bulbo húmedo varia dependiendo del tipo de suelo, en suelos livianos el bulbo se forma estrecho y profundo mientras que en suelos pesados debido a que la velocidad de infiltración es menor se forma un charco mayor con lo que el bulbo se extiende mas horizontal que verticalmente. En la figura 5 se aprecia la forma que toma el bulbo húmedo según la textura del suelo.

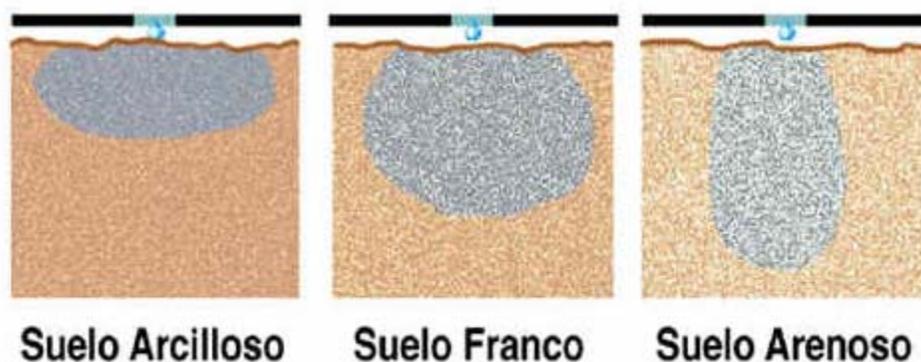


Figura 1 Bulbo Húmedo del suelo según textura
Fuente: elriego.com

1.3.1 VENTAJAS DEL RIEGO POR GOTEO

Un sistema de riego por goteo bien diseñado puede ayudar a las cosechas de frutas, hortalizas y de otras cosechas en los siguientes aspectos:

➤ *Uso eficiente del agua:*

⁶ Megh R. Goyal, 2006. Manejo de riego por goteo.

- *Reduce las pérdidas directas por evaporación.*
 - *No causa humedecimiento del follaje.*
 - *No causa movimiento de gotas de agua por efecto del aire.*
 - *Elimina el escurrimiento superficial.*
 - *Permite regar todo el predio hasta los bordes.*
- *Reacción de la planta:*
- *Aumenta el rendimiento por unidad (hectárea-centímetro) de agua aplicada.*
 - *Mejora la calidad de la cosecha.*
 - *Permite obtener un rendimiento más uniforme.*
- *Ambiente de la raíz:*
- *Mejora la aeración.*
 - *Aumenta la provisión de nutrimentos disponibles.*
 - *Crea una condición casi constante de retención de agua a baja tensión el suelo.*
- *Combate las plagas y enfermedades:*
- *Aumenta la eficiencia de las aspiraciones de plaguicidas.*
 - *Reduce el desarrollo de insectos y de enfermedades.*
- *Combate de malezas:*
- *Reduce el crecimiento de malezas en el espacio húmedo sombreado.*
- *Práctica y efectos agronómicos:*
- *Las actividades del riego no interfieren con las del cultivo, las aspersiones y la cosecha.*
 - *Reduce la necesidad de cultivo, ya que hay menos malezas, endurecimiento superficial y compactación.*
 - *Ayuda a controlar la erosión.*
 - *Permite aplicar el abono con el agua de riego.*

➤ *Beneficios económicos:*

- *El costo es bajo comparado con el sistema de pisteros aéreos y otros sistemas permanentes.*
- *Mano de obra para operación y mantenimiento son, a menudo, bajos*
- *Se puede usar en terrenos accidentados.*
- *La eficiencia de aplicación es alta. Permite utilizar tubería de menos diámetro y requiere menos fuerza propulsora.⁷*

1.3.2 DESVENTAJAS

➤ *Entre los problemas potenciales o limitaciones del sistema se pueden mencionar las siguientes:*

- *Los pequeños goteros se obstruyen fácilmente con partículas de suelo, algas o minerales.*
- *La distribución de humedad en el suelo es limitada. El volumen de humedad depende de la descarga del gotero, distancia entre los goteros y el tipo de suelo.*
- *Los roedores o insectos pueden dañar algunos componentes del sistema.*
- *Se requiere un manejo más cuidadoso que en otros sistemas de riego.*
- *La inversión inicial y los costos anuales pueden ser mayores en comparación con otros métodos.⁸*
- *No controla las heladas y su revisión de funcionamiento es difícil.*
- *Salinización de Suelos.*
- *Exigente al filtrado.*

1.3.3 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

1.3.3.1 FUENTE DE ABASTECIMIENTO

⁷ Megh R. Goyal, 2006. Manejo de riego por goteo.

⁸ Megh R. Goyal, 2006. Manejo de riego por goteo.

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.

1.3.3.2 CABEZAL DE RIEGO

Es el conjunto que forman la unidad de bombeo, el sistema de filtrado y el de fertilización con sus correspondientes válvulas y accesorios que proporcionan la presión, la calidad y cantidad de agua apropiada para que trabaje el sistema.

1.3.3.3 RED DE DISTRIBUCIÓN

Estas tuberías forma una red sobre la parcela que se desea regar, alimentando de agua a los laterales, usualmente se utiliza PVC y otros derivados del petróleo ya que facilitan el transporte, corte y la unión.

1.3.3.4 LATERALES

Estos van paralelos a los surcos, con goteros a cierta distancia sobre todo el lateral. La tubería que se utiliza es polietileno de 12, 16 y 20 mm de diámetro.

1.3.3.5 UNIDAD DE RIEGO “GOTERO”

Este emisor de riego descarga agua en pequeñas cantidades a través de sus orificios de salida, se debe seleccionar el gotero adecuado a partir de la textura del suelo y la velocidad de infiltración del mismo para suplir adecuadamente las necesidades hídricas del cultivo.

1.3.3.6 COMPONENTES DEL GOTERO:



Figura 2 Partes de un gotero Hydro P.C.N.D

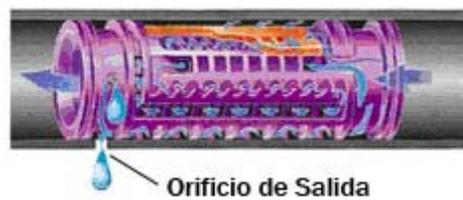


Figura 3 Gotero en línea Rain Bird

- Conector y orificio de entrada.
- Prefiltro

- Laberinto o zona de conducción
- Diafragma o membrana de regulación
- Piscina o zona de salida
- Cuerpo o tapa
- Orificio de salida y conector de descarga

1.3.3.7 CLASIFICACION DE LOS GOTEROS

✓ Por su forma de trabajo

- Normales
- Autocompensados

✓ Por su régimen de Flujo

- Turbulento
- Laminar

✓ Por su forma de Instalación

- En línea
- Sobre línea
- Integrado

✓ Comercial y técnicamente por su forma de presentación.

- Botón
- Bandera
- Incorporado
- Cinta
- Pulsador



Emisor interlinea



Emisor sobre línea

Figura 4 Formas de instalación de gotero
Fuente: elregante.com



Figura 5 Gotero Bandera
Fuente: Aguamarket



Figura 6 Gotero botón
Fuente: Aguamarket

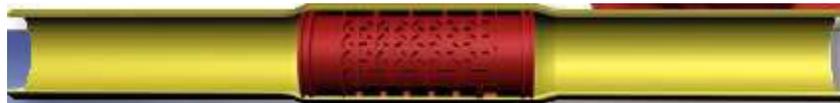


Figura 7 Gotero Incorporado
Fuente: Agrifim



Figura 8 Cinta de goteo
Fuente: Agrifim

1.3.4 CONTROL DE RIEGO

1.3.4.1 La válvula volumétrica

Es particularmente importante medir la cantidad de agua que se aplica y para manejar los sistemas permanentes.

1.3.4.2 Manómetro

Se recomienda para medir la presión en el sistema de riego por goteo. Es especialmente importante cuando los goteros no compensan los cambios en la presión. Conviene instalar los indicadores para controlar las pérdidas de presión en el filtro y la presión de operación en cada línea secundaria.

1.3.4.3 El regulador de presión

Las válvulas manuales, las válvulas automáticas y los controles de tiempo se recomiendan para la línea secundaria. Las válvulas automáticas de flujo están diseñadas para proveer un grado de flujo. Además, se utilizan para reducir las variaciones en la presión entre los laterales en un terreno desnivelado. Las combinaciones de reguladores de presión y válvulas de control de flujo están también disponibles.⁹

1.3.4.4 Rompevacío

Este componente es importante en los sistemas de riego por goteo. Las presiones negativas que se desarrollan cuando el sistema se detiene pueden obstruir los goteros si se succiona el agua sucia al sistema por medio de los goteros.. Las válvulas de limpieza al final de cada línea lateral ayudan en la limpieza del sistema.

⁹ Megh R. Goyal, 2006. Manejo de riego por goteo.

1.3.5 INSTRUMENTOS DE APOYO EN EL RIEGO

1.3.5.1 Tensiometro

Es uno de los métodos usados para indicar, en forma relativa, si en el suelo existe suficiente humedad disponible para el crecimiento de las plantas. Los cambios que ocurren en el espesor de la capa (película) de agua que rodea las partículas del suelo alteran la tensión del agua en el mismo. Estos cambios se expresan en fluctuaciones de tensión de la humedad en el suelo. En la práctica, el tensiómetro mide los rangos de humedad de suelo bajo las cuales las raíces de las plantas absorben activamente el agua.¹⁰

1.3.5.2 Medidor de Conductividad eléctrica EC y ph

Se utilizan estos sensores para monitorear la calidad del agua de riego, lo que permite tomar las decisiones apropiadas durante la fertilización y aplicación de agroquímicos con el fin de mantener en niveles óptimos de acidez y la salinidad en el agua de riego.

1.3.5.3 Lisimetro

Es un recipiente enterrado y cerrado lateralmente, de tal manera que el agua infiltrada por gravedad es recogida por un drenaje. En la instalación el suelo debe ser restituido cuidadosamente para mantener las condiciones que tenía este mismo antes de excavar.

¹⁰ Megh R. Goyal, 2006. Manejo de riego por goteo.

Con el lisímetro se puede determinar la evapotranspiración de un cultivo despejando la siguiente ecuación de balance hídrico del lisímetro.

$$Precipitación = ETR + infiltración \pm \Delta \text{almacenamiento}$$

1.3.5.4 Pluviómetro

Es un instrumento utilizado en meteorología para medir la cantidad de agua precipitada de la atmósfera en un sitio determinado. La unidad de medida en milímetros (mm), indica que si en un terreno plano se acumulara el agua lluvia sin escurrimiento ni evaporación la lámina de agua sería la igual que la medida del pluviómetro. Una lluvia de 5 mm indica que en la zona de influencia del pluviómetro precipitaron 50 m³/Ha.

Es importante tener registros del comportamiento de las precipitaciones de una zona tanto futuros proyectos agrícolas y de riego como para el desarrollo de las labores de riego de las mismos.

1.3.5.5 Evapotranspiración

Evapotranspiración es la consideración conjunta de dos procesos diferentes: la evaporación y la transpiración.

La evaporación es el fenómeno físico en el que el agua pasa de líquido a vapor (habría que añadir la sublimación –sólido a vapor – desde la nieve y el hielo)

Se produce evaporación desde:

- *La superficie del suelo y la vegetación inmediatamente después de la precipitación.*
- *Desde la superficie del agua (ríos, lagos, embalses).*

- *Desde el suelo, agua infiltrada que se evapora desde la parte más superficial del suelo. Puede tratarse de agua recién infiltrada o, en áreas de descarga, de agua que se acerca de nuevo a la superficie después de un largo recorrido en el subsuelo.*

La transpiración es el fenómeno biológico por el que las plantas pierden agua a la atmósfera. Toman agua del suelo a través de sus raíces, toman una pequeña parte para su crecimiento y el resto lo transpiran.

Como son difíciles de medir por separado, y además en la mayor parte de los casos lo que interesa es la cantidad total de agua que se pierde a la atmósfera sea del modo que sea, se consideran conjuntamente bajo el concepto mixto de ET.¹¹

¹¹ Sanchez, Javier. Evapotranspiracion. Universidad de Salamanca. 2006

2 DESCRIPCION DEL PROYECTO

2.1 LOCALIZACION

El proyecto “Evaluación Hidráulica del sistema de riego por goteo de la Finca C.I. Flores el Talle S.A.” se encuentra ubicada en jurisdicción del municipio de Mosquera, Departamento de Cundinamarca en las coordenadas 4°41'26.52" Latitud Norte, 74°11'6.3" Longitud Oeste . El área aproximada de la Finca es de 8.2 has. que se encuentran distribuidas de la siguiente manera:

Cuadro 3 Distribución del Área de la Finca

DISTRIBUCION DEL AREA DE LA FINCA	AREA m²
Invernaderos	43144.16
Bancos	620.16
Poscosecha	407.14
Almacén y vestier	129.26
Comedor	58.24
Cuarto de maquinas	113.30
Carpintería	119.82
Reservorios	7498.59
Zonas Verdes	3108.81
Lotes que no pertenecen a la finca	2226.76
Otros	25091.17
Área Total de la Finca	81969.25

2.2 CLIMA

La temperatura promedio de la finca es de 12 °C, que pueden oscilar entre los -10 y los 24°C. Se presentan temporadas lluviosas y secas que se distribuyen así durante el año: Diciembre, Enero, Febrero y marzo son los meses secos del año y mientras que en Abril, Mayo, Septiembre, Octubre y Noviembre se presentan las temporadas de lluvia, durante estos meses lluviosos las oscilaciones de la temperatura están entre 9°C – 20°C. En los meses de Junio, Julio, Agosto, Enero y Febrero son meses de fuertes vientos y grandes oscilaciones de temperatura, donde suelen presentarse fuertes descensos en la temperatura en las primeras horas del día (Heladas), que ocasionan graves daños en los cultivos si no se toman las medidas pertinentes para contrarrestarle. La precipitación anual es de 904 mm. Tomado de la información climatología encontrada en la finca.

2.3 SUELO

La topografía de la zona es plana, con pendientes inferiores al 1%, lo que hace que el drenaje externo sea deficiente. *El suelo es de textura franco arcillosa, su Ph es moderadamente ácido (5 – 5.5) y su fertilidad natural es moderada* ¹¹. El suelo presenta un porcentaje de retención de humedad de 22.09%. Anexo 1

2.4 USO DEL SUELO

En la finca El Talle se cultivan flores cortadas del género Alstroemeria, de las cuales sobresalen las variedades Virginia, Dimension, Mango, Senna, Mango, Amor, Sacha, Rebecca, Toscana, Mayfair, Orange Queen entre otras. Igualmente se cultivan flores del género Limonium Statice Fortress Dark Blue y Statice

¹¹ Alfonso Perez Preciado, La estructura ecologica de la Sabana de Bogotá, 2000

Fortress Havenly Blue. Estas flores son exportadas hacia mercados internacionales principalmente de Estados Unidos, Puerto Rico e Inglaterra.

En la Finca existe un sistema de riego diseñado por la ISRARIEGO en el 2004 el cual se describe a continuación

2.5 COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO

2.5.1 CABEZAL

2.5.1.1 Fuente de Abastecimiento

El sistema de riego se abastece de un reservorio que se alimenta de aguas lluvia.

Área del reservorio 6195 m²

Capacidad de almacenamiento = 9292 m³



Figura 9 Reservorio

2.5.1.2 Caseta de Bombeo

Se encuentra la unidad de Bombeo con las siguientes características:



Figura 10 Bomba

- Motor: Eléctrico Trifásico WEG
- Modelo: 30A – 10w
- Potencia: 10 HP
- 3510 RPM
- Voltaje: 220
- Succión 4", Descarga 3".

2.5.1.3 Unidad de Filtrado:



Figura 11 Unidad de Filtrado

- Modelo: Splinklin 120 mesh
- Tipo: Malla.
- Caudal: 35 – 80 GPM
- Diámetro de Conexión: 2"
- 2 válvulas Hidráulicas para control del retrolavado.
- Válvula de alivio de presión de 2".
- Manómetro.
- Presostato diferencial.
- Controlador eléctrico para retrolavado.
- Inyector de cloro eléctrico.
- Válvula volumétrica Arad WT80 de 2".

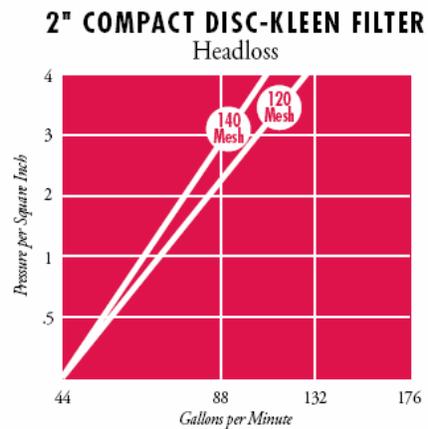


Figura 12 Curva de pérdida de presión en la Unidad de filtrado

2.5.1.4 Unidad de Fertilización:



Figura 13 Unidad de Fertilización

2.5.1.5 Inyector

- Tipo: Ventury ¾"
- Total Inyectores: 3"

2.5.1.6 Booster

- Motor: Eléctrico Trifásico
- Modelo: 15A– 3TW
- Potencia: 1.78 HP
- Bomba: Centrifuga Monobloque
- Arrancador: Automático Manual
- 3 Inyectores Ventury de ¾"

2.5.2 RED DE CONDUCCION

2.5.2.1 Conducción

La conducción en la Tubería principal se realiza en PVC 3" RDE 41, con una longitud de 336 mts que conduce desde la caseta de bombeo hasta los bloques 3, 7, 9 y 10.

2.5.2.2 Distribución

La tubería de alimentación PVC 3" RDE 41 en los bloques 3 y 6, en los demás bloques tubería PVC 2" RDE 41. Los múltiples de los bloques 1 a 6 son en tubería PVC 1 ½" RDE 41, en los bloques restantes manguera de 1 ½". En el plano 1 se observa la distribución de la tubería por la finca.

2.5.2.3 Válvula reguladora de presión

Diámetro: 2"

Caudal Máximo por válvula: 21 m³/Hr

Total Válvulas reguladoras de Presión: 20



Figura 14 Válvula Hidráulica

2.5.2.4 TENSIOMETRO ELECTRONICO



Figura 15 Tensiometro Mottes

2.5.2.5 UNIDAD DE RIEGO

Cuadro 4 Características de la Unidad de Riego

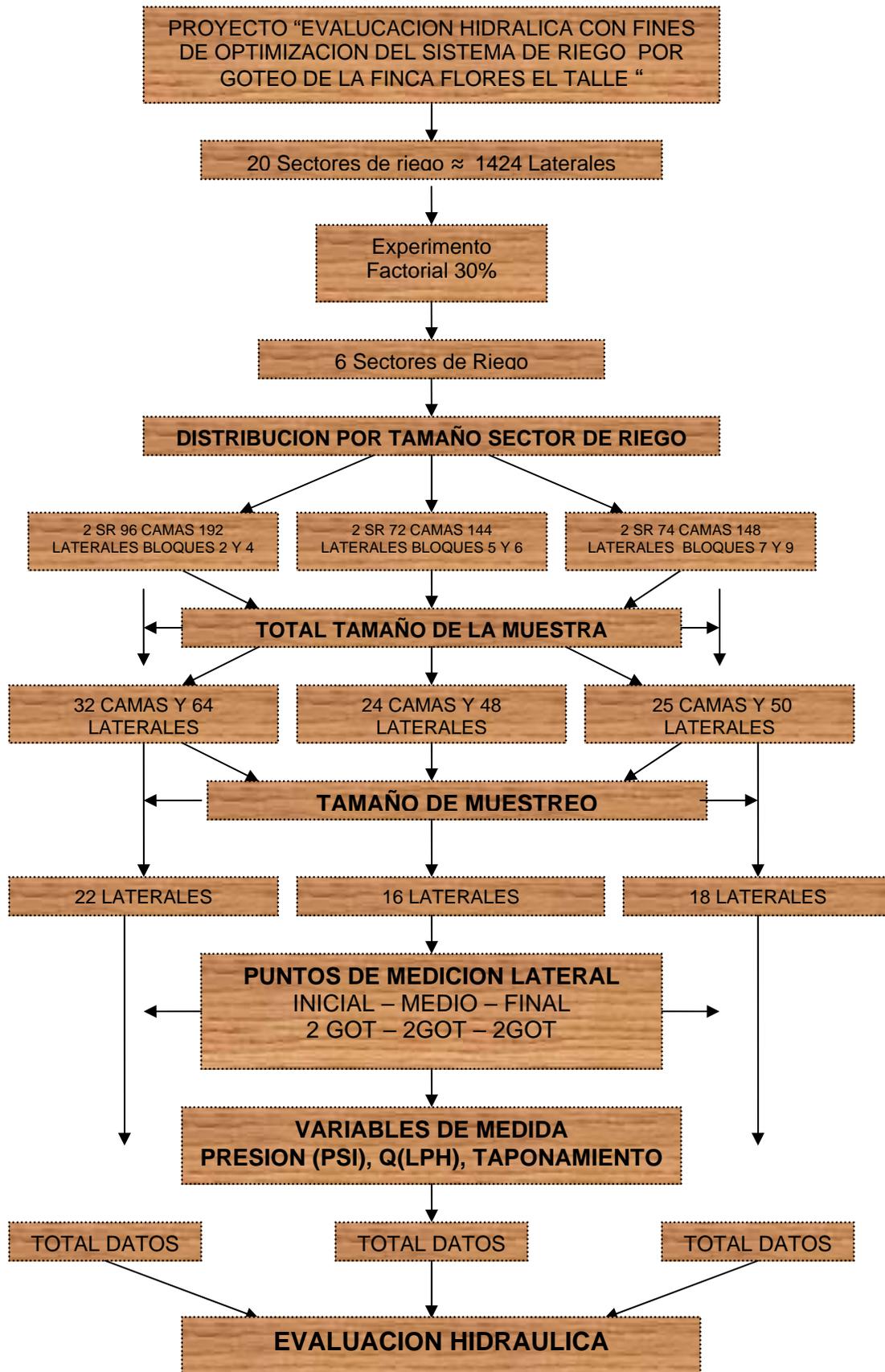
Gotero	HIDRO P.C.N.D
Caudal	1.35 LPH
Presión de Trabajo	0.8 – 3.5 (Bar)
Lateral	Polietileno
Diámetro Nominal	17 mm
Diámetro interior	15.3 mm
Líneas por cama	2

La información del sistema de riego fue proveída del acta de entrega total del Equipo de riego que la empresa ISRARIEGO hizo a C.I Flores El Talle S.A., corroborándose en campo con el reconocimiento a la finca y con la colaboración de los operarios del sistema presentes en la instalación del mismo.

3 METODOLOGIA

El proyecto se realizó siguiendo la metodología que se describe a continuación:

1. Se dibujo el sistema de riego actual sobre un mapa topográfico de la finca Flores El Talle. encontrado en la finca. Plano 1.
2. Se realizó un inventario y descripción de los componentes del sistema de riego comparándolos con los descritos en el diseño inicial.
3. Con los resultados obtenidos en los anteriores ítems se realizó el chequeo hidráulico y el respectivo rediseño (según los resultados), siguiendo la metodología de Cifuentes 1998, calculando los talleres de: Lateral, Múltiple, Tubería principal, Tubería secundaria, Pérdidas de la unidad de filtrado, Unidad de riego, Tubería de succión, y el cálculo de la unidad de Bombeo.
4. La Evaluación Hidráulica se realizó siguiendo el modelo de investigación propuesto por el Ing. Miguel Germán Cifuentes.



FUENTE: Ing. MIGUEL GERMAN CIFUENTES

El modelo estadístico utilizado es un modelo Factorial Propuesto por el Ing. Jairo de Jesús Perea.

La eficiencia de funcionamiento del sistema de riego, se determinó de la siguiente manera:

Se evaluaron los laterales, realizando aforos a los goteros, monitoreando la presión y el taponamiento en tres puntos del lateral: Inicio, Medio y final del lateral, el procesamiento de datos se realizó con base a una Evaluación factorial (Diagrama anterior)

El Experimento factorial se analizaron tres variables que para el caso será el tamaño del sector de riego:

- Sector de Riego I (Bloques 2 y 4)
- Sector de Riego II (Bloques 5 y 6)
- Sector de Riego III (Bloques 7 y 9)

Además simultáneamente cada variable tuvo tres factores de evaluación:

- Caudal de Gotero (Aforos)
- Presión (a la salida del lateral)
- Taponamiento (Eficiencia del Filtrado)



Figura 16 Aforo de Goteros

Una vez obtenidos los datos del experimento factorial se determinó la eficiencia actual del sistema de riego por goteo de la Finca Flores El Talle y se ubicaron las fallas que presenta, donde luego se plantearon las medidas necesarias que busquen la optimización del sistema de riego.



Figura 17 Toma de Presión en lateral

4 RESULTADOS

4.1 CALCULO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE RIEGO DE LA FINCA C.I. FLORES EL TALLE S.A.

4.1.1 CALCULO HIDRAULICO SECTOR DE RIEGO 1

4.1.1.1 “Inventario de recursos y estudios básicos”

ITEMS	VARIABLE	VALORES	ITEMS	VARIABLE	VALORES
LOCALIZACIÓN	Predio: EL TALLE	FLORES EL TALLE	RIEGO	Sistema:	Riego localizado “Goteo”
	Vereda	San Francisco		Modalidad	Goteo
	Municipio	Mosquera		Forma operación:	Autocompensado
	Departamento	C/marca		Q disp. (G.P.M)	200 GPM
	Área Total Finca (Has)	8.2 Has		Abastecimiento:	Reservorio
	Área Invernadero (Has)	4.3 Has			
SUELO	Textura :	Franco Arcillosa	UNIDAD DE RIEGO	Modelo	HIDRO P.C.N.D
	Densidad aparente	1.04		Referencia	Incorporado
	lb (cm/Hr)			Presión (PSI)	11.6
	K (cm/Hr)			Q descarga (LPH)	1.35
	C.C (%)	51.09	CULTIVO	Variedad	Alstroemeria y Stalice
	P.M.P (%)	28.17		Edad	Variedad de ciclos
CLIMATOLOGÍA	Velocidad viento (km/hr)		Prof. Radicular (m)	0.30 mts	
	Evpt. Crítica (mm/mes)		Prof. Rad. Efectiva (m)	0.30 m	
	Uso consumo (mm/día)		Forma de siembra	3 Bolillos	
	Precipitación (mm)	904 mm/año	Distancia siembra (m)	40x40 cm. Alstro 30x25cm Stalice	

4.1.1.2 Calculo de lateral crítico

RIEGO A PRESION: CALCULO DE UN LATERAL EN EL SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO MODALIDAD GOTEO

Bloque 1 - Válvula 1

1. UNIDAD DE RIEGO (UR)		2. CULTIVO		3. ABATECIMIENTO	
MODALIDAD: Goteo		HUERTO: El Talle		SECTOR RIEGO (SR) No.	
Boquilla emisor (color)		Especie	Alstroem.	Fuente	Reser.
Presión trabajo (PSI)	11.6	Distancia siembra (m)	0.40	Caudal disponible (GPM)	200
Diámetro húmedo (m)		Forma siembra	3 Bolillos	Caudal sector riego QSR (GPM)	91.06
Caudal (LPH)= QUR	1.35	Plantas/Cama.	160	Caudal/árbol (LPH) máx.	2.7
Forma de trabajo	En Línea	Unidades riego/Planta	2	Distancia entre emisores (EL)(m)	0.20

4. CALCULO PERDIDAS POR FRICCION EN LA TUBERIA (J)	
VARIABLES	VALORES
$J = (F)(L)(j)$	
NUR = numero de unidades de riego por lateral = No. De salidas	160
Ø = Diámetro y RDE tubería	Polietileno 16mm
F = factor corrección múltiples (Tabla No. 1)	0.351
Q = Caudal total a conducir = (No. Unidades de riego)(Unitario)	3.60 LPM
T _I = tramo inicial desde la conexión hasta la primera unidad de riego (m)	1
T _F = tramo final desde la ultima unidad de riego hasta el obturador (m)	0.1
N _s = numero de espacios entre unidades de riego	159
E _L = espaciamento entre unidades de riego en el lateral (m)	0.2
L _R = Longitud real (m) = (N _s)(E _L) + (T _I) + (T _F)	32.9
L _E = Longitud equivalente por conexión de unidad de riego al lateral : 0.05 – 0.2 m	0.2
L = Longitud total (m) = (L _R)+(L _E)	33.1
j = perdidas por fricción en la tubería (m/m); Tabla No. 3 (según fabricante)	0.0231
J = (F)(L)(j) (m)	0.27
CHEQUEO : $J \leq J_{\text{permisible}}$ (55% del 20% y/o el 10% de la presión de trabajo unidad de riego) (0.27) ≤ (0.8956) en (m). Si el resultado es NO, recalculer	✓ (SI) (NO)
OBSERVACION :	

5. PRESIONES REQUERIDAS PARA EL LATERAL (m)			
PRESION A LA ENTRADA (PEL)			
VARIABLES	VALORES	VARIABLES	VALORES
PUR = presión unidad de riego (m)	8.16	PEL = presión entrada lateral (m)	8.93
J = perdidas totales (m)	0.27	J = perdidas totales (J)	0.27
ΔH = dif. Topográfica terreno (m)	0.5	ΔH = diferencia topográfica terreno (m)	0.5
PEL = PUR + J ± ΔH (m)	8.93 m	PSL = PEL - J ± ΔH (m)	8.16 m
	12.70PSI		11.6 PSI

FUENTE: MIGUEL GERMÁN CIFUENTES PERDOMO - MIGERCIPER

4.1.1.3 Calculo del múltiple

RIEGO A PRESION: CALCULO DE UN MULTIPLE EN EL SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO MODALIDAD GOTEO

Bloque 1 - Válvula 1

1. UNIDAD DE RIEGO (UR)		2. CULTIVO		3. ABATECIMIENTO	
MODALIDAD: Goteo		HUERTO: San francisco		SECTOR RIEGO (SR) No.	
Boquilla emisor (color)		Especie	Alstroem.	Fuente	Reser.
Presión trabajo (PSI)	11.6	Distancia siembra (m)	0.40	Caudal disponible (GPM)	200
Diámetro húmedo (m)		Forma siembra	3 Bolillos	Caudal sector riego QSR (GPM)	91.06
Caudal (LPH)= QUR	1.35	Distancia entre surcos	1.7	Caudal/árbol (LPH) máx.	2.7
Forma de trabajo	En Línea	Unidades riego/árbol	2	Distancia entre emisores (EL)(m)	0.20

4. PERDIDAS POR FRICCION DE LA TUBERIA MULTIPLE (J)		CONEXIÓN
$J = (F)(L)(j)$		50 %
No. Surcos o líneas de riego por sector de riego (SR) = (Total UR del SR)/(total UR del gran lateral)		12
F = depende No. De salidas y/o conexión surcos Tabla No. 1 S1 = (24) y S2 = ()		F1 = 0.394
N _S = numero de espacios entre surcos (m)		11
T _I = tramo inicial desde la conexión hasta el primer surco (m)		1.70
T _F = tramo final medido desde la conexión del ultimo surco hasta el tapón de lavado (m)		1.20
E _M = (espaciamiento entre surcos o líneas de riego sobre el múltiple (m)		1.70
L _R = longitud real = (N _S)(E _M) + (T _F) + (T _I de conexión) = (m)		21.6
L _E = longitud equivalente por conexión de laterales al múltiple 0.25 m para silletas de 12 mm y 0.5 m para silletas de 16 mm		0.5
L = longitud real (m) = L _R + L _E		22.1
Ø = Diámetro y RDE de la tubería múltiple (asumirlo)		1-1/2" RDE 41
Q = caudal de diseño (GPM) y/o para calculo		22.71
j = perdidas por fricción en la tubería (m/m) Tabla No. 2		0.0187
$J = (F)(L)(j) = (m)$		0.154
CHEQUEO :		(0.154) ≤ (0.734)
J ≤ J permisible (45% del 20% de la presión de trabajo unidad de riego		() ≤ ()
NOTA :		
Si el resultado es NO, entonces recalculamos con otro porcentaje mas bajo de conexión siempre sujeto a la topografía hasta obtener el punto optimo para conectar		
OBSERVACION :		

6. PRESION REQUERIDA A LA ENTRADA DEL MULTIPLE (Prem)
Prem = perdidas totales múltiple (J) + presión entrada lateral (PEL) ± ΔH terreno ; ΔH = ()
Prem = 0.154 m + 8.93 m + 0.1 m = 9.184 m = 13.07 PSI

FUENTE: MIGUEL GERMÁN CIFUENTES PERDOMO - MIGERCIPER

4.1.1.4 Calculo de tubería alimentación

RIEGO A PRESIÓN: CÁLCULO DE LA TUBERÍA DE ALIMENTACIÓN “MÉTODO CAUDALES PARCIALES”

Bloque 1 - Válvula 1

1. PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN LA TUBERÍA (J)							
MODALIDAD:		HUERTO:		SECTOR RIEGO (SR) No.			
ITEMS	VARIABLES	TRAMO-1	TRAMO-2	TRAMO-3	TRAMO-4	TRAMO-5	TRAMO-6
TRAMOS	F: No. Salidas y/o sectores riego. Tabla No. 1	1	1	0.639			
	Q: Σ Caudales S.R. a beneficiar (GPM)	91.06	91.06	45.53			
	L _R : Longitud real (m)	23.6	107.9	0.5			
	L _e : Longitud equivalente por accesorios (m)	1.5	30	6.5			
	L: Longitud total (m) = L _R + L _e	25.1	137.9	7			
	θ y RDE tubería	3" 41	2" 41	2" 41			
	j: Pérdidas fricción fabricante tabla No. 2 (m/m)	0.012	0.079	0.022			
	J = (F)(L)(j)	0.30	10.89	0.1			
ΣJ (m)							11.29m

1.1 CÁLCULO DE LA LONGITUD EQUIVALENTE (L _e) (Tabla No. 5; Gráfica No. 1)												
ITEMS	ACCESORIOS	CANTIDAD	θ	Q (GPM)	L _e (m)	ITEMS	ACCESORIOS	CANTIDAD	θ	Q (GPM)	L _e (m)	
TRAMO-1	Reducción	1	3 - 2	91.06	1.5	TRAMO-2	Codo de 90	2 (1.7)	2	91.06	3.4	
							Tee Activa	2 (3.5)	2	91.06	7.0	
								Tee Pasiva	2 (1.1)	2	91.06	2.2
								Válvula	1		91.06	17.4
	Sumatoria L _e	1.5 m					Sumatoria L _e	30 m				
TRAMO-3	Reducción	1	2 - 1 1/2"	45.53	1.3	TRAMO-4						
	Tee Activa	1	2	45.53	3.5							
	Codo de 90	1	2	45.53	1.7							
	Sumatoria L _e	6.5m					Sumatoria L _e					

1.2 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD (V)							
VARIABLES		TRAMO-1	TRAMO-2	TRAMO-3	TRAMO-4	TRAMO-5	TRAMO-6
Clase y diámetro de tubería		PVC 3"	PVC 2"	PVC 2"			
RDE tubo		41	41	41			
Espesor pared tubo (m) (Catálogo fabricante)		0.0022	0.0015	0.0015			
θ _E = Diámetro externo (m) (Catálogo fabricante)		0.0889	0.0603	0.0603			
θ _I = Diámetro interno (m) (Catálogo fabricante)		0.0845	0.0573	0.0573			
R = Radio interno (m)		0.04225	0.02865	0.02865			
A = Área tubo = (π)(R ²)(m ²)		0.00560794	0.002579	0.002579			
Q = Caudal (m ³ /seg.)		0.00573678	0.00573678	0.00286839			
$V = \frac{Q}{A} = () / ()$		1.02	2.22	1.11			
V _{PERMISIBLE} (m/seg.) según fabricante							
CHEQUEO: V ≤ V _p		✓ (SI)	✓ (SI)	✓ (SI)	(SI)	(SI)	(SI)
		(NO)	(NO)	(NO)	(NO)	(NO)	(NO)
OBSERVACIÓN: si el resultado es (NO) replantear diámetro de la tubería							

2. PRESIÓN REQUERIDA A LA ENTRADA TUBERÍA ALIMENTACION (P _{REA})
P _{REA} = J total tubería alimentación + Presión requerida entrada al múltiple del sector de riego crítico y/o lateral crítico ± ΔH terreno
P _{REA} = (11.29) + (9.184) ± (0.5) = 20.97 m = 29.84 PSI

FUENTE: MIGUEL GERMÁN CIFUENTES PERDOMO - MIGERCIPER

4.1.1.5 Calculo principal

RIEGO A PRESION: CALCULO DE LA TUBERIA PRINCIPAL "METODO MULTIPLES SALIDAS"

1. PERDIDAS POR FRICCION EN LA TUBERIA (J)		
MODALIDAD: Goteo	HUERTO : El Talle	SECTOR DE RIEGO (SR) No 1
$J = (F)(L)(j)$		
F = factor corrección múltiples (Tabla No. 1)		1
L = Longitud total (m) = (LR)+(LE)		64.84
j = pérdidas por fricción en la tubería (m/m); Tabla No. 2		0.012
Q = Caudal total a conducir = \sum sectores de riego a beneficiar		91.06 GPM
LR = Longitud real (m) = desde descarga unidad de bombeo y/o filtrado hasta ultimo sector de riego a beneficiar		53.14
LE = Longitud equivalente por accesorios (m) (Tablas No. 5)		11.7
θ = Diámetro y RDE tubería		3" RDE 41
J = (F)(L)(j) (m)		0.78

1.1 CALCULO DE LA LONGITUD EQUIVALENTE (LE) m				
ACCESORIOS	CANTIDAD	θ	Q (GPM)	LE (m)
T activa	1	3	91.06	5.2
T Pasiva	1	3	91.06	1.6
Codo 90	1	3	91.06	2.5
Codo 45°	2 (1.2)	3	91.06	2.4
Sumatoria LE (m)				11.7

1.2 CALCULO DE LA VELOCIDAD (V) EN TUBERIAS	
VARIABLES	VALORES
Clase y diámetro de la tubería	PVC 3"
RDE del tubo	41
Espesor pared tubo (m) (catalogo fabricante)	0.0022
θ_e = diámetro externo (m) (catalogo fabricante)	0.0889
θ_i = diámetro interno (m) (catalogo fabricante)	0.0845
R = radio interno (m)	0.04225
A = área tubo = (π) (R ²) (m ²)	0.005607939
Q = caudal (m ³ / seg.)	0.00573678
V = Q / A (m / seg.)	1.023
V permisible (m / seg.) según fabricante	3.5
CHEQUEO : $V \leq V_p$; (1.021 \leq 3.50)	✓ (SI)
	(NO)
OBSERVACION : si el resultado es (NO), replantear el diámetro de la tubería	

2. PRESION REQUERIDA A LA ENTRADA TUBERIA PRINCIPAL (Prep)
Prep = J tubería principal + Prep (presión requerida entrada tubería alimentación critica) (Prep) \pm ΔH terreno Prep = 0.78 m + 20.97 = 21.75 m = 30.95 PSI

FUENTE: MIGUEL GERMÁN CIFUENTES PERDOMO - MIGERCIPER

De la misma forma se calcularon los sectores de riego críticos que se resumen en el cuadro 5.

Cuadro 5 Perdas en la tubería y presión requerida

# Sector de riego	Lateral			Múltiple			Alimentación			Principal		
	J _L	Q	P _r	J _M	Q	P _r	J _A	Q	Pr	J _P	Q	P _r
1	0.27	0.95	8.93	0.154	22.71	9.18	11.29	91.06	20.97	0.78	91.06	21.75
4	0.27	0.95	8.93	0.154	22.86	9.18	7.57	91.43	17.25	0.61	91.43	18.36
9	0.27	0.95	8.93	0.011	17.14	9.10	6.24	68.57	15.84	0.36	68.57	16.66
14	0.82	1.43	8.71	0.132	21.27	8.94	6.65	85.06	16.09	0.72	85.09	16.81
17	0.27	0.95	8.93	0.011	17.14	9.10	5.26	68.57	14.86	0.56	68.57	15.92
19	0.65	1.30	9.31	0.05	11.90	9.46	2.22	59.71	12.18	0.90	68.57	13.58

J: Perdas de Presión en la tubería en mca.

Q: Caudal en GPM.

P_r: Presión requerida a la entrada.

4.1.2 CALCULO HIDRAULICO DE LA UNIDAD DE FILTRADO

RIEGO A PRESIÓN: “CÁLCULO DE PÉRDIDAS UNIDAD DE FILTRADO”

1. DATOS BÁSICOS		
HUERTO:	VEREDA:	MUNICIPIO:
CARACTERÍSTICAS		CONEXIONES
Fuente: Reservoirio		θ entrada y salida filtros: 2"
Caudal diseño (GPM): 91.06		Tubería principal y secundaria: 4" Hierro Galvanizado
Relación filtrado: 2		Tubería retrolavado: 4"
Descripción filtrado: 2 Filtros de Malla		Válvulas control flujo 2:
Capacidad total filtrado (GPM): 160		Válvulas control presión: 1
Capacidad individual filtros (GPM): 80		Válvulas control aire: 1
Modelo filtros (Figura No. 7) 120 mesh		Medición presión: 1

2. PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN LA TUBERÍA CONDUCCIÓN (J _f)					
ITEMS	VARIABLES	TRAMO-1	TRAMO-2	TRAMO-3	TRAMO-4
TRAMOS	Q: ΣCaudales S.R. a beneficiar (GPM)	91.06	91.06	45.53	91.06
	L _R : Longitud real (m)	0.5	1.5	1	3.5
	L _e : Longitud equivalente por accesorios (m)	15.7	2.5	23.5	30.1
	L: Longitud total (m) = L _R + L _e	16.2	4	24.5	33.6
	θ y RDE tubería (asumirlo)	4" 26	3" 26	3"	3" 26
	j: Pérdidas fricción fabricante tabla No. 2 (m/m)	0.0041	0.014	0.03	0.014
	J _f = (L)(j)	0.07	0.06	0.74	0.47
Σ J _f (m)			1.34		

2.1 CÁLCULO DE LA LONGITUD EQUIVALENTE (L _e) (Tabla No. 5; Gráfica No. 1)												
ITEMS	ACCESORIOS	CANTIDAD	θ	Q (GPM)	L _e (m)	ITEMS	ACCESORIOS	CANTIDAD	θ	Q (GPM)	L _e (m)	
TRAMO-1	Concentrica	1		137.4	2.0	TRAMO-2	Codo de 90	1	3	137.4	2.5	
	Tee Activa	1	4	137.4	6.7							
	Reduccion	1	4-3	137.4	3.6							
	Codo de 90"	1	4	137.4	3.4							
	Sumatoria L _e		15.7					Sumatoria L _e		2.5		
TRAMO-3	Tee Activa 3"	2	3	137.4	10.4	TRAMO-4	Ampliación	1	2-3	137.4	1.6	
	Codo de 90	4 (1.7)	2	68.7	6.8			Codo de 90	1	3	137.4	2.5
	Tee de 2"	2	2	68.7	3.5			Valvula de Globo	1	3	137.4	2.6
	Reducción	1	3-2	68.7	2.8							
	Sumatoria L _e		23.5					Sumatoria L _e		30.1		

2.2 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD (V)				
VARIABLES	TRAMO-1	TRAMO-2	TRAMO-3	TRAMO-4
Clase y diámetro de tubería	PVC	PVC	Hierro Galvanizado	PVC
RDE tubo	26	26		26
Espesor pared tubo (m) (catálogo fabricante)	0.0044	0.0034		0.0034
θ _E = Diámetro externo (m) (catálogo fabricante)	0.1143	0.0889		0.0889
θ _I = Diámetro interno (m) (catálogo fabricante)	0.1055	0.0821		0.0821
R = Radio interno (m) (catálogo fabricante)	0.05275	0.04105		0.04105
A = Área tubo = (π)(R ²)(m ²)	0.008741677	0.005293905		0.005293905
Q = Caudal (m ³ /seg)	0.00573678	0.00573678		0.00573678
$V = \frac{Q}{A} = (\quad) / (\quad)$	0.066	1.08		1.08
V PERMISIBLE (m/seg) según fabricante	3.5	3.5		3.5
CHEQUEO: V ≤ V _p	(SI)	(SI)	(SI)	(SI)
	(NO)	(NO)	(NO)	(NO)

FUENTE: MIGUEL GERMAN CIFUENTES PERDOMO – MIGERCIPER

RIEGO A PRESIÓN: “CÁLCULO DE PÉRDIDAS UNIDAD DE FILTRADO”

3. PÉRDIDAS DE CARGA DEL FLUIDO AL PASO A TRAVÉS DE LOS FILTROS (J_2)			
TIPO FILTRADO	Q (GPM)	J_2 (m)	REFERENCIA
HIDROCICLÓN			Gráfica No.
ARENA			Gráfica No.
MALLA	91.06	0.3	Figura No. 7
$J_2 = \sum J_2$		0.3	"

4. PÉRDIDAS TOTALES UNIDAD FILTRADO (J)
$J = J_1 + J_2$
$J = (1.34) + (0.3) = (1.64) \text{ m}$

FUENTE: MIGUEL GERMÁN CIFUENTES PERDOMO - MIGERCIPER

4.1.3 CALCULO HIDRAULICO DE LA UNIDAD DE BOMBEO

RIEGO A PRESION: "SELECCIÓN UNIDAD DE BOMBEO"

1. DATOS BASICOS					
Q diseño (GPM)	91.06	Temperatura interior caseta (C°)	11	Dpto.	Cundinamarca
Localización geográfica	2550	Presión atmosférica tabla No.6 (m)	7.27m	Municipio	Mosquera
Presión trabajo unidad riego PSI	11.6	Presión de vapor tabla No.7 (m)	0.146	Vereda	
Fuente abastecimiento	Reser.	Clase sedimentos (θ)	3 mm	Predio	El Talle
2. CALCULO DE LA CABEZA (ALTURA) DINAMICA TOTAL (C.D.T)					
VARIABLES					
C.D.T = HS + Hfs + Hd + Hfp + HfA + HfM + HfL + Hff + HfF + HUR			VALORES (m)		
HS = Altura de succión			2.5		
Hd = Altura de descarga (ΔH terreno) + altura elevador unidad riego			1		
Hfs = perdidas por fricción tubería succión			0.461		
Hfp = perdidas por fricción tubería principal			0.78		
HfA = perdidas por fricción tubería alimentación			11.29		
HfM = perdidas por fricción en la tubería múltiple			0.154		
HfL = perdidas por fricción en la tubería lateral			0.27		
Hff = perdidas por fricción unidad de fertilización			3.0		
HfF = perdidas por fricción unidad filtrado			1.64		
HUR = presión de trabajo unidad de riego			8.16		
SUMATORIA C.D.T.			28.79 m.		

2.1. PERDIDAS POR FRICCIÓN EN LA TUBERIA SUCCION (Hfs)	
Hfs = (L)(j)	
θ = Diámetro y RDE tubería	3" RDE 26
L = Longitud total (m) = (LR) +(LE)	32.9
LR = Longitud real (m) = desde la válvula de pie hasta el orificio de succión de la bomba (m)	5
LE = Longitud equivalente por accesorios (m)	27.9
j = perdidas por fricción en la tubería (m/m); Tabla No. 2	0.014
Q = Caudal total a conducir = ∑ sectores de riego a beneficiar (GPM)	91.06
Hfs = (L)(j) (m)	0.461

2.2 CALCULO DE LA LONGITUD EQUIVALENTE (LE) m				
ACCESORIOS	CANTIDAD	θ	Q (GPM)	LE (m)
Válvula de pie	1	4	90.89	23
Codo 90°	1	4	90.89	3.4
Reducción Excéntrico 4"-3"	1	4	90.89	1.5
Sumatoria LE (m)				27.9 m

2.3 CALCULO DE LA VELOCIDAD (V) m / seg. EN TUBERIA SUCCION	
VARIABLES	VALORES
Clase y diámetro de la tubería	4"
RDE del tubo	26
Espesor pared tubo (m) (catalogo fabricante)	0.0044
θe = diámetro externo (m) (catalogo fabricante)	0.11430

θ_i = diámetro interno (m) (catalogo fabricante)	0.1055
R = radio interno (m)	0.05275
A = área tubo = (π) (R ²) (m ²)	0.008741677
Q = caudal (m ³ / seg.)	0.00573678
V = Q / A (m / seg.)	0.66
V permisible (m / seg.) según fabricante	3.5
CHEQUEO : V ≤ Vp ; (0.66 ≤ 3.50)	✓ (SI)
	(NO)
OBSERVACION : si el resultado es (NO), replantear el diámetro de la tubería	

3. SELECCIÓN UNIDAD DE BOMBEO

3.1 METODO “ POR CURVA SEGÚN FABRICANTE “

DATOS DE DISEÑO	Q : 91.06 GPM	UNIDAD DE BOMBEO	Referencia:
	CDT : 28.79 m		Modelo: 30A – 10W
	Energía : Eléctrica		Versión: Sello Mecánico
MOTOR	HP : 10	BOMBA	θ rotor: 190 mm
	RPM : 3510		θ máx. Partículas: 5 mm.
	Conexión: 4”		Conexión: Succ.; Desc: 4” ; 3”
	Operación: 3”		Eficiencia: %

3.2 METODO: “ POR FORMULA “

$$\text{POTENCIA REQUERIDA } HP = (Q \times CDT) / (3960 \times \eta)$$

Q = Caudal de diseño (GPM)	91.06
CDT = Cabeza dinámica total (pies)	94.46
3960 = factor de conversión	3960
η = eficiencia deseada para la bomba (decimales)	0.65
HP = (91.06 * 10.14) / (3960*0.75)	3.34

4. CALCULO DE LA CABEZA NETA POSITIVA DE SUCCION (NPSH)

4.1 NPSH disponible

$$NPSH_d = P_a - P_v - H_s - H_{fs} = m$$

P_a = presión atmosférica según localización Tabla 6

P_v = presión de vapor según la temperatura Tabla 7

H_s = altura de succión bomba

H_{fs} = pérdidas fricción tubería de succión

NPSH_d = (m)

7.27

0.146

2.5

0.461

4.16

4.2 NPSH requerido

Entregada por el fabricante de la bomba en función de Q diseño y el θ rotor

$$NPSH_r = 3.4 \text{ m}$$

4.3 CHEQUEO

$$(NPSH)_r \leq (NPSH)_d$$

$$3.34 \leq 4.16$$

Resultado : (SI) (NO)

OBSERVACION

Si el resultado es (NO), replantear como mínimo H_s para ajustar el chequeo

5. AJUSTES DE POTENCIA (HP) EN MOTORES

5.1 MOTORES DE CONBUSTION

%

5.2 MOTORES ELECTRICOS

%

Por accesorios

10

Por pérdida por fricción y temperatura

15

Por altura: 3% por cada 100 m msnm a partir de 150 m

72

$$HP_{\text{final}} = (HP_{\text{inicial}}) + (\sum \%) (HP_{\text{inicial}})$$

Por temperatura: 1% por cada 5.6°C a partir de 15°C

0

$$HP_{\text{final}} = (3.34) + (0.87)(3.34)$$

6.23

Sumatorias porcentaje para corrección

87

$$HP_{\text{final}} = (3.34HP) + (3.34 HP)$$

6.23

$$HP_{\text{final}} = (HP_{\text{inicial}}) + (\sum \%) (HP_{\text{inicial}})$$

$$HP_{\text{final}} = () + ()$$

4.2 SISTEMA DE RIEGO PROPUESTO

El sistema de riego por goteo de la finca funciona bien hidráulicamente, pero bulbo húmedo formado por los goteros no es el adecuado, debido a que cada gotero forma un bulbo bien definido de aproximadamente 30 cms de diámetro. Si se analiza una cama a lo largo no hay problema puesto que los goteros están distanciados 20 cms, por lo que los bulbos se traslapan manteniendo la zona radicular con una buena humedad. El inconveniente de desuniformidad en la humedad de la cama se presenta a lo ancho de la misma, debido a que quedan zonas en los bordes con poca humedad, por lo que se hace necesario complementar con la aplicación de un riego manual (cortina y cacho).

Si partimos de las ecuaciones experimentales de diámetro de los bulbos húmedos como la ecuación 1 para un tipo de suelo franco, el diámetro del bulbo lograría mantener humedecida toda la cama, pero según lo observado en campo el bulbo crece hasta determinado tamaño, y aunque humedece un poco los bordes de las camas, es insuficiente para el desarrollo de los rizomas de la alstroemeria.

$$DH = 0.7 + 0.1q^{12}$$

, donde DH es el diámetro húmedo formado por un gotero en metros y q es el caudal del gotero en LPH



Figura 18 Diámetro Humedecido por gotero

¹² D. Karmeli, G. Peri, M. Todes; Irrigation Systems: design and Operation.

La solución que se plantea a este problema es adicionar una línea de riego en todas las camas del sistema, donde las camas quedarían con 3 laterales cada una con goteros separados 20 cms, con lo que lograría mantener con una buena humedad toda la cama y se suspendería el riego manual.

4.2.1 CALCULO HIDRAULICO SECTOR DE RIEGO 1

4.2.1.1 Calculo lateral crítico

RIEGO A PRESION: CALCULO DE UN LATERAL EN EL SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO MODALIDAD GOTEO

Sector N° 1 Bloque 1 - Válvula 1

1. UNIDAD DE RIEGO (UR)		2. CULTIVO		3. ABATECIMIENTO	
MODALIDAD: Goteo		HUERTO: El Talle		SECTOR RIEGO (SR) No.	
Boquilla emisor (color)		Especie	Alstroem.	Fuente	Reser.
Presión trabajo (PSI)	11.6	Distancia siembra (m)	0.40	Caudal disponible (GPM)	200
Diámetro húmedo (m)		Forma siembra	3 Bolillos	Caudal sector riego QSR (GPM)	137.14
Caudal (LPH)= QUR	1.35	Plantas/Cama.	160	Caudal/árbol (LPH) máx.	2.7
Forma de trabajo	En Línea	Unidades riego/Planta	2	Distancia entre emisores (EL)(m)	0.20

4. CALCULO PERDIDAS POR FRICCION EN LA TUBERIA (J)	
VARIABLES	VALORES
$J = (F)(L)(j)$	
NUR = numero de unidades de riego por lateral = No. De salidas	160
Ø = Diámetro y RDE tubería	Polietileno 16mm
F = factor corrección múltiples (Tabla No. 1)	0.351
Q = Caudal total a conducir = (No. Unidades de riego)(Unitario)	3.60 LPM
T _I = tramo inicial desde la conexión hasta la primera unidad de riego (m)	1
T _F = tramo final desde la ultima unidad de riego hasta el obturador (m)	0.1
N _s = numero de espacios entre unidades de riego	159
E _L = espaciamiento entre unidades de riego en el lateral (m)	0.2
L _R = Longitud real (m) = (N _s) (E _L) + (T _I) + (T _F)	32.9
L _E = Longitud equivalente por conexión de unidad de riego al lateral : 0.05 – 0.2 m	0.2
L = Longitud total (m) = (L _R) + (L _E)	33.1
j = perdidas por fricción en la tubería (m/m); Tabla No. 3 (según fabricante)	0.0231
J = (F)(L)(j) (m)	0.27
CHEQUEO : $J \leq J_{\text{permisible}}$ (55% del 20% y/o el 10% de la presión de trabajo unidad de riego) (0.27) ≤ (0.8956) en (m). Si el resultado es NO, recalcular	✓ (SI) (NO)
OBSERVACION :	

5. PRESIONES REQUERIDAS PARA EL LATERAL (m)			
PRESION A LA ENTRADA (PEL)			
VARIABLES	VALORES	VARIABLES	VALORES
PUR = presión unidad de riego (m)	8.16	PEL = presión entrada lateral (m)	8.93
J = perdidas totales (m)	0.27	J = perdidas totales (J)	0.27
ΔH = dif. Topográfica terreno (m)	0.5	ΔH = diferencia topográfica terreno (m)	0.5
PEL = PUR + J ± ΔH (m)	8.93 m	PSL = PEL - J ± ΔH (m)	8.16 m
	12.70PSI		11.6 PSI

FUENTE: MIGUEL GERMÁN CIFUENTES PERDOMO – MIGERCIPER

4.2.1.2 Calculo del Múltiple

RIEGO A PRESION: CALCULO DE UN MULTIPLE EN EL SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO MODALIDAD GOTEO

Bloque 1 - Válvula 1

1. UNIDAD DE RIEGO (UR)		2. CULTIVO		3. ABATECIMIENTO	
MODALIDAD: Goteo		HUERTO: San francisco		SECTOR RIEGO (SR) No.	
Boquilla emisor (color)		Especie	Alstroem.	Fuente	Reser.
Presión trabajo (PSI)	11.6	Distancia siembra (m)	0.40	Caudal disponible (GPM)	200
Diámetro húmedo (m)		Forma siembra	3 Bolillos	Caudal sector riego QSR (GPM)	137.14
Caudal (LPH)= QUR	1.35	Distancia entre surcos	1.7	Caudal/árbol (LPH) máx.	2.7
Forma de trabajo	En Línea	Unidades riego/árbol	2	Distancia entre emisores (EL)(m)	0.20

4. PERDIDAS POR FRICCION DE LA TUBERIA MULTIPLE (J)		CONEXION
$J = (F)(L)(j)$		50 %
No. Surcos o líneas de riego por sector de riego (SR) = (Total UR del SR)/(total UR del gran lateral)		12
F = depende No. De salidas y/o conexión surcos Tabla No. 1 S1 = (36) y S2 = ()		F1 = 0.3648
N _S = numero de espacios entre surcos (m)		11
T _I = tramo inicial desde la conexión hasta el primer surco (m)		1.70
T _F = tramo final medido desde la conexión del ultimo surco hasta el tapón de lavado (m)		1.20
E _M = (espaciamiento entre surcos o líneas de riego sobre el múltiple (m)		1.70
L _R = longitud real = (N _S)(E _M) + (T _F) + (T _I de conexión) = (m)		21.6
L _E = longitud equivalente por conexión de laterales al múltiple 0.25 m para silletas de 12 mm y 0.5 m para silletas de 16 mm		0.5
L = longitud real (m) = L _R + L _E		22.1
Ø = Diámetro y RDE de la tubería múltiple (asumirlo)		1-1/2" RDE 41
Q = caudal de diseño (GPM) y/o para calculo		34.29
j = perdidas por fricción en la tubería (m/m) Tabla No. 2		0.04
$J = (F)(L)(j) = (m)$		0.32
CHEQUEO :		(0.32) ≤ (0.734)
J ≤ J permisible (45% del 20% de la presión de trabajo unidad de riego		() ≤ ()
NOTA :		
Si el resultado es NO, entonces recalculamos con otro porcentaje mas bajo de conexión siempre sujeto a la topografía hasta obtener el punto optimo para conectar		
OBSERVACION :		

6. PRESION REQUERIDA A LA ENTRADA DEL MULTIPLE (Prem)
Prem = perdidas totales múltiple (J) + presión entrada lateral (PEL) ± ΔH terreno ; ΔH = ()
Prem = 0.32 m + 8.93 m + 0.1 m = 9.35 m = 13.31 PSI

FUENTE: MIGUEL GERMÁN CIFUENTES PERDOMO - MIGERCIPER

4.2.1.3 Calculo de tubería de alimentación

TALLER No. 3 RIEGO A PRESIÓN: CÁLCULO DE LA TUBERÍA DE ALIMENTACIÓN “MÉTODO CAUDALES PARCIALES”

Bloque 1 - Válvula 1

1. PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN LA TUBERÍA (J)							
MODALIDAD:		HUERTO:		SECTOR RIEGO (SR) No.			
ITEMS	VARIABLES	TRAMO-1	TRAMO-2	TRAMO-3	TRAMO-4	TRAMO-5	TRAMO-6
TRAMOS	F: No. Salidas y/o sectores riego. Tabla No. 1	1	1	0.639			
	Q: Σ Caudales S.R. a beneficiar (GPM)	137.14	137.14	68.57			
	L _R : Longitud real (m)	131.5	2.0	0.5			
	L _e : Longitud equivalente por accesorios (m)	9.9	24.3	6.5			
	L: Longitud total (m) = L _R + L _e	141.4	26.3	7.0			
	θ y RDE tubería	3" 41	2" 41	2" 41			
	j: Pérdidas fricción fabricante tabla No. 2 (m/m)	0.0255	0.17	0.0469			
	J = (F)(L)(j)	3.61	4.47	0.21			
ΣJ (m)				8.29 m			

1.1 CÁLCULO DE LA LONGITUD EQUIVALENTE (L _e) (Tabla No. 5; Gráfica No. 1)											
ITEMS	ACCESORIOS	CANTIDAD	θ	Q (GPM)	L _e (m)	ITEMS	ACCESORIOS	CANTIDAD	θ	Q (GPM)	L _e (m)
TRAMO-1	Reducción	1	3 - 2	137.14	1.5	TRAMO-2	Codo de 90	2 (1.7)	2	137.14	3.4
	Tee Pasiva	2	3	137.14	3.2		Tee Activa	1	2	137.14	3.5
	Tee Activa	1	3	137.14	5.2		Válvula	1	2	137.14	17.4
	Sumatoria L _e	9.9 m					Sumatoria L _e	24.3 m			
TRAMO-3	Reducción	1	2 - 1 1/2"	68.57	1.3	TRAMO-4					
	Codo de 90	1	2	68.57	1.7						
	Tee Activa	1	2	68.57	3.5						
	Sumatoria L _e	6.5 m					Sumatoria L _e				

1.2 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD (V)							
VARIABLES		TRAMO-1	TRAMO-2	TRAMO-3	TRAMO-4	TRAMO-5	TRAMO-6
Clase y diámetro de tubería		PVC 3"	PVC 2"	PVC 2"			
RDE tubo		41	41	41			
Espesor pared tubo (m) (Catálogo fabricante)		0.0022	0.0015	0.0015			
θ _E = Diámetro externo (m) (Catálogo fabricante)		0.0889	0.0603	0.0603			
θ _I = Diámetro interno (m) (Catálogo fabricante)		0.0845	0.0573	0.0573			
R = Radio interno (m)		0.04225	0.02865	0.02865			
A = Área tubo = (π)(R ²)(m ²)		0.00560794	0.002579	0.002579			
Q = Caudal (m ³ /seg.)		0.00863982	0.00863982	0.00431991			
$V = \frac{Q}{A} = (\quad) / (\quad)$		1.54	3.35	1.68			
V _{PERMISIBLE} (m/seg.) según fabricante		3.5	3.5	3.5			
CHEQUEO: V ≤ V _P		✓ (SI)	✓ (SI)	✓ (SI)	(SI)	(SI)	(SI)
		(NO)	(NO)	(NO)	(NO)	(NO)	(NO)
OBSERVACIÓN: si el resultado es (NO) replantear diámetro de la tubería							

2. PRESIÓN REQUERIDA A LA ENTRADA TUBERÍA ALIMENTACION (P_{REA})

P_{REA} = J total tubería alimentación + Presión requerida entrada al múltiple del sector de riego crítico y/o lateral crítico ± ΔH terreno

$$P_{REA} = (8.29) + (9.35) \pm (0.5) = 18.14 \text{ m} = 25.81 \text{ PSI}$$

FUENTE: MIGUEL GERMÁN CIFUENTES PERDOMO – MIGERCIPER

4.2.1.4 Calculo de la tubería Principal

TALLER No. 4 RIEGO A PRESION: CALCULO DE LA TUBERIA PRINCIPAL “METODO MULTIPLES SALIDAS “

Sector N° 1

1. PERDIDAS POR FRICCION EN LA TUBERIA (J)		
MODALIDAD: Goteo	HUERTO : El Talle	SECTOR DE RIEGO (SR) No 1
$J = (F)(L)(j)$		
F = factor corrección múltiples (Tabla No. 1)		1
L = Longitud total (m) = (LR)+(LE)		64.84
j = perdidas por fricción en la tubería (m/m); Tabla No. 2		0.0255
Q = Caudal total a conducir = \sum sectores de riego a beneficiar		137.14 GPM
LR = Longitud real (m) = desde descarga unidad de bombeo y/o filtrado hasta ultimo sector de riego a beneficiar		53.14
LE = Longitud equivalente por accesorios (m) (Tablas No. 5)		11.7
θ = Diámetro y RDE tubería		3” RDE 41
J = (F)(L)(j) (m)		1.36

1.1 CALCULO DE LA LONGITUD EQUIVALENTE (LE) m				
ACCESORIOS	CANTIDAD	θ	Q (GPM)	LE (m)
T activa	1	3	137.14	5.2
T Pasiva	1	3	137.14	1.6
Codo 90	1	3	137.14	2.5
Codo 45°	2	3	137.14	2.4
Sumatoria LE (m)				11.7

1.2 CALCULO DE LA VELOCIDAD (V) EN TUBERIAS	
VARIABLES	VALORES
Clase y diámetro de la tubería	PVC 3”
RDE del tubo	41
Espesor pared tubo (m) (catalogo fabricante)	0.0022
θ_e = diámetro externo (m) (catalogo fabricante)	0.0889
θ_i = diámetro interno (m) (catalogo fabricante)	0.0845
R = radio interno (m)	0.04225
A = área tubo = (π)(R ²) (m ²)	0.005607939
Q = caudal (m ³ / seg.)	0.00863982
V = Q / A (m / seg.)	1.54
V permisible (m / seg.) según fabricante	3.5
CHEQUEO : $V \leq V_p$; (1.021 \leq 3.50)	✓ (SI)
	(NO)
OBSERVACION : si el resultado es (NO), replantear el diámetro de la tubería	

2. PRESION REQUERIDA A LA ENTRADA TUBERIA PRINCIPAL (Prep)
Prep = J tubería principal + Prep (presión requerida entrada tubería alimentación critica) (Prep) \pm ΔH terreno
Prep = 1.36 m + 18.57 m = 19.93 m = 28.36 PSI

FUENTE: MIGUEL GERMÁN CIFUENTES PERDOMO – MIGERCIPER

Igualmente se calcularon los sectores de riego críticos que se resumen en el cuadro

Cuadro 6 Perdidas en la tubería y presión requerida para el sistema propuesto.

# Sector de riego	Lateral			Múltiple			Alimentación			Principal		
	J _L	Q	Pr	J _M	Q	Pr	J _A	Q	Pr	J _P	Q	Pr
1	0.27	0.95	8.93	0.32	34.29	9.35	8.29	137.14	18.14	1.36	137.14	19.93
4	0.27	0.95	8.93	0.32	34.29	9.35	9.28	137.14	19.13	1.28	137.14	20.91
9	0.27	0.95	8.93	0.15	25.72	9.18	6.26	102.86	15.96	0.75	102.86	17.21
14	0.82	1.43	8.71	0.23	34.29	9.04	5.75	127.59	15.29	1.51	127.59	16.80
17	0.27	0.95	8.93	0.22	25.72	9.25	4.19	102.86	13.94	1.17	102.86	15.61
19	0.65	1.3	9.31	0.08	22.39	9.49	4.76	89.57	14.75	1.9	89.57	17.15

J: Perdidas de Presión en la tubería en mca.

Q: Caudal en GPM.

P_r: Presión requerida a la entrada.

4.2.2 CALCULO HIDRAULICO DE LA UNIDAD DE FILTRADO

RIEGO A PRESIÓN: “CÁLCULO DE PÉRDIDAS UNIDAD DE FILTRADO”

1. DATOS BÁSICOS		
HUERTO:	VEREDA:	MUNICIPIO:
CARACTERÍSTICAS		CONEXIONES
Fuente: Reservoirio		θ entrada y salida filtros: 2"
Caudal diseño (GPM): 137.14		Tubería principal y secundaria: 4"
Relación filtrado: 2		Tubería retrolavado: 4
Descripción filtrado: 2 Filtros de Malla		Válvulas control flujo 2:
Capacidad total filtrado (GPM): 160		Válvulas control presión: 1
Capacidad individual filtros (GPM): 80		Válvulas control aire: 1
Modelo filtros (Gráficas No. 2, 3) 120 mesh		Medición presión: 1

2. PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN LA TUBERÍA CONDUCCIÓN (J _f)					
ITEMS	VARIABLES	TRAMO-1	TRAMO-2	TRAMO-3	TRAMO-4
TRAMOS	Q: ΣCaudales S.R. a beneficiar (GPM)	137.14	137.14	68.57	137.14
	L _R : Longitud real (m)	0.5	1.5	1	3.5
	L _e : Longitud equivalente por accesorios (m)	15.7	2.5	23.5	30.1
	L: Longitud total (m) = L _R + L _e	16.2	4	24.5	33.6
	θ y RDE tubería (asumirlo)	4" 26	3" 26	3"	3" 26
	j: Pérdidas fricción fabricante tabla No. 2 (m/m)	0.009	0.03	0.018	0.03
	J _f = (L)(j)	0.15	0.12	0.44	1.01
Σ J _f (m)			1.72		

2.1 CÁLCULO DE LA LONGITUD EQUIVALENTE (L _e) (Tabla No. 5; Gráfica No. 1)												
ITEMS	ACCESORIOS	CANTIDAD	θ	Q (GPM)	L _e (m)	ITEMS	ACCESORIOS	CANTIDAD	θ	Q (GPM)	L _e (m)	
TRAMO-1	Concentrica	1		137.14	2.0	TRAMO-2	Codo de 90	1	3	137.14	2.5	
	Tee Activa	1	4	137.14	6.7							
	Reduccion	1	4-3	137.14	3.6							
	Codo de 90"	1	4	137.14	3.4							
	Sumatoria L _e		15.7					Sumatoria L _e		2.5		
TRAMO-3	Tee Activa 3"	2	3	137.14	10.4	TRAMO-4	Ampliación	1	2-3	137.14	1.6	
	Codo de 90	4 (1.7)	2	68.57	6.8			Codo de 90	1	3	137.14	2.5
	Tee de 2"	2	2	68.57	3.5			Válvula de Globo	1	3	137.14	2.6
	Reducción	1	3-2	68.57	2.8							
	Sumatoria L _e		23.5					Sumatoria L _e		30.1		

2.2 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD (V)				
VARIABLES	TRAMO-1	TRAMO-2	TRAMO-3	TRAMO-4
Clase y diámetro de tubería	PVC	PVC	Hierro Galvanizado	PVC
RDE tubo	26	26		26
Espesor pared tubo (m) (catálogo fabricante)	0.0044	0.0034		0.0034
θ _E = Diámetro externo (m) (catálogo fabricante)	0.1143	0.0889		0.0889
θ _I = Diámetro interno (m) (catálogo fabricante)	0.1055	0.0821		0.0821
R = Radio interno (m) (catálogo fabricante)	0.05275	0.04105		0.04105
A = Área tubo = (π)(R ²)(m ²)	0.008741677	0.005293905		0.005293905
Q = Caudal (m ³ /seg)	0.00863982	0.00863982		0.00863982
$V = \frac{Q}{A} = (\quad) / (\quad)$	1	1.63		1.63
V PERMISIBLE (m/seg) según fabricante	3.5	3.5		3.5
CHEQUEO: V ≤ V _p	(SI)	(SI)	(SI)	(SI)
	(NO)	(NO)	(NO)	(NO)

FUENTE: MIGUEL GERMAN CIFUENTES PERDOMO – MIGERCIPER

RIEGO A PRESIÓN: “CÁLCULO DE PÉRDIDAS UNIDAD DE FILTRADO”

3. PÉRDIDAS DE CARGA DEL FLUIDO AL PASO A TRAVÉS DE LOS FILTROS (J_2)			
TIPO FILTRADO	Q (GPM)	J_2 (m)	REFERENCIA
HIDROCICLÓN			Gráfica No.
ARENA			Gráfica No. 2
MALLA	137.14	1.3	Gráfica No. 3
$J_2 = \sum J_2$		1.3	“Adaptado filtros Mondragón - España”

4. PÉRDIDAS TOTALES UNIDAD FILTRADO (J)
$J = J_1 + J_2$
$J = (1.72) + (1.3) = (3.02) \text{ m}$

FUENTE: MIGUEL GERMÁN CIFUENTES PERDOMO - MIGERCIPER

4.2.3 CALCULO HIDRAULICO DE LA UNIDAD DE BOMBEO

RIEGO A PRESION: "SELECCIÓN UNIDAD DE BOMBEO"

1. DATOS BASICOS					
Q diseño (GPM)	137.4	Temperatura interior caseta (C°)	11	Dpto.	Cundinamarca
Localización geográfica	2550	Presión atmosférica tabla No.6 (m)	7.27m	Municipio	Mosquera
Presión trabajo unidad riego PSI	11.6	Presión de vapor tabla No.7 (m)	0.146	Vereda	
Fuente abastecimiento	Reser.	Clase sedimentos (θ)	3 mm	Predio	El Talle
2. CALCULO DE LA CABEZA (ALTURA) DINAMICA TOTAL (C.D.T)					
VARIABLES					
C.D.T = HS + Hfs + Hd + Hfp + HfA + HfM + HfL + Hff + HfF + HUR			VALORES (m)		
HS = Altura de succión			2.5		
Hd = Altura de descarga (ΔH terreno) + altura elevador unidad riego			1		
Hfs = perdidas por fricción tubería succión			0.987		
Hfp = perdidas por fricción tubería principal			1.28		
HfA = perdidas por fricción tubería alimentación			8.81		
HfM = perdidas por fricción en la tubería múltiple			0.184		
HfL = perdidas por fricción en la tubería lateral			0.27		
Hff = perdidas por fricción unidad de fertilización			3.0		
HfF = perdidas por fricción unidad filtrado			3.02		
HUR = presión de trabajo unidad de riego			8.16		
SUMATORIA C.D.T.			29.21 m.		

2.1. PERDIDAS POR FRICCIÓN EN LA TUBERIA SUCCION (Hfs)	
$Hfs = (L)(j)$	
θ = Diámetro y RDE tubería	3" RDE 26
L = Longitud total (m) = (LR) +(LE)	32.9
LR = Longitud real (m) = desde la válvula de pie hasta el orificio de succión de la bomba (m)	5
LE = Longitud equivalente por accesorios (m)	27.9
j = perdidas por fricción en la tubería (m/m); Tabla No. 2	0.03
Q = Caudal total a conducir = ∑ sectores de riego a beneficiar (GPM)	137.4
$Hfs = (L)(j)$ (m)	0.987

2.2 CALCULO DE LA LONGITUD EQUIVALENTE (LE) m				
ACCESORIOS	CANTIDAD	θ	Q (GPM)	LE (m)
Válvula de pie	1	4	137.14	23
Codo 90°	1	4	137.14	3.4
Reducción Excéntrico 4"-3"	1	4	137.14	1.5
Sumatoria LE (m)				27.9 m

2.3 CALCULO DE LA VELOCIDAD (V) m / seg. EN TUBERIA SUCCION	
VARIABLES	VALORES
Clase y diámetro de la tubería	4"
RDE del tubo	26
Espesor pared tubo (m) (catalogo fabricante)	0.0044
θe = diámetro externo (m) (catalogo fabricante)	0.11430

θ_i = diámetro interno (m) (catalogo fabricante)	0.1055
R = radio interno (m)	0.05275
A = área tubo = (π) (R ²) (m ²)	0.008741677
Q = caudal (m ³ / seg.)	0.00863982
V = Q / A (m / seg.)	1
V permisible (m / seg.) según fabricante	3.5
CHEQUEO : V ≤ Vp ; (1 ≤ 3.50)	✓ (SI)
	(NO)
OBSERVACION : si el resultado es (NO), replantear el diámetro de la tubería	

3. SELECCIÓN UNIDAD DE BOMBEO

3.1 METODO “ POR CURVA SEGÚN FABRICANTE “

DATOS DE DISEÑO	Q : 137.4 GPM	UNIDAD DE BOMBEO	Referencia:
	CDT : 29.21m		Modelo: 30A – 10W
	Energía : Eléctrica		Versión: Sello Mecánico
MOTOR	HP : 10	BOMBA	θ rotor: 190 mm
	RPM : 3510		θ máx. Partículas: 5 mm.
	Conexión: 4”		Conexión: Succ.; Desc: 4” ; 3”
	Operación: 3”		Eficiencia: %

3.2 METODO: “ POR FORMULA “

$$\text{POTENCIA REQUERIDA } \text{HP} = (Q \times \text{CDT}) / (3960 \times \eta)$$

Q = Caudal de diseño (GPM)	137.14
CDT = Cabeza dinámica total (pies)	95.83
3960 = factor de conversión	3960
η = eficiencia deseada para la bomba (decimales)	0.65
HP = (137.14 * 99.02) / (3960*0.65)	5.11

4. CALCULO DE LA CABEZA NETA POSITIVA DE SUCCION (NPSH)

4.1 NPSH disponible

$$\text{NPSH}_d = P_a - P_v - H_s - H_{fs} = m$$

P_a = presión atmosférica según localización

P_v = presión de vapor según la temperatura

H_s = altura de succión bomba

H_{fs} = perdidas fricción tubería de succión

NPSH_d = (m)

7.27

0.146

2.5

0.461

4.16

4.2 NPSH requerido

Entregada por el fabricante de la bomba en función de Q diseño y el θ rotor

$$\text{NPSH}_r = 3.4 \text{ m}$$

4.3 CHEQUEO

$$(\text{NPSH})_r \leq (\text{NPSH})_d$$

$$3.4 \leq 4.16$$

Resultado : (SI) (NO)

OBSERVACION

Si el resultado es (NO), replantear como mínimo H_s para ajustar el chequeo

5. AJUSTES DE POTENCIA (HP) EN MOTORES

5.1 MOTORES DE CONBUSTION	%	5.2 MOTORES ELECTRICOS	%
Por accesorios	10	Por perdida por fricción y temperatura	15
Por altura: 3% por cada 100 m msnm a partir de 150 m	72	HP final = (HP inicial) + (\sum %)(HP inicial)	
Por temperatura: 1% por cada 5.6°C a partir de 15°C	0		
Sumatorias porcentaje para corrección	87	HP final = (5.11) + (0.87)(5.11)	9.56
HP final = (HP inicial) + (\sum %)(HP inicial)	9.56		9.56
HP final = (5.12) + (4.45)	9.56	HP final = (5.11 HP) + (4.45 HP)	

El sistema de riego propuesto aprovechara gran parte de la tubería existente. Para el sector de riego 1 (Bloque 1), se propone cambiar el diámetro de la tubería de alimentación de 2" a 3" RDE 41, igual que las tuberías de alimentación que conducen a las válvulas 4, 9, 14, y 17. En el bloque 10 se aprovechara toda la tubería existente. Con el cambio de tubería no se requerirá una nueva unidad de bombeo puesto que con la actual se lograría una normal operación del sistema.

4.3 PRESUPUESTO DEL SISTEMA PROPUESTO

Cuadro 7 Presupuesto Tubería

DESCRIPCION	RDE	UN	DIAMETRO	CANTIDAD	VALOR UN	VALOR TOTAL
Tubería Alimentación	41	6 m-l	3	74	45200	3344800
Mang. Gotero Hidro PC ND	Polietileno	M – l	16 mm	18510	2500	46275000
Silletas		un	16 mm	572	350	200200
Union		un	16 mm	572	350	200200
Total						50020200

ACCESORIOS

Cuadro 8 Presupuesto Accesorios

DESCRIPCION	DIAMETRO	UN	CANTIDAD	VALOR UN	VALOR TOTAL
Tee	3	Pulgadas	17	94660	1609220
Reducción	3 – 2	Pulgadas	17	7815	132855
Unión	3	Pulgadas	20	8225	164500
Sellante		1/4 Galón	1	46645	46645
Total					1953220

TRAZADO PARA EXCAVACIÓN E INSTALACION DE TUBERIA

Cuadro 9 Presupuesto trazado para excavación e instalación de tubería

DESCRIPCION	DIMENSIONES	CANTIDAD	VALOR UN	VALOR TOTAL
Excavación y Tapado Tubería alimentación	0.4 x 0.5	430 m	2000 m-l	860000
Instalación de Tubería Alimentación		430 m	500 m-l	215000
Total				1075000

TOTAL PRESUPUESTO DEL SISTEMA PROPUESTO = \$ 53'048.420.00

4.4 DATOS EXPERIMENTALES SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

4.4.1 Datos Experimentales para Tamaño Sector de Riego I

Cuadro 10 Datos Experimentales para Tamaño Sector de Riego I

BLOQUE 2 VALVULA2							
Muestra		INICIO		MITAD		FINAL	
1	Caudal	1.36	1.36	1.09	1.23	0.60	1.12
	Presión	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
	Taponamiento	No	No	Si	No	Si	No
2	Caudal	1.35	1.32	1.20	1.16	0.85	1.24
	Presión	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
	Taponamiento	No	No	No	No	Si	No
3	Caudal	1.24	1.22	1.13	1.34	1.13	1.20
	Presión	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	No
4	Caudal	1.24	0.00	1.36	1.24	1.36	0.96
	Presión	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
	Taponamiento	No	Si	No	No	No	Si
5	Caudal	1.35	0.00	1.31	1.28	1.28	1.16
	Presión	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
	Taponamiento	No	Si	No	No	No	No
6	Caudal	1.39	1.35	1.28	1.28	1.20	1.13
	Presión	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	No
7	Caudal	1.35	1.28	1.28	1.31	1.35	1.35
	Presión	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	No
8	Caudal	1.13	1.20	1.35	1.24	1.13	1.35
	Presión	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	No
9	Caudal	1.35	1.32	1.32	1.35	1.32	1.35
	Presión	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	No
10	Caudal	1.35	1.28	1.35	1.32	1.32	1.32
	Presión	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	No
11	Caudal	1.32	1.32	1.35	1.28	1.32	1.35

	Presión	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	No
BLOQUE 4 VÁLVULA 4							
	Muestra	INICIO		MITAD		FINAL	
1	Caudal	0.75	0.81	0.83	0.83	0.90	0.83
	Presión	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
	Taponamiento	Si	Si	Si	Si	Si	Si
2	Caudal	1.16	1.35	1.35	1.35	1.09	1.35
	Presión	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
	Taponamiento	No	No	No	No	Si	No
3	Caudal	1.24	1.35	1.35	1.20	1.16	1.05
	Presión	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	Si
4	Caudal	1.16	1.35	1.24	1.35	1.35	1.35
	Presión	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	No
5	Caudal	1.32	1.20	1.28	1.20	1.36	0.96
	Presión	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	Si
6	Caudal	1.16	1.32	1.32	1.36	1.20	1.16
	Presión	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	No
7	Caudal	1.20	1.30	1.34	1.06	1.25	1.15
	Presión	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
	Taponamiento	No	No	No	Si	No	No
8	Caudal	1.36	1.32	1.24	1.20	1.32	1.24
	Presión	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	No
9	Caudal	1.12	1.28	1.00	1.20	1.36	1.20
	Presión	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
	Taponamiento	No	No	Si	No	No	No
10	Caudal	1.28	1.20	1.28	0.00	1.28	1.20
	Presión	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
	Taponamiento	No	No	No	Si	No	No
11	Caudal	1.28	1.24	1.28	1.28	1.28	1.16
	Presión	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	No

4.4.2 Datos Experimentales para Tamaño Sector de Riego II

Cuadro 11 Datos Experimentales para Tamaño Sector de Riego II

BLOQUE 5 VÁLVULA 5							
Muestra		INICIO		MITAD		FINAL	
1	Caudal	1.16	1.23	1.20	1.08	0.73	0.80
	Presión	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
	Taponamiento	No	No	No	Si	Si	Si
2	Caudal	0.55	0.63	0.63	0.65	0.00	0.52
	Presión	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00
	Taponamiento	Si	Si	Si	Si	Si	Si
3	Caudal	1.29	1.34	1.34	1.34	1.13	0.97
	Presión	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	Si
4	Caudal	1.32	1.29	1.32	1.36	1.20	1.15
	Presión	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	No
5	Caudal	1.22	1.32	1.30	1.32	1.35	1.35
	Presión	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	No
6	Caudal	1.30	1.32	1.00	1.32	1.27	1.35
	Presión	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00
	Taponamiento	No	No	Si	No	No	No
7	Caudal	1.27	1.32	1.35	1.32	1.35	1.32
	Presión	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	No
8	Caudal	1.27	1.30	1.32	1.30	1.30	1.35
	Presión	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	No
BLOQUE 6 VÁLVULA 8							
Muestra		INICIO		MITAD		FINAL	
1	Caudal	0.29	0.32	0.55	0.06	0.29	0.52
	Presión	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
	Taponamiento	Si	Si	Si	Si	Si	Si
2	Caudal	1.20	1.20	1.35	0.95	0.60	0.70
	Presión	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
	Taponamiento	No	No	No	Si	Si	Si

3	Caudal	1.35	1.35	1.30	1.35	0.45	0.85
	Presión	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	16.00
	Taponamiento	No	No	No	No	Si	Si
4	Caudal	0.89	0.78	1.06	1.23	1.23	1.56
	Presión	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
	Taponamiento	Si	Si	Si	No	No	No
5	Caudal	1.34	1.31	1.26	1.28	1.20	1.28
	Presión	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	No
6	Caudal	1.17	1.31	1.28	1.34	1.34	1.31
	Presión	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	No
7	Caudal	1.37	1.34	1.26	1.31	1.31	1.31
	Presión	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	No
8	Caudal	1.17	1.35	1.38	1.35	1.35	1.35
	Presión	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	No

4.4.3 Datos Experimentales para Tamaño Sector de Riego III

Cuadro 12 Datos Experimentales para Tamaño Sector de Riego III

BLOQUE 9 VÁLVULA 11							
	Muestra	INICIO		MITAD		FINAL	
1	Caudal	1.17	1.33	1.17	1.23	0.97	1.30
	Presión	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	Taponamiento	No	No	No	No	Si	No
2	Caudal	1.07	1.30	1.36	1.23	1.10	1.36
	Presión	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
	Taponamiento	Si	No	No	No	No	No
3	Caudal	1.20	0.91	1.07	1.36	1.17	1.14
	Presión	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
	Taponamiento	No	Si	Si	No	No	No
4	Caudal	0.00	1.38	1.35	1.26	1.20	1.17
	Presión	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
	Taponamiento	Si	No	No	No	No	No
5	Caudal	0.99	1.32	1.35	1.35	1.32	1.23
	Presión	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
	Taponamiento	Si	No	No	No	No	No
6	Caudal	1.29	1.14	1.35	1.29	1.29	1.29
	Presión	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	No
7	Caudal	1.26	1.32	1.29	1.29	1.32	1.29
	Presión	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	No
8	Caudal	1.17	1.33	1.17	1.36	1.29	1.20
	Presión	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	No
9	Caudal	1.14	1.26	1.17	1.36	1.17	1.20
	Presión	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	No
BLOQUE 7 VÁLVULA 14							
	Muestra	INICIO		MITAD		FINAL	
1	Caudal	1.36	1.27	1.20	1.20	0.60	1.11
	Presión	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
	Taponamiento	No	No	No	No	Si	No

2	Caudal	1.33	1.33	1.18	1.07	0.80	0.84
	Presión	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
	Taponamiento	No	No	No	Si	Si	Si
3	Caudal	1.31	1.35	1.35	1.31	1.37	1.33
	Presión	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	No
4	Caudal	1.33	1.37	1.33	1.37	1.35	1.22
	Presión	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	No
5	Caudal	1.32	0.60	1.30	1.32	1.28	1.32
	Presión	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
	Taponamiento	No	Si	No	No	No	No
6	Caudal	1.34	1.30	1.37	1.16	1.34	1.37
	Presión	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	No
7	Caudal	1.31	1.26	1.35	1.26	1.26	1.16
	Presión	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	No
8	Caudal	1.31	1.35	1.35	1.33	1.26	1.35
	Presión	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	No
9	Caudal	1.33	1.20	1.31	1.27	1.16	0.98
	Presión	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00
	Taponamiento	No	No	No	No	No	Si

La presión registrada fue tomada a la salida del lateral ya que no se podía tomar en cada gotero.

4.4.4 ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS DEL EXPERIMENTO

Los datos recolectados fueron organizados para el respectivo análisis estadístico. Del total de muestra de cada tratamiento se obtuvieron 5 submuestras con las cuales se elabora la tabla 4 que presenta el caudal en LPH del gotero evaluado en los 2 factores del experimento.

Cuadro 13 Caudal de emisor (Gotero) LPH tomados de un muestreo donde se evaluó tamaño del sector de riego y Posición dentro del lateral.

FACTOR A Tamaño SRL	FACTOR B Ubicación en el Lateral				TOTALES	TOTAL	MEDIA
	R	Inicio	Mitad	Final			
I	1	1.35	1.20	0.85	3.41	16.573	1.105
	2	1.13	1.35	1.13	3.60		
	3	0.81	0.83	0.83	2.46		
	4	1.16	1.24	1.35	3.75		
	5	1.2	1.2	0.96	3.36		
TOTAL		5.65	5.81	5.11			
MEDIA		1.13	1.16	1.02			
II	1	1.23	1.08	0.80	3.10	17.185	1.146
	2	1.34	1.34	0.97	3.65		
	3	1.32	1.35	1.35	4.02		
	4	1.20	0.95	0.70	2.85		
	5	0.78	1.23	1.56	3.57		
TOTAL		5.87	5.94	5.38			
MEDIA		1.17	1.19	1.08			
III	1	0.99	1.35	1.32	3.66	18.129	1.209
	2	1.14	1.29	1.29	3.72		
	3	1.14	1.17	1.17	3.47		
	4	1.07	1.23	1.10	3.41		
	5	1.26	1.29	1.32	3.87		
TOTAL		5.597	6.331	6.201			
MEDIA		1.119	1.266	1.240			
GRAN TOTAL		17.113	18.082	16.692		51.886	1.153
MEDIAS		1.141	1.205	1.113			

SRL: Tamaño sector de riego.

R: Repeticiones.

De acuerdo con el la tabla 4 se realizó el correspondiente análisis de varianza.

4.4.4.1 ANALISIS DE VARIANZA (ANDEVA)

1. Calculo de FC (Factor de Corrección)

$$FC = \frac{Y^2 \dots}{rab} = \frac{(51.886)^2}{5 * 3 * 3} = 59.83$$

donde, Y significa el valor que incluye todos los valores correspondientes al ensayo originados por la combinación de los factores A y B en los diferentes

bloques, es decir 3 factores: Se divide por el numero de bloques (r)* Niveles de A * Niveles de B.

2. Calculo de la suma de Cuadrados Total (STC)

$$SCT = \sum_{i,j,k} Y_{ijk}^2 \text{ donde}$$

$$SCT = (1.35^2 + 1.20^2 + \dots + 1.29^2 + 1.32^2) - 59.83$$

$$SCT = 1.702$$

LA STC significa que cada uno de los valores ordenados (Bloque, factor A, factor B) se elevan al cuadrado.

3. Calculo de la suma de cuadrados factor A (SCA)

$$SCA = \frac{\sum_j Y_j^2}{rb} - FC$$

$$SCA = \frac{(16.573^2 + 17.186^2 + 18.129^2)}{5 * 3} - 59.83$$

$$SCA = 0.08223$$

4. Calculo de la suma de cuadrados factor B

$$SCB = \frac{\sum_i Y_i^2}{ra} - FC$$

$$SCB = \frac{(17.113^2 + 18.082^2 + 16.692^2)}{5 * 3} - 59.83$$

$$SCB = 0.0658$$

5. Calculo de la suma de cuadrados de los tratamientos

$$SCTr = \frac{\sum_{j,k} Y_{jk}^2}{r} - FC$$

$$SCTr = \frac{(5.65^2 + 5.81^2 + \dots + 6.331^2 + 6.201^2)}{5} - 59.83$$

$$SCTr = 0.2308$$

6. Calculo de la suma de cuadrados de la iteración AB

$$SCAB = \frac{\sum_{j,k} Y^2_{jk}}{r} - FC - (SCA + SCB)$$

$$SCAB = SCr - (SCA + SCB)$$

$$SCAB = 0.2308 - (0.08223 + 0.0658)$$

$$SCAB = 0.083$$

7. Calculo de la suma de cuadrados debido al error

$$SCE = SCT - SCTr$$

$$SCE = 1.702 - 0.2308$$

$$SCE = 1.4712$$

Cuadro 14 Análisis de Varianza ANDEVA para la variable caudal en (LPH)

FUENTES DE VARIACION	GL	SC	CM	Fc	Ft(5%)
FACTOR A	2	0.082	0.041	1	3.26
FACTOR B	2	0.066	0.033	0.81	3.26
ITERACION AB	4	0.083	0.021	0.512	2.63
ERROR	36	1.47	0.041		
TOTAL	44				

donde,

GL: Grados de Libertad

SC: Suma de Cuadrados

CM: Cuadrado Medio

Fc: Fisher Calculado

Ft: Factor de error para una probabilidad del 5%

Según el análisis de varianza se concluye que la longitud del lateral y el tamaño del sector no determinan el caudal de los goteros. Con respecto del factor B se deduce que la ubicación del gotero dentro del lateral no altera la emisión de la unidad de riego.

En la iteración AB se deduce que al combinar los 2 factores no se representan cambios significativos en el caudal arrojado por los goteros. Esto es debido a que los goteros utilizados son autocompensados y las pérdidas por fricción dentro de esta tubería son reducidas, manteniendo una presión superior a los 10.6 PSI que es la presión mínima de operación para que el gotero entregue un caudal de 1.35 LPH.

Asimismo se realizó la prueba de Tukey para comparar simultáneamente las medias de los diferentes tratamientos.

4.4.4.2 PRUEBA DE TUKEY

$$S_x = \sqrt{\frac{CME}{r}} = \sqrt{\frac{0.041}{5}} = 0.091 \qquad q(5\%) = 4.10$$

$$CT = 0.091 * 4.1 = 0.373$$

donde, CME: Cuadrado medio del error
 r: Numero de repeticiones
 S_x: Error experimental Ajustado al tamaño de la muestra
 CT: Grado comparador
 q^o(P,glee), donde P = número de medias a comparar; glee = grados de libertad del error.

Cuadro 15 Matriz de diferencias entre medias

	I F	II F	III In	I In	I M	II In	II M	III F	III M
	1.02	1.08	1.12	1.13	1.16	1.17	1.19	1.24	1.27
I F	1.02	0.00	0.05	0.10	0.11	0.14	0.15	0.17	0.22
II F	1.08		0.00	0.04	0.05	0.09	0.10	0.11	0.16
III In	1.119			0.00	0.01	0.04	0.05	0.07	0.12
I In	1.13				0.00	0.03	0.04	0.06	0.11
I M	1.16					0.00	0.01	0.03	0.08
II In	1.17						0.00	0.01	0.07
II M	1.19							0.00	0.05
III F	1.240								0.00
III M	1.266								

Cuadro 16 Comparación de Medias Mediante Prueba de Tukey

TRATAMIENTO	Caudal Medio (LPH)	Grupo Tukey
I F	1.020	a
II F	1.080	a
III In	1.119	a
I In	1.130	a
I M	1.160	a
II In	1.170	a
II M	1.190	a
III F	1.240	a
III M	1.266	a

Al realizar el análisis múltiple de medias mediante la prueba de Tukey se determinó que los promedios entre medias son iguales debido a que la diferencia entre ellos es inferior al valor comparador. Con esto se concluye que los factores evaluados no determinan el caudal arrojado por los goteros y las diferencias entre los tratamientos no están asociadas a los factores tamaño de lateral y ubicación dentro del mismo.

En el Cuadro 17 se determinó la eficiencia de la unidad de riego para los diferentes factores, teniendo como punto de partida la el caudal entregado por el fabricante de 1.35 LPH para una eficiencia del 100 %.

Cuadro 17 Estadígrafos Porcentaje de eficiencia de los Goteros.

	1	2	3	X	S	CV%
I	83.70	85.93	75.56	81.73	5.46	6.68
II	86.67	88.15	80.00	84.94	4.34	5.11
III	82.89	93.78	91.85	89.51	5.81	6.49
X	84.4	89.3	82.5			
S	1.99	4.05	8.42			
CV%	2.36	4.54	10.21			

Donde X es la media, S es la desviación estándar y CV es el coeficiente de variación

Como lo muestra la tabla la eficiencia de los goteros supera el 80%, pero debería ser superior alrededor del 95% y presentar mayor uniformidad ya que se trabaja con goteros autocompensados que según el fabricante entregan un caudal de 1.35 LPH en un rango de presión que oscila entre 0.8 – 3.5 Bares, las posibles causas de esta eficiencia es la acumulación de residuos sólidos en los goteros que impiden el flujo normal de agua a través de ellos.

Las presiones fueron tomadas a la salida del lateral ya que se dificultaba la toma de presión en cada gotero. De igual manera con el análisis del caudal del total de muestras se sacaron 5 submuestras y se construyo la tabla 8 donde se registra la

presión en PSI medida en el obturador para los diferentes tratamientos. Con la presión solo se evaluó la longitud del lateral y el tamaño del sector de riego.

Al comparar la presión (PSI) con el Factor tamaño sector de riego y longitud del lateral se observa que existen diferencias significativas en los 3 tratamientos, siendo mayor notablemente la presión media del Factor SRL II (Tamaño sector de riego II) con una presión de 31 PSI y menor en el Factor SRLI con 11.8 PSI, si bien la media de este ultimo es mayor que la presión mínima de operación de los goteros, se registraron valores inferiores, las cuales son atribuidas a fugas observadas en lateral que redujeron la presión en la tubería.

Cuadro 18 Presión a la salida del Lateral PSI tomados de un muestreo donde se evaluó tamaño del sector de riego

FACTOR A Tamaño SRL	R	Obturador	TOTAL	MEDIA
I	1	12	59	11.8
	2	10		
	3	11		
	4	14		
	5	12		
II	1	28	155	31
	2	29		
	3	40		
	4	30		
	5	28		
III	1	15	76	15.2
	2	16		
	3	18		
	4	14		
	5	13		
TOTAL MEDIA			290	19.33

SRL: Tamaño sector de riego.

R: Repeticiones.

Salvo algunos valores observados en el Tamaño SRL I y atribuidos a otras causa, se concluye que la presión no esta causando complicaciones dentro del sistema,

ya que las lecturas fueron tomadas a la salida del lateral siendo este el punto más crítico en cuanto a presión se refiere en los diferentes tratamientos y los valores hallados se encuentran dentro del rango de operación de la unidad de riego (11.6 a 50.8 PSI), por ende si allí no se presentan inconvenientes los demás goteros deben trabajar en condiciones optimas.

El taponamiento fue evaluado para el total de muestras de los tratamientos, en el cuadro 10 se muestran los estadígrafos para la variable Taponamiento.

Cuadro 19 Estadígrafos para la Variable Taponamiento

	1	2	3	X	S	CV%
I	4	6	8	6	2.00	33.00
II	6	8	11	8	2.52	31.50
III	5	2	5	4	1.73	43.25
X	5	5	8			
S	1.00	3.06	3.0			
CV%	20.0	61.2	38.0			

El mayor taponamiento de goteros se presenta en la posición 3 y en el tamaño SRL II con una media de 8 unidades de riego taponadas, mientras que en el Tamaño SRL III es donde menos se observa este fenómeno con un promedio de 4 goteros obstruidos.

Del total de datos recolectados durante el experimento de la variable taponamiento (336), se encontró que el 16.4% (55) de los goteros se encuentran taponados parcial o totalmente, lo cual reduce notablemente la uniformidad en el la aplicación de riego.

4.5 UNIFORMIDAD DE APLICACIÓN RIEGO

Se determinó la uniformidad de aplicación de agua en términos estadísticos mediante la ecuación propuesta por Megh R. Goyal en el *Libro Manejo de riego por Goteo*:

$$U = 100x[1.0 - V]$$

donde: U = Uniformidad con intervalos entre 0 y 100%

V = Coeficiente de variación.

Para la evaluación del la uniformidad de aplicación de riego se tomaron todos los datos recolectados durante el experimento.

Caudal medio LPH $\bar{X} = 1.19$

Desviación estándar $S = 0.27$

Coeficiente de variación $V = 0.23$

$$U = 100x[1.0 - 0.23]$$

$$U = 77\%$$

Para las características del sistema de riego por goteo de la finca **C.I. FLORES EL TALLE S.A** y sus condiciones topográficas, la Sociedad Americana de Ingenieros Agrícolas (ASAE) cataloga esta uniformidad de 77% entre pobre y aceptable.

Según lo observado en la finca y teniendo en cuenta que la unidad de riego del sistema es autocompensado la uniformidad en la aplicación de agua de riego debería ser superior, alrededor del 95%, puesto que las características del gotero le permiten trabajar en el rango de operación de 0.8 – 3.5 Bar (11.6 – 50.8 PSI).

Al realizar el respectivo análisis estadístico del experimento factorial donde se evaluaron las Variables Caudal (LPH), Presión (PSI) y Taponamiento se concluye que la ubicación del gotero dentro del lateral no esta condicionado el caudal que emite la unidad de riego, esto gracias a las bondades que presenta este gotero autocompensado, a pesar de esto se observa que el sistema de riego presenta una uniformidad en la aplicación de riego 77%.

En general la presión con la que están trabajando los laterales en el sistema de riego es suficiente para la normal operación del mismo. Es de destacar que durante el experimento se registraron presiones que estaban por debajo de 11.6 PSI; al realizar los cálculos respectivos de perdidas por fricción en la tubería se encontró que la presión a la salida del lateral debería ser superior ya que en la válvula se registraron 16 PSI y la presión requerida a la entrada del múltiple son 13.08 PSI, por lo que no se deberían registrar valores tan bajos en el obturador.

Las diferencias en la emisión del caudal se le atribuyen al mantenimiento del sistema de riego, ya que el lavado de la tubería del sistema de riego es inoportuno e inadecuado, lo que conlleva a que los goteros presenten taponamiento y reduzcan el caudal que debiesen arrojar. La tubería lateral a la entrada de la cama se contrae reduciendo el área de la tubería y limitando el paso del agua a la cama esto también ayuda a que la uniformidad en la aplicación del riego se vea reducida. Las fugas que constantemente aparecen en los laterales disminuye la presión y la uniformidad del sistema lo que se traduce en perdidas económicas de energía y fertilizante.

5 MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

5.1 MANTENIMIENTO DE TUBERÍAS PRINCIPALES, MÚLTIPLE Y LATERAL (Polipropileno 16 mm)

Se debe realizar el lavado hidráulico a la tubería principal y múltiple, mensualmente. Se coloca en funcionamiento la bomba en modo manual y se empieza abrir el tapón de lavado de la tubería principal en el bloque 1, cuando ya se hayan retirados los sedimentos de esta, se coloca el tapón y se continua con el mismo procedimiento en los bloques 4, 7, 8, 9 y 10. Cuando ya se ha realizado el lavado de la tubería principal se continua con el lavado de la tubería múltiple, retirando los 2 tapones de un lado del múltiple y abriendo la válvula hidráulica, cuando el agua salga sin sedimentos se procede a instalar los tapones y se retiran los otros 2 del otro extremo. El lavado se debe realizar con agua 1 mes y el mes siguiente se aplica con ácido fosfórico para que ayude a eliminar la lama y los demás sedimentos que se encuentren adheridos a la tubería.

La tubería lateral también se debe lavar mensualmente, encendiendo la bomba en modo manual, se empieza en el bloque 1 abriendo la válvula y soltando los laterales de máximo 4 camas, para que no disminuya tanto la presión y el lavado sea exitoso. Después de unos minutos, cuando el agua de los laterales salga sin sedimentos se procede a obturar los laterales de estas camas y se abre los laterales de otras 4 camas. Lo mismo se realiza por todos los laterales del sistema de riego.

5.2 MANTENIMIENTO FILTROS

Los filtros deben ser lavados con un cepillo cada 8 días para eliminar las partículas que quedan en los discos. Es fundamental que este trabajo se realice con toda la

rigurosidad posible, puesto que el filtrado es primordial para la eficiencia del sistema de riego.

5.3 MONITOREO DE PRESIONES

A la salida de la unidad de bombeo como en cada una de las válvulas se debe monitorear la presión y verificar que el sistema este operando con la presión adecuada en cada uno de los puntos evaluados.

Se debe chequear la presión mensualmente por lo menos en 2 laterales de cada válvula, con el propósito de que a los goteros les llegue la presión mínima de operación. La presión que debe llegar a la salida del lateral es de 0.8 Bar o 10.6 PSI. La toma de presión en los laterales se realiza de la siguiente manera:

Se retira el obturador y se abre un orificio en la tubería con el manómetro, se obtura manualmente el lateral, se toma la lectura de presión y se coloca de nuevo el obturador. El orificio que se le hace a la tubería lateral debe quedar en el trozo de manguera que se obtura para que no se presente fugas.

Cuando la presión tomada en los laterales se encuentre por debajo de la presión mínima de operación (10,6 PSI), se debe revisar el sistema para localizar las posibles fallas, ya sea por fugas, por mangueras dobladas o por alguna otra razón y corregirse para que los goteros funcionen normalmente.

5.4 MONITOREO DE HUMEDAD

Es muy importante conocer y monitorear el contenido de humedad del suelo, estos monitoreos se deben realizar con ayuda del tensiometro como también se debe estimar la humedad al tacto.

El tensiometro digital se monitoreara a diario y se revisara que no supere la lectura de 50 (milivoltios o milibares) en el monitor del programa Egal, si esto ocurre se debe aplicar una lamina de riego de 1.68 mm, para llevar el suelo a una humedad adecuada. Se debe estar monitoreando constantemente la humedad registrada en el programa con la humedad existente en campo, para no cometer errores que pongan en estrés las plantas.

Se debe mantener controlada la humedad del suelo en los diferentes bloques con los tensiometros existentes en la finca (1 Digital y 2 Manuales)

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El sistema de riego por goteo de la Finca C.I. Flores El Talle S.A., presenta una baja uniformidad en la aplicación del agua de riego del 77%, generado principalmente por el deterioro en los laterales (mangueras de polietileno), causado por cortes, fugas y taponamientos en los goteros.
- Las dos líneas de riego por goteo instaladas en cada cama son insuficientes para suplir la necesidad de riego de la alstroemeria, debido a que los bulbos húmedos formados por los goteros son de un diámetro aproximado de 30 cms, y aunque los goteros están separados cada 20 cms, el problema se presenta en los bordes de las camas donde es evidente la resequedad, por lo que se requiere complementar la irrigación con la aplicación de riego con manguera incrementando costos.
- Se propone instalar una línea de riego adicional por cama, con las mismas características de los goteros existentes (1.35 LPH, distancia entre goteros 20 cm). Para ello se requiere cambiar el diámetro de la tubería de alimentación de 2" RDE 41 a 3" RDE 41. La tubería de alimentación que conduce al bloque 10 sería la única que no se necesitaría modificar. Con el cambio propuesto no es necesario cambiar la unidad de bombeo, ya que trabajando con una eficiencia del 65% la potencia requerida sería de 9.56 HP para la altura dinámica total mas crítica.
- Realizando los cambios propuesto al sistema de riego por goteo se lograría mantener una homogeneidad de humedad del suelo dentro de la cama lo facilitaría el desarrollo radicular horizontalmente. Se conseguiría reducir los costos de operación de las labores de riego puesto que con el riego por goteo

se conseguiría satisfacer las necesidades hídricas del cultivo y el riego con mangueras solo se necesitaría para el lavado de sales.

- El mantenimiento del sistema de riego por goteo es fundamental para la optimización del mismo, por lo que se recomienda realizar lavados de las tuberías Principal, Alimentación, Múltiple y Lateral. Es prioritario el lavado hidráulico de la tubería de lateral mensualmente y de las demás tuberías múltiple, alimentación y principal, para poder lograr la optimización del sistema de riego por goteo.
- Como se pudo evidenciar en este proyecto, la teoría difiere bastante de la realidad, puesto que el tamaño y forma de los bulbos húmedos en teoría está determinada por el caudal y la textura del suelo, valores que al ser constatado en campo no presentan relación alguna.

7 BIBLIOGRAFIA

Cifuentes, Miguel German. Metodología para el diseño de sistemas de riego a presión caso granja la “UNIVERSIDAD” distrito de riego Uso Juncal. Neiva, Universidad Surcolombiana 2001.

DESCRIPCION DE CULTIVO DE ALSTROEMERIA. Van Zanten Plants B.V, 2001.

INFORMACIÓN DE CULTIVO DE ALSTROEMERIA. Konst Alstroemeria B.V., Holanda 2002.

Goyal, Megh R. Manejo de riego por goteo. 2006

MANUAL DE HORTICULTURA ORNAMENTAL. Universidad Autónoma del estado de Puebla, 2003.

PEREA, Jairo de Jesús. Documento El Experimento Factorial y sus Aplicaciones. Neiva: Universidad Surcolombiana, 2000.

Preciado, Pérez Alfonso. La estructura ecológica de la Sabana de Bogotá, 2000.

Sanchez, Javier. Evapotranspiracion. Universidad de Salamanca. 2006

ANEXOS

ANEXO A

TABLA No 1			
Valor de F para la determinación de perdidas múltiples salidas cuando se usa la formula de Hazen -- Williams.			
Numero de salidas	m = 1,85	Numero de salidas	m = 1,85
1	1	27	0.3695
2	0.639	28	0.3690
3	0.535	29	0.3685
4	0.486	30	0.3680
5	0.457	31	0.3674
6	0.435	32	0.3668
7	0.425	33	0.3662
8	0.415	34	0.3656
9	0.409	35	0.3650
10	0.402	36	0.3648
11	0.397	37	0.3646
12	0.394	38	0.3644
13	0.391	39	0.3642
14	0.387	40	0.3640
15	0.384	41	0.3637
16	0.382	42	0.3634
17	0.38	43	0.3631
18	0.379	44	0.3628
19	0.377	45	0.3625
20	0.376	46	0.3622
21	0.375	47	0.3619
22	0.374	48	0.3616
23	0.373	49	0.3625
24	0.3720	50	0.361
25	0.3710	100	0.356
26	0.3700	Mas de 100	0.351

Fuente: AGURA. Sistema de Riego a Presión

ANEXO B

Según la ecuación de Williams & Hazen

$$f = 0.2083 \left(\frac{100}{C} \right)^{1.85} \frac{Q^{1.85}}{D^{4.866}}$$

$$f = 0.00985 \frac{Q^{1.85}}{D^{4.866}}$$

Siendo

f = Pérdida de Presion en m/100 m
D = Diámetro interno en pulgadas

Q = Flujo en gal/min
C = Factor de fricción constante 150 para PVC

Tabla No 2					
Pérdidas de presión (j) en tuberías PVC uso agrícola, según la fórmula de Wiillian – Hazen; en m/100 m.					
Gal/Min	TUBERIA RDE 41 m/100m			TUBERIA RDE 26 m/100m	
	1-1/2"	2"	3"	3"	4"
1	0.01			0.00	0.00
2	0.02			0.00	0.00
3	0.04			0.00	0.00
4	0.07			0.00	0.00
5	0.11			0.01	0.00
6	0.16			0.01	0.00
7	0.21			0.01	0.00
8	0.27	0.09	0.01	0.02	0.00
10	0.40	0.13	0.02	0.02	0.01
16	0.96	0.32	0.05	0.06	0.02
20	1.46	0.48	0.07	0.08	0.02
26	2.37	0.78	0.12	0.14	0.04
30	3.09	1.02	0.15	0.18	0.05
36	4.33	1.43	0.21	0.25	0.07
40	5.26	1.73	0.26	0.30	0.09
46	6.81	2.24	0.34	0.39	0.11
50	7.94	2.62	0.39	0.45	0.13
60	11.13	3.67	0.55	0.64	0.19
70	14.80	4.88	0.73	0.85	0.25
80	18.95	6.25	0.94	1.08	0.32
90	23.56	7.77	1.17	1.35	0.40
100	28.63	9.44	1.42	1.64	0.48
150		19.99		3.47	1.02
200		34.04		5.90	1.74
250		51.43		8.92	2.63
300		72.06		12.50	3.69
350		95.84		16.62	4.91
400				21.28	6.28
450				26.46	7.81
500				32.16	9.49
550				38.36	11.32
600				45.06	13.30

Fuente: Manual técnico PAVCO

ANEXO C

TABLA No 3				
Perdidas de presión (j) en tuberías de polietileno PR PAVCO para riegos y conducciones agrícolas, según la combinación de formulas de Hazen-Williams y de Darcy-Weisbachs: en m/100m. TUBERIA POLIETILENO ORIGINAL PR 35 Y PR 55				
Lt/min	m3/h	12	16	20
0.05	0.003	0.01		
0.10	0.006	0.02		
0.20	0.012	0.07	0.02	0.01
0.40	0.024	0.24	0.05	0.02
0.80	0.048	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	0.2
2.50	0.15	5.93	1.25	0.43
3.00	0.18	8.16	1.72	0.6
3.50	0.21	10.69	2.25	0.78
4.00	0.24	13.5	2.55	0.99
4.50	0.27	16.59	3.5	1.21
5.00	0.3	19.95	4.21	1.46
5.50	0.33	23.57	4.97	1.72
6.00	0.36	27.41	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	45.4	9.57	3.32
8.50	0.51	50.49	10.65	3.69
9.00	0.54	55.8	11.77	4.08
9.50	0.57	61.33	12.93	4.48
10.00	0.6	67.09	14.15	4.9
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	0.9		28.76	9.97
16.00	0.96		32.2	11.16
17.00	1.02		35.81	12.41
18.00	1.08		39.58	13.71
19.00	1.14		43.5	15.07
20.00	1.2		48.59	16.49
21.00	1.26		51.83	17.96

Fuente: Manual técnico PAVCO

ANEXO D

TABLA 4 Longitud equivalente (Le) por accesorios									
DIAMETRO (D)		Codo 90° Radio Corto	Codo 45o	Válvula de tipo globo abierta y/o bola	Te Pasiva	Te Activa	Te bilateral	Válvula de pie	Cheque Y/o válvula tipo liviano
mm	Pulg.								
13	½	0.5	0.2	4.9	0.3	1	1	3.6	1.1
19	¾	0.7	0.3	6.7	0.4	1.4	1.4	5.6	1.6
25	1 ¼	1.1	0.5	11.3	0.7	2.3	2.3	10	2.7
32	1 ½	1.3	0.6	13.4	0.9	2.8	2.8	11.6	3.2
38	2	1.7	0.8	17.4	1.1	3.5	3.5	14	4.2
50	2 ½	2	0.9	21	1.3	4.3	4.3	17	5.2
63	3	2.5	1.2	26	1.6	5.2	5.2	20	6.3
75	4	3.4	1.5	34	2.1	6.7	6.7	23	6.4
100	5	4.2	1.9	43	2.7	8.4	8.4	30	10.4

Fuente: CECIL, Javier E. Vergara

TABLA 5 Diámetro y peso promedio de la tubería PVC Dimensiones promedio en mm									
DIAMETRO NOMINAL	1½"	2"	2½"	3"	4"	6"	8"	10"	12"
Diámetro Exterior	48.20	60.30	73.00	88.90	114.30	168.30	219.10	273.10	323.90
Espesores de Pared Mínimos									
RDE 41	1.30	1.50	1.80	2.20	2.80	4.10	5.30	6.70	7.90
RDE 32.5	1.50	1.80	2.20	2.70	3.50	5.10	6.70	8.40	10.00
RDE 26	1.90	2.30	2.80	3.40	4.40	6.50	8.40	10.50	12.40
RDE 21	2.30	2.90	3.50	4.20	5.40	8.00	10.40	13.00	15.40
Peso Aproximado en Kgs									
RDE 41	1.80	2.72	3.86	5.42	9.05	20.12	34.10	53.18	74.87
RDE 32.5	2.14	3.23	4.73	7.05	11.59	25.41	42.72	66.81	94.22
RDE 26	2.55	3.95	5.82	8.68	14.32	31.27	53.18	82.90	117.13
RDE 21	3.09	4.86	7.18	10.63	17.59	38.41	65.32	101.82	143.82
Diámetro Interno									
RDE 41	45.60	57.30	69.40	84.50	108.70	160.10	208.50	259.70	308.10
RDE 32.5	45.20	56.70	68.60	83.50	107.30	158.10	205.70	256.30	303.90
RDE 26	44.40	55.70	67.40	82.10	105.50	155.30	202.30	252.10	299.10
RDE 21	43.60	54.50	66.00	80.50	103.50	152.30	198.30	247.10	293.10

Fuente: PVC SCHEDULE 40 FITTINGS, Colonial Engineering

ANEXO E

TABLA 6	
Propiedades del agua. Equivalencia de la presión atmosférica en función de la localización geográfica.	
Altura	Presión Atmosférica
Sobre el nivel del mar (m)	(m Cda)
-305	10.7
-152.5	10.5
0	10.3
305	10
457.5	9.8
610	9.6
1220	8.9
1830	9.3
1440	7.7
3050	7.1
4575	5.8

Fuente: LOZANO, Osorio Álvaro. Equipos de Bombeo

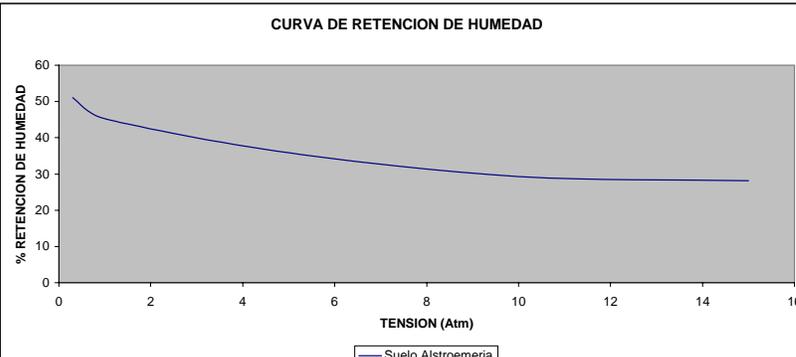
TABLA 7	
Propiedades del agua. Equivalencia de la presión de vapor en función de la temperatura.	
ToC	Presión de vapor Pv m
0	0.05
5	0.09
10	0.13
15	0.17
20	0.24
25	0.32
30	0.43
35	0.57
40	0.75
45	0.97
50	1.226
55	1.6
60	2.03
65	2.55
70	3.18
75	3.93
80	4.83
75	5.9
90	7.15
95	8.62
100	10.33

Fuente: FERROSTAL, Manual Técnico.

ANEXO G

 DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI		RESULTADOS RETENCIÓN DE HUMEDAD LABORATORIO NACIONAL DE SUELOS						FECHA <table border="1" style="font-size: small;"> <tr> <td>DÍA</td> <td>MES</td> <td>AÑO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">06</td> <td style="text-align: center;">06</td> <td style="text-align: center;">2007</td> </tr> </table>			DÍA	MES	AÑO	06	06	2007
		DÍA	MES	AÑO												
06	06	2007														
DEPARTAMENTO		MUNICIPIO		LOCALIZACIÓN												
CUNDINAMARCA		MOSQUERA		EL TALLE												
REMITENTE		C.I FLORES EL TALLE S.A.						PROYECTO								
IDENTIFICACIÓN CAMPO	HORIZONTE Profundidad cm	NÚMERO LABORATORIO	RETENCIÓN DE HUMEDAD					H.G % <input type="checkbox"/>	H.V % <input type="checkbox"/>	DENSIDAD		CONSISTENCIA				
			ATMOSFERAS					HUMEDAD APROVECHABLE %	g/cc		LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICIDAD			
			0.3	1.0	5.0	10.0	15		REAL	APARENTE						
M1		3-68286	51.09	45.26	35.89	29.28	28.17	22.92	2.41	1.04						
M3		3-68288						0.00								
								0.00								
								0.00								

CURVA DE RETENCIÓN DE HUMEDAD



— Suelo Alstroemeria

H.G = Humedad gravimétrica H.V = Humedad volumétrica H.A = Humedad aprovechable HA = RH 0.3 atm - RH 15 atm		MÉTODOS: Retención de humedad: Ollas y platos <input type="checkbox"/> Densidad aparente Cilindro <input type="checkbox"/> Densidad real: Pentapicnómetro Terrón parafinado <input type="checkbox"/> Porosidad calculada		Aprobado por Coordinador de Análisis
--	--	--	--	--------------------------------------

Nota: Los resultados en la base de datos y los enviados por fax o e-mail se conservarán por un período máximo de tres meses calendario a partir de la entrega de los mismos. **Cualquier sugerencia, observación o reclamo favor comunicarse al teléfono 3694016**

JORGE ALBERTO SANCHEZ

Nombre

Firma

PLANEACIÓN - ORGANIZACIÓN Y MÉTODOS F422-13/2005.V1