

**CAPÍTULO I**  
**INTRODUCCIÓN**

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1 INTRODUCCIÓN

Las evaluaciones de sistemas de riego presurizado no son comúnmente realizadas en nuestro medio por la falta de información y cultura en este aspecto, pero las realizan con muy poca frecuencia, sabiendo que se debe realizar de manera periódica para un buen funcionamiento del sistema de riego presurizado.

El riego es un componente en el desarrollo de la agricultura que proporciona un equilibrio en la producción, en ese sentido, el rendimiento de un cultivo se relaciona directamente con la satisfacción de las necesidades hídricas que requiere, por consiguiente, el riego necesita ser altamente uniforme para un buen uso y aplicación. (Blanco & Apaza, 2016, pág. 7)

En comparación con el riego tradicional por gravedad (inundación, surcos), presentan ventajas, de lo que se destaca elevada eficiencia del uso del agua, uniformidad de aplicación, aprovechamiento de tierras marginales y facilitación de las tareas de los operarios.

Sin embargo, a pesar de las ventajas tecnológicas que ofrecen estos sistemas, requieren de un mantenimiento adecuado para su correcto funcionamiento tanto desde el punto de vista agronómico como hidráulico. De esta manera se asegura, en términos económicos, un óptimo aprovechamiento energético y su amortización en el tiempo de la inversión. En consecuencia, en toda instalación de riego presurizado es fundamental, entre otras cosas, determinar la uniformidad con la que opera el sistema. (Liotta, pág. 1)

Un sistema de riego presurizado se compone por un cabezal, sistema de filtrado, laterales y unidades de riego divididas en subunidades, se adiciona “energía” al sistema mediante una bomba. Caso contrario al sistema de riego de baja carga que se caracteriza por aprovechar la energía del desnivel de la fuente de agua hasta el punto de riego, por lo demás, es similar al primero. (Blanco & Apaza, 2016, pág. 7; Junta de Andalucía Consejería de Agricultura y Pesca)

El interés del riego por goteo se debe a que reduce la exigencia de agua y los costos de operación. Este método de riego constituye una mejora en la aplicación del agua a la planta. Como toda innovación requiere de un manejo adecuado que garantice el retorno de la inversión, por tanto, es conveniente evaluar una instalación para comprobar cómo está funcionando el sistema y una revisión de obturación de los emisores. Mediante pruebas de evaluación de uniformidad, bajo la metodología de Merriam y Keller, (1978) que es la mayormente usada en este tipo de evaluaciones.

En nuestro país, actualmente está sufriendo cambios tecnológicos en lo que respecta a los sistemas de riego tradicionales en el campo. Con estos nuevos sistemas de riego moderno como ser riego tecnificado y riego por aspersión, se pretende mejorar la productividad de las familias campesinas y darle una mejor vida como también una mejor economía a nuestro país implementándolas en el campo.

Debido al cambio climático los sistemas de riego tradicionales (por inundación) ya no son viables para su construcción debido a la baja eficiencia y pérdida de agua que tienen. El gobierno está tratando de mejorar este tema cambiando estos sistemas de riego tradicional con los sistemas de riego tecnificado. Que cuentan con un alto valor de eficiencia como ser 90% los sistemas de riego por goteo y de 75 a 80 % en los de aspersión.

En la mayoría estos sistemas actualmente no cuentan con asesores técnicos que les ayuden a mejorar el manejo y mantenimiento de sus sistemas de riego, o se los capacita de manera tardía a los productores campesinos o no hacen caso a las capacitaciones que se los da. Esto nos da a conocer que los campesinos son los únicos operarios de sus sistemas como no tienen conocimientos amplios sobre el tema demuestra por que no están funcionando correctamente algunos sistemas de riego tecnificado. Aunque en la actualidad los proyectos para ejecutarlos se exige el presupuesto de acompañamiento y asistencia técnica ATI<sup>1</sup>, que debería ayudar en estos temas puntuales.

La mayor parte de la agricultura regada en Bolivia (97%) utiliza el riego por inundación/gravedad; sin embargo, en los últimos años se vienen introduciendo métodos tecnificados como aspersión y goteo, llegando a cerca de nueve mil hectáreas que

---

<sup>1</sup> Asistencia técnica integral (personal especializado).

representan el 3% del área regada. Del área de riego tecnificado reportada, la mayor parte se ubica en los llanos orientales con cultivos extensivos (industriales) y en menor proporción en los valles donde el riego se destina al cultivo de hortalizas, frutales y producción de flores. El sistema de riego por goteo todavía es incipiente. Cabe destacar que se advierte un gran potencial para la tecnificación del riego tanto en las laderas andinas, donde ésta permitiría un mejor manejo del suelo y el agua como en la zona de los llanos orientales, donde la agroindustria ha incursionado. En ambos casos se logra una mayor eficiencia, pudiendo regar más y mejor con menos agua; sin embargo, es necesario considerar que esta transición tecnológica requiere inversión privada y también entrenamiento para su buen uso. (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, pág. 17)

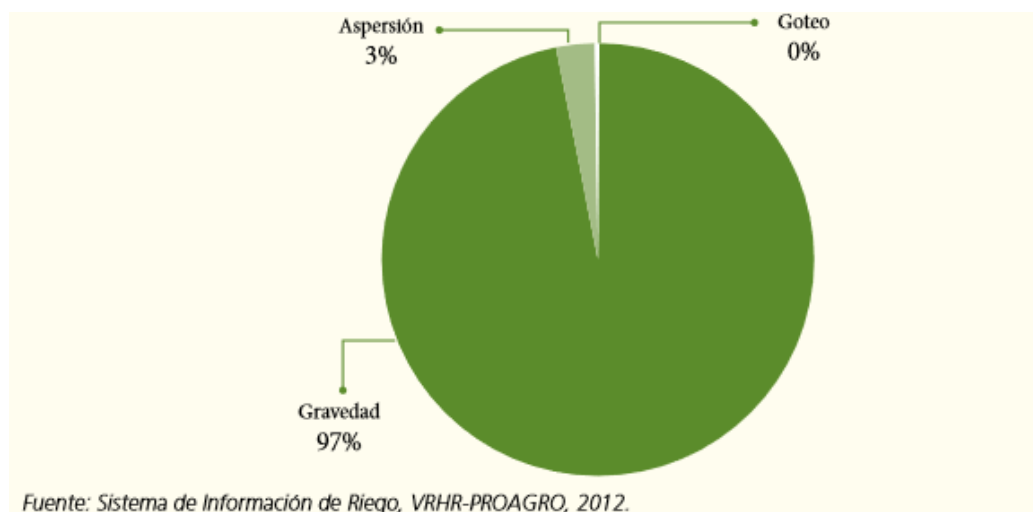
Tabla 1-1 Métodos de aplicación de riegos en la parcela.

Departamento	Gravedad		Aspersión		Goteo	
	Sistemas	Área	Sistemas	Área	Sistemas	Área
Cochabamba	1.338	95.935	173	1.470	3	27
La Paz	1.067	52.146	22	413	0	0
Santa Cruz	286	26.159	23	5.513	10	557
Oruro	466	18.263	4	146	1	12
Tarija	671	45.269	2	388	3	57
Chuquisaca	747	29.515	5	195	1	5
Potosí	1.052	27.195	44	656	0	0
<b>TOTAL:</b>	<b>5.627</b>	<b>294.481</b>	<b>273</b>	<b>8.782</b>	<b>18</b>	<b>658</b>

Fuente: Sistema de Información de Riego, VRHR-PROAGRO, 2012.

Nota: Algunos sistemas de riego, reportan mas de un método de aplicación de riego

Figura 1-1 Aplicación de riego parcelario según área (ha)



Está claro que desde el 2012 hasta la fecha se debió incrementar el porcentaje de sistemas de riego tecnificado en nuestro país, pero no existen datos de fuentes confiables para poder mencionar y dar números exactos, cabe recordar que este es un tema muy importante en nuestro país donde se está implementado políticas para su mejoramiento de los sistemas de riego tradicional.

El presente diagnóstico y evaluación está dirigido a la parte campesina productora que es la más afectada en este aspecto y proceso de cambio tecnológico, donde se debería dar más apoyo. Tiene por finalidad verificar las características actuales del sistema de riego por goteo Jailia mediante la evaluación de los componentes y su funcionamiento, realizando las recomendaciones necesarias si fuese el caso, mediante una buena operación y mantenimiento del sistema.

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los sistemas de riego tecnificado en los últimos años se han incrementado considerablemente siendo así, que en nuestro país todos los proyectos que se ejecutan son casi de manera obligatoria sistemas de riego tecnificado porque son sistemas que ahorran agua y tienen una alta eficiencia en el riego, además como son proyectos de financiamiento estatal se realizan para apoyo social y productivo de los campesinos. Lastimosamente no se están cumpliendo con los objetivos que plantean estos sistemas de riego que es impulsar el aprovechamiento sustentable y óptimo del agua, al mismo tiempo que se incentiva la aplicación de tecnologías para el riego parcelario eficiente. El costo de estos proyectos es un problema para los campesinos porque su precio es muy elevado y un tanto inaccesible. Como también con el cambio climático estos sistemas son los más recomendables para evitar grandes pérdidas de agua.

Por insuficiencia en la capacitación técnica a los regantes no se está cumpliendo con los objetivos esperados del proyecto, ahí el problema que los sistemas de riego tecnificado por goteo sin un buen uso y mantenimiento no van funcionar correctamente.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Que el aprovechamiento que se realizada del proyecto todavía no se está viendo reflejada, porque no están produciendo lo que se esperaba. Y no hay un cambio social que se tenía previsto en los comunarios.

### 1.2.1 Técnica

Los campesinos tienen poca asistencia técnica especializada para que los capaciten sobre los sistemas de riego tecnificado por goteo, se entrega el proyecto y se les deja que los campesinos lo manejen. O las capacitaciones técnicas son muy tardías.

Además, tendrían que tener conocimientos sobre el tema, estén familiarizados sobre el uso del sistema, mantenimiento del sistema y amplíen su conocimiento sobre estos sistemas de riego modernos y no quedarse con sólo la forma de riego tradicional (riego por inundación).

### 1.2.2 Social

Que los campesinos son muy recios al aprender sobre estos sistemas modernos de riego por goteo, por esto es que no se logra ver un crecimiento social en la comunidad. Están muy arraigados a la producción antigua que es por inundación. Porque este sistema de riego por goteo utiliza menor cantidad de agua y por el cambio climático se debe hacer un buen uso del agua. Además, se van dando cuenta que el agua del río ya no les alcanza para que sigan regando por inundación debido a las sequias que se presentan.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo general

Realizar el diagnóstico y evaluación técnica del sistema de riego tecnificado por goteo en la comunidad de Jailia ubicada en la provincia Sud Cinti del departamento de Chuquisaca en un predio de la comunidad, como también estrategias para su buen funcionamiento. Para mejorar el nivel de vida de los productores campesinos.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico del sistema de riego.

- Realizar la evaluación técnica del sistema de riego mediante el cálculo del coeficiente de uniformidad.
- Establecer soluciones posibles para mejorar el funcionamiento del sistema de riego.
- Elaborar lineamientos básicos de operación y mantenimiento del sistema de riego.

#### 1.4 HIPÓTESIS

Los sistemas de riego tecnificado por goteo que se están implementando en el campo, tienen deficiencias de orden técnico y de funcionamiento por la falta de capacitación de las personas encargadas de estos sistemas.

##### 1.4.1 Identificación de variables

Variable dependiente: El diagnóstico y evaluación del sistema de riego por goteo.

Variable independiente: Falta de capacitación de los regantes, deficiencias de los diseños de ingeniería, funcionamiento inadecuado de los goteros.

#### 1.5 LIMITANTES DEL ESTUDIO

- La evaluación del sistema de riego es sólo para saber la uniformidad con la cual está funcionando la parcela, porque no se tiene permiso para evaluar otros componentes del sistema de riego tecnificado y además cada parcela es independiente de las demás.
- Sólo se evaluó una parcela por la facilidad que se nos proporcionó al acceso de la misma, y no así a las demás parcelas.
- Esta parcela se la eligió además por ser la más desfavorable con respecto a la altura del reservorio y por ende con menor presión en el cabezal con respecto a las demás.
- Se realizó el trabajo en este lugar por la facilidad que se tuvo de adquirir el diseño del proyecto de riego porque es muy importante para este tipo de trabajo.
- El diagnóstico se lo realizó solo de los componentes hidráulicos del sistema parcelario. Y no se entró al tema de la producción agrícola del sistema.

**CAPÍTULO II**  
**MARCO REFERENCIAL**



## CAPÍTULO II

### MARCO REFERENCIAL

#### 2 MARCO TEÓRICO

Los conocimientos científicos fundamentales aplicados actualmente a nivel mundial en los diversos sistemas de riego tecnificado, combinados con principios elementales que rigen la conducción del agua, dan origen al RIEGO. Hay que tomar diversos criterios para aplicar cualquier sistema de riego que se desea implantar para producción óptima de los cultivos y uno de los criterios a considerar es cómo afrontar la problemática del agua, el agua actualmente ya es considerado un recurso escaso, que quiere decir esto significa que el agua dulce es escasa. Este problema que se nos presenta en la actualidad es un tema que cada día ocupa más la atención de científicos, técnicos, políticos y en general, de muchos de los habitantes del planeta.

La escasez de este vital líquido obliga a reiterar nuevamente una llamada a la moderación de consumo por parte de la población a nivel mundial, ya que sin su colaboración los esfuerzos técnicos que llevan a cabo de algunas organizaciones resultan insuficientes. (Diaz Nassi & Pretel Sanchez, pág. 10)

El Sistema de Riego por goteo, constituye en una alternativa para los pequeños agricultores de distintas partes del país, para que puedan acceder a una tecnología intermedia que les posibilite alcanzar su propia seguridad alimentaria y producir excedentes para el mercado interno y así mejorar su calidad de vida.

#### 2.1 SISTEMAS DE RIEGO

Una definición muy acertada de los sistemas de riego es la que dan los rusos Aidarov, Golovanov y Mamaév (1985): El sistema de riego, es el conjunto de instalaciones técnicas que garantizan la organización y realización del mejoramiento de tierras mediante el riego. O también. Se denomina Sistema de riego o perímetro de riego, al conjunto de estructuras, que hace posible que una determinada área pueda ser cultivada con la aplicación del agua necesaria a las plantas. (Wikipedia, 2018)

## 2.2 MÉTODOS DE RIEGO

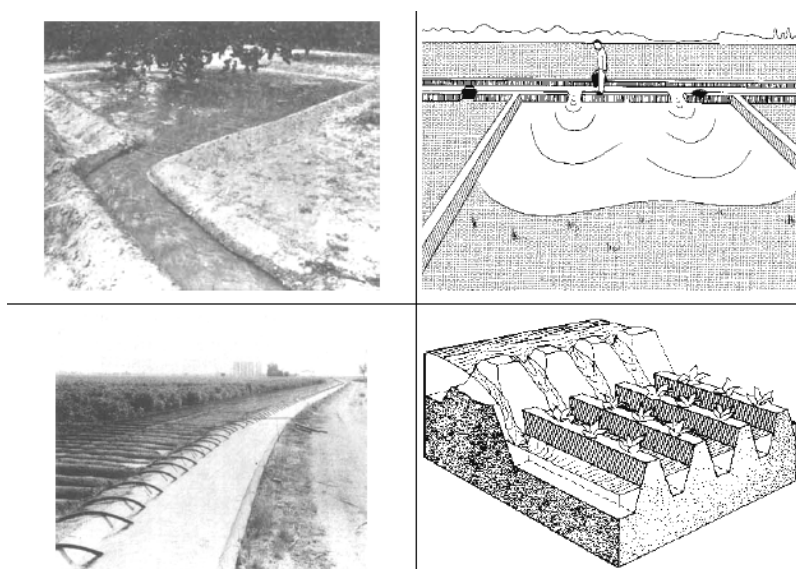
### 2.2.1 Riego superficial

Se aplica directamente sobre el terreno un volumen de agua, considerando el tipo de cultivo a sembrar. La mayoría del agua se pierde.

Técnica empleada:

- Bombeo de agua: Cuando en el terreno agrícola se necesita captar aguas subterráneas.
- Por gravedad: El agua se distribuye a los suelos mediante acequias, canales y conductos. Donde el agua fluye por acción del desnivel o pendiente de los trazos.
- Riego de surcos y surcos alternos.
- Riego por anegamiento o Inundación (arroz).
- Riego por infiltración: cuando un canal puede humedecer en toda su longitud una profundidad de terreno para permitir el humedecimiento de las raíces de las plantas.

Figura 2-1 Métodos de riego superficial

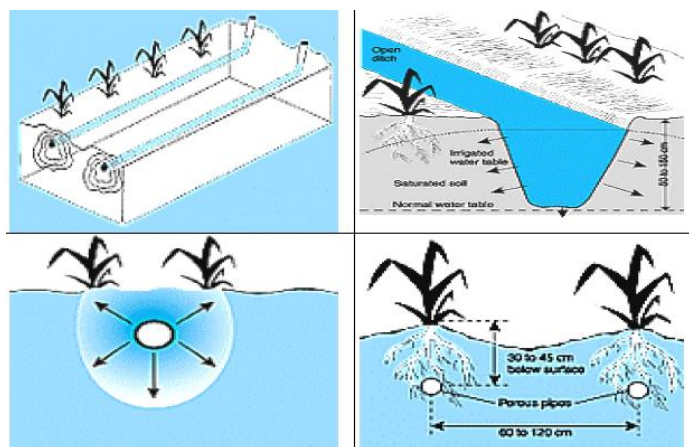


Fuente: Cisneros A. Rodolfo. Apuntes de Riego y Drenaje. (pág.80)

## 2.2.2 Riego sub-superficial

Manteniendo el nivel freático lo suficientemente alto como para posibilitar que por ascensión capilar (capilaridad) el agua llega a las raíces por las plantas. Técnica: drenaje, lavaje de suelos salinos.

Figura 2-2 Formas de riego sub superficial.



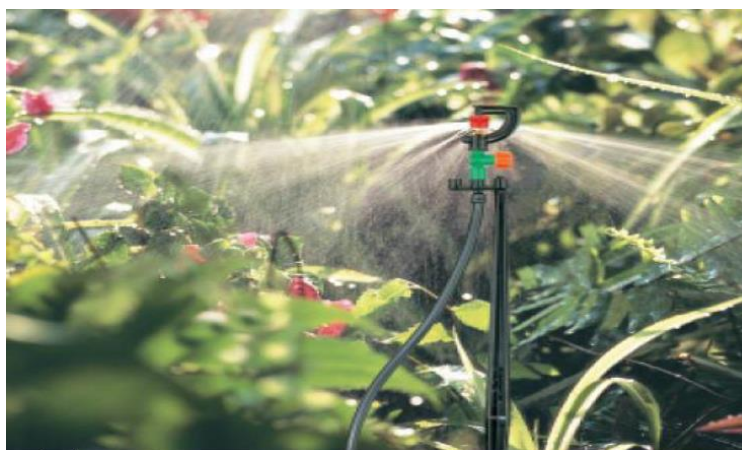
Fuente: Cisneros A. Rodolfo. Apuntes de Riego y Drenaje. (pág.81)

## 2.2.3 Riego tecnificado

### 2.2.3.1 Riego por aspersión

Consiste en aplicar agua a los terrenos agrícolas en forma de lluvia, como medio de obtención de elevadas cosechas y con el objeto de disminuir la masa de agua empleada para el riego. O también el agua se distribuye en forma de lluvia artificial a través de equipo especial de rociado. Es muy utilizado en plantaciones de frutales (agrícola) y en riegos residencial (doméstico), principalmente.

Figura 2-3 Micro aspersor en funcionamiento.



Fuente: Curso de post grado especialidad en Hidrología y Riego Tecnificado (modulo 1).

### 2.2.3.2 Riego por goteo

Esta técnica es la innovación más importante en agricultura desde la invención de los aspersores en los años 1930.

El riego por goteo ha sido utilizado desde la antigüedad cuando se enterraban vasijas de arcilla llenas de agua con el fin de que el agua se infiltrara gradualmente en el suelo. El riego gota a gota moderno se desarrolló en Alemania hacia 1860 cuando los investigadores comenzaron a experimentar la subirrigación con ayuda de tuberías de arcilla para crear una combinación de irrigación y de sistema de drenaje. En los años 1920, tuberías perforadas fueron utilizadas en Alemania, después O.E. Robey experimento el riego por tubería porosa de tela en la universidad de Michigan. Con la llegada de los plásticos modernos después de la segunda guerra mundial, fueron posibles numerosas mejoras. Micro-tubos de plástico y diversos tipos de goteros han sido empleados en invernadero de Europa y en Estados Unidos. La moderna tecnología de riego por goteo fue inventada en Israel por Simcha Blass y su hijo Yeshayahu. En lugar de liberar el agua por agujeros minúsculos, que fácilmente se podrían obstruir por acumulación de partículas minúsculas, el agua se libera por tuberías más largas y más grandes empleando el frotamiento para ralentizar la velocidad del agua en el interior de un emisor (gotero) de plástico. El primer sistema experimental de este tipo fue establecido en 1959 cuando la familia de Blass en el Kibboutz Hatzerim creó una compañía de riegos llamada Netafilm. A continuación,

desarrollaron y patentaron el primer emisor exterior de riego por gota a gota. Este método muy experimentado se ha desarrollado en Australia, en América del Norte y en América del Sur hacia el fin de los años 60. (Parra Figueroa , 2012, pág. 16)

#### 2.2.3.2.1 Descripción del riego por goteo (Mendoza A. E., 2013)

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

La presión se obtiene mediante un equipo de bombeo o por la diferencia de nivel entre la fuente de agua y los emisores; esta diferencia puede ser de 3 a 10 m, de acuerdo al tipo de gotero. Cuando los goteros aplican el agua, esta se infiltra y va formando en el interior del suelo un humedecimiento en forma de cebolla, al cual se le llama “bulbo húmedo”. Este bulbo presenta un diámetro pequeño en la superficie del suelo, pero se ensancha adquiriendo su máximo diámetro a una profundidad de 30 cm aproximadamente. En la superficie del suelo, la parte humedecida por un gotero se une con la de otro después de algún tiempo de riego y forma una franja húmeda a lo largo de la hilera de plantas (figura 2-4).

Figura 2-4 Forma de humedecimiento del riego por goteo en la superficie



Fuente: Mendoza A. Edmundo. Riego por Goteo. (pag.24)

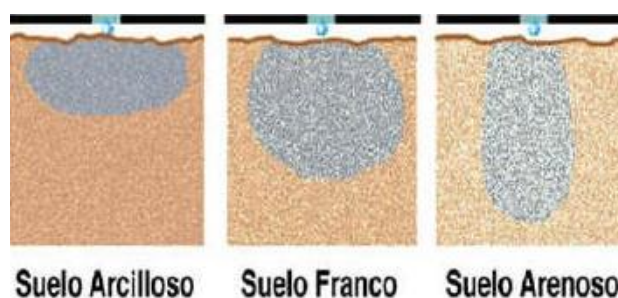
Figura 2-5 Humedecimiento de los goteros en el interior del suelo



Fuente: Mendoza A. Edmundo. Riego por Goteo. (pag.24)

La forma del bulbo está condicionada en gran parte por el tipo de suelo. En los suelos pesados (de textura arcillosa), la velocidad de infiltración es menor que en los suelos ligeros (de textura arenosa), lo que hace que el charco sea mayor y el bulbo se extienda más horizontalmente que en profundidad. Si se aplica la misma cantidad de agua en tres suelos con texturas diferentes, la forma del bulbo variará aproximadamente de la forma como se presenta en la (figura 2-6).

Figura 2-6 Humedad del bulbo según el tipo de suelo

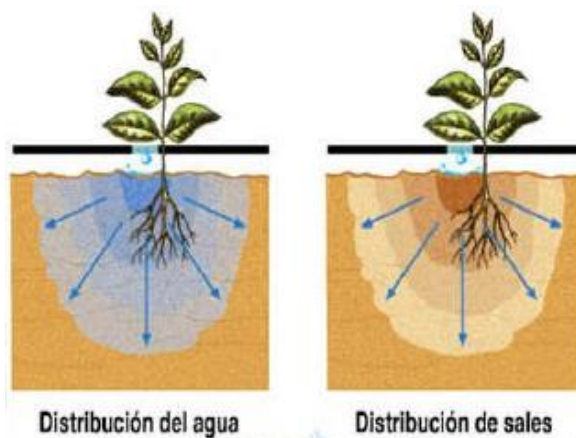


Fuente: Mendoza A. Edmundo. Riego por Goteo. (pag.24)

El humedecimiento varía dentro del bulbo desde el punto más elevado de humedad que se presenta en el sitio de aplicación de la gota de agua y disminuye hacia el perímetro del bulbo. Por su parte, la salinidad tiende a concentrarse en las zonas de mayor tensión de humedad (cerca del perímetro del bulbo). El agua en su movimiento de las zonas de

menor tensión de humedad a las zonas de mayor tensión, arrastran las sales hasta ubicarlas fuera de las zonas de raíces.

Figura 2-7 Distribución del agua y de las sales en el bulbo húmedo



Fuente: Mendoza A. Edmundo. Riego por Goteo. (pag.25)

#### 2.2.3.2.2 Ventajas y desventajas del riego por goteo. (Mendoza A. E., 2013)

##### Ventajas

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

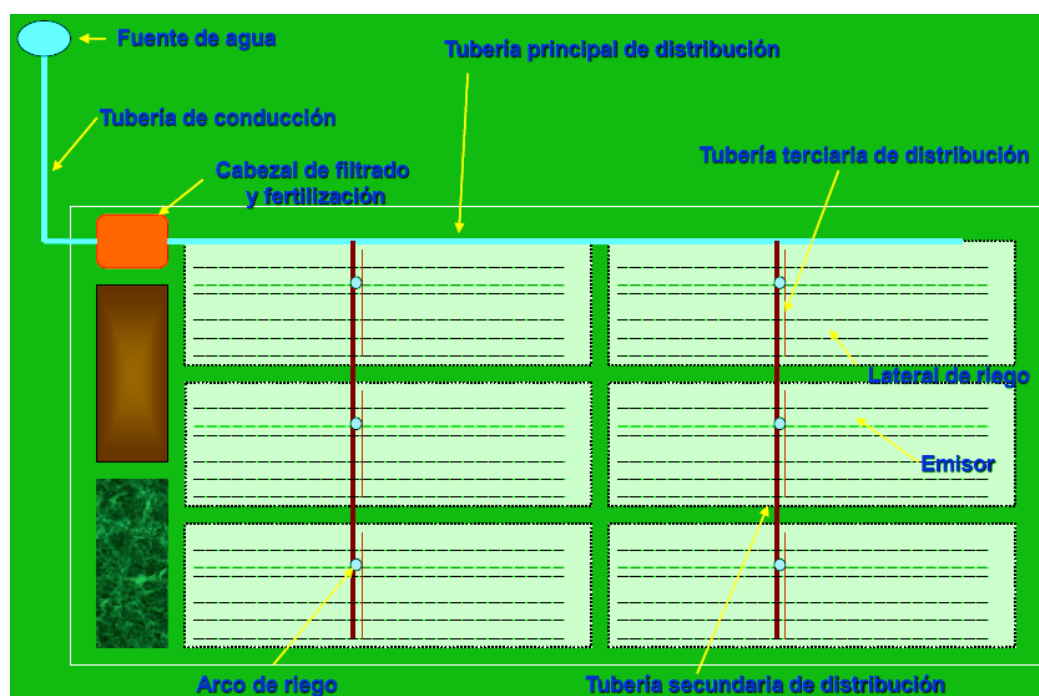
- No existe erosión de los suelos.

#### Desventajas

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

#### 2.2.3.2.3 Componentes de un sistema de riego por goteo

Figura 2-8 Componentes del sistema de Riego por Goteo.



Fuente: Curso de post grado especialidad en Hidrología y Riego Tecnificado (modulo 2).

Una instalación de riego por goteo debe contar como mínimo con los siguientes componentes.

- |                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| – Fuente de agua    | – Cabezal de control |
| – Fuente de energía | – Red de tuberías    |



- Goteros o emisores
- Dispositivos de control

#### 2.2.3.2.3.1 Fuente de agua

La fuente de agua es el lugar de donde se abastece todo el sistema de riego para su funcionamiento y riego del mismo.

Pueden ser de la siguiente manera:

- ❖ Bocatoma o captación es una estructura hidráulica destinada a derivar parte del agua disponible desde un curso de agua.
- ❖ Reservorio es una estructura cerrada que nos permite contener el agua.
- ❖ Canal es una estructura hidráulica que nos permite transportar el agua desde un curso natural de agua.
- ❖ Pozo es una excavación vertical que nos permite extraer agua desde los reservorios naturales que existen en mantos inferiores de la tierra.

Figura 2-9 Fuentes de agua utilizadas en sistema de riego tecnificado



Fuente: Curso de post grado especialidad en Hidrología y Riego Tecnificado (modulo 2).

#### 2.2.3.2.3.2 Fuentes de energía

Para su funcionamiento, los sistemas de riego por goteo necesitan de una fuente de energía para provocar la circulación del agua, superar las pérdidas de energía en el filtrado, tuberías y accesorios, y ofrecer a los emisores la presión necesaria para su funcionamiento. La energía necesaria puede obtenerse mediante equipos de bombeo o mediante la energía

potencial que se genera a partir de la diferencia de nivel entre el sitio de derivación del agua y la parcela de riego. Los equipos de bombeo pueden ser accionados por motores de combustión interna o motores eléctricos. (Mendoza A. E., pág. 25)

Figura 2-10 Fuentes de energía utilizados en sistema de riego tecnificado.

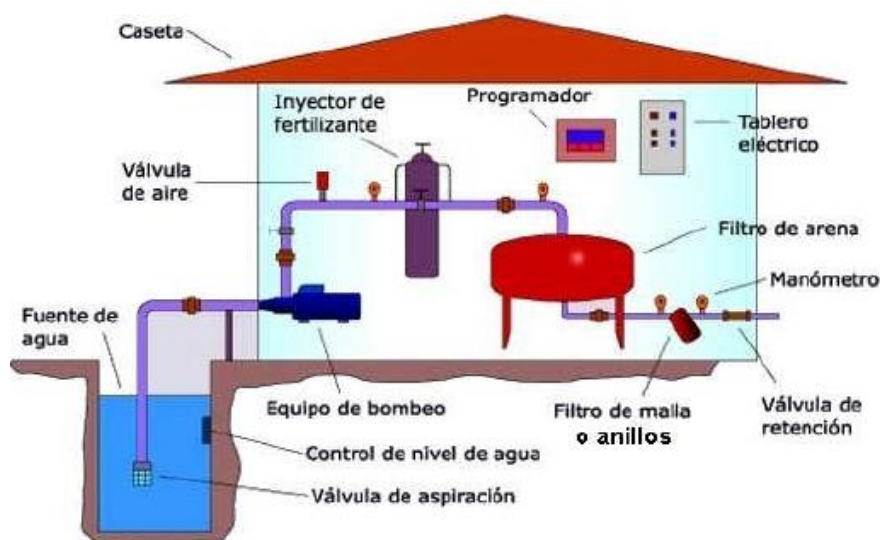


Fuente: Curso de post grado especialidad en Hidrología y Riego Tecnificado (modulo 2).

#### 2.2.3.2.3.3 Cabezal de control

Se llama cabezal de control al conjunto de elementos destinados a filtrar, tratar, medir, inyectar el fertilizante y en general a suministrar el agua a la red de riego. Se incluye, en caso de ser necesario, un equipo de bombeo que dota al agua de la presión necesaria para alcanzar el punto más alejado de la red. Puede formar parte del cabezal o estar alojado en un lugar independiente. Cuando el agua llega al sistema desde una toma de agua localizada en un sitio lo suficientemente alto para proporcionar la presión requerida, no es necesaria la estación de bombeo.

Figura 2-11 Cabezal de control de riego por goteo.



Fuente: Mendoza A. Edmundo. Riego por Goteo. (pag.32)

El sistema de filtrado es uno de los componentes principales del cabezal, se compone por distintos tipos de filtros con los que se busca eliminar las partículas y elementos que lleva el agua en suspensión y que pueden ocasionar obturaciones, principalmente en los emisores.

Otro elemento de vital importancia es que el equipo de fertirriego sirve para incorporar fertilizantes, microelementos, etc. al agua de riego. En forma complementaria, el cabezal de control puede contar con un equipo para la aplicación de químicos para la limpieza y eliminar las obturaciones de los emisores; para la limpieza de los sistemas se puede utilizar cloro o ácido.

En el cabezal de control se localizan también los elementos de medición de caudales y presión de entrada al sistema, así como el registro de las caídas de presión en cada uno de los componentes, los controles de caudal para el sistema, también se localizan en el cabezal de control.

#### – Sistema de filtrado

El sistema de filtrado es el componente principal del cabezal, está compuesto por distintos tipos de filtros con los que se persigue eliminar las partículas y elementos que lleva el agua en suspensión que puedan ocasionar obturaciones en cualquier parte de la red de

riego, principalmente en los emisores. Para evitar las obturaciones se coloca una serie de filtros en el cabezal. Si el agua de riego contiene gran cantidad de sólidos en suspensión, es conveniente realizar un pre filtrado.

Si se dispone de presión en el sistema, se acostumbra utilizar uno o varios hidrociclones, si el agua llega al cabezal sin presión, el mejor sistema para eliminar los sólidos en suspensión son las balsas o los depósitos de decantación. Una vez que las partículas más gruesas se han eliminado, el agua pasa por el equipo de filtrado, quedando lista para su distribución en la red. Fundamentalmente los tipos de filtros utilizados en riego por goteo y que se disponen en el orden que se enumeran son: hidrociclón, de arena, de malla y de anillos o discos.

#### Filtro de anillos

Son de forma cilíndrica y el elemento filtrante es un conjunto de anillos con ranuras impresas sobre un soporte central cilíndrico y perforado.

Figura 2-12 Filtros de Anillos



Fuente: Mendoza A. Edmundo. Riego por Goteo. (pag.36)

Su funcionamiento es el siguiente: El agua es filtrada al pasar por los pequeños conductos formados entre dos anillos consecutivos.

La calidad del filtrado dependerá del espesor de las ranuras. Se pueden conseguir, según el número de ranuras, hasta una equivalencia a una malla de 200 mesh. Su efecto es, en

cierta medida, de filtrado en profundidad, como en el caso de los filtros de arena por lo que, cada vez más frecuentemente, están sustituyendo a estos filtros.

La profundidad del filtrado es la correspondiente al radio de los anillos. Estos filtros son muy compactos y resistentes, admitiendo presiones de trabajo de hasta 10 atm. Al igual que los filtros de arena, pueden retener gran cantidad de sólidos antes de quedar obturados.

La superficie de filtrado es en realidad el área de la sección exterior del cartucho de anillos, por lo que la superficie real de filtrado viene expresada por el número de agujeros o pasos de filtración de un tamaño o luz determinado que se forman en la superposición de dos anillos de un mismo tipo de micraje, es decir, la superficie real de filtrado, vendrá expresada por el número de luces que se formen para un micraje determinado en el área de la sección exterior del cartucho de anillas. Este número de luces tiene un fácil y rápido cálculo expresando el micraje de los anillos en micras (0,001 mm) o Mesh (número de poros existente en una pulgada lineal) (1 Pulgada = 2,54 cm.).

Es muy importante determinar el grado de filtración (mesh) de los anillos según las características de las partículas que contiene el agua, ya que, si bien se pueden con posterioridad sustituir los discos por otros de menor micraje, las pérdidas de carga aumentan y es posible que se tenga que invertir en un filtro mayor o más filtros del mismo modelo.

Al igual que en los filtros de malla, el tamaño de las partículas que es capaz de retener un filtro de anillos se suele dar por medio del número de Mesh. En este caso el número de Mesh para un filtro de anillos se establece por comparación, asignándole el número de Mesh correspondiente al filtro de malla que retiene partículas del mismo tamaño. Existen anillos de diferentes números de Mesh, identificados por colores según la figura 13.

Figura 2-13 Código de colores para filtros de anillo.

Código de colores						
Código						
Mesh	40	80	120	140	200	800
Micrón	400	200	130	100	55	20

Fuente: Mendoza A. Edmundo. Riego por Goteo. (pag.37)

#### 2.2.3.2.3.4 Red de tuberías

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

La red de tuberías del sistema depende del tamaño de la superficie de riego; en sistemas pequeños pueden existir tres tipos de tuberías: principal, múltiple, y laterales o porta goteros.

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

Las tuberías que se utilizan en riego localizado son normalmente de plástico, siendo los materiales más frecuentes el PVC (cloruro de polivinilo) y el PE (polietileno). Las tuberías múltiples y las secundarias se instalan en polietileno o PVC, mientras que la tubería principal normalmente es de PVC, dependiendo de su diámetro.

##### – Tuberías de PVC

El Poli Cloruro de Vinilo (PVC) es un material plástico, sólido, que se presenta en su forma original como un polvo de color blanco. Se fabrica mediante la polimerización del cloruro de vinilo monómero (VCM), que a su vez es obtenido de la sal y del petróleo.

El PVC es un material rígido y bastante frágil por lo que las tuberías de este material, no deben usarse en condiciones donde puedan someterse a presiones externas o impactos.

##### – Tuberías de polietileno (PE)

El polietileno es un termoplástico no polar, semicristalino con distintos grados de reticulación, que se obtiene por polimerización del etileno y plastificantes, llevando incorporado el negro de carbono para proteger las tuberías de la luz solar, conformándose por extrusión.

Se clasificaba en función de la densidad: las tuberías de polietileno son flexibles y fácilmente manejables lo que facilita su instalación incluso de forma mecanizada. Suele emplearse hasta diámetros de 50 milímetros. Existen tres tipos:

PE de baja densidad (PE 32). PE de media densidad (PE 50B). PE de alta densidad

La diferencia entre ellas está en la flexibilidad, dureza y resistencia. Las tuberías de baja densidad son muy flexibles y blandas, mientras que las de alta densidad son menos flexibles, pero resisten mejor a las altas temperaturas y a los productos químicos.

El material más apropiado para los laterales de riego es el PE de baja densidad, con espesor menor de 2 milímetros y presiones máximas recomendadas de 2.5 kg/cm<sup>2</sup>. Los diámetros más utilizados en laterales de goteo son 12 y 16 mm.

Para tuberías terciarias cada vez se utiliza con más frecuencia PE de baja densidad, para facilitar su enrollado en la recolección. (Mendoza A. E., págs. 41-45)

Figura 2-14 tuberías de PVC y tuberías de PE.



#### 2.2.3.2.3.5 Emisores

Los emisores o goteros son los dispositivos por medio de los cuales se aplica el agua al suelo.

Dado que el agua que circula en los laterales de riego posee presión, los goteros disipan la presión del agua de tal forma que sale a la atmósfera sin presión, en forma de gota.

Se clasifican:

- Por su instalación en la tubería.

**En la línea.** - Son aquellos goteros que se instalan cortando la tubería e insertando los extremos del gotero, en los sitios de corte. El agua circula por el interior del gotero, que forma parte de la conducción.

**Sobre la línea.** - (goteros de botón o goteros pinchados), se instalan en la tubería en un orificio realizado con un equipo de perforación, estos goteros se pueden colocar en tuberías de distintos diámetros.

**En integración o integrados.** - Estos goteros se implantan en la tubería de polietileno durante el proceso de extrusión de la misma, con distintos espaciamientos (30 cm, 50 cm, etc.) y distintos caudales, van termosoldados en el interior. En ocasiones los diámetros de las tuberías con goteros integrados son diferentes a los usuales, lo que obliga a utilizar elementos de conexión especiales.

**Cintas de riego.** - Otra clase especial de riego por goteo es la cinta de riego que es una tubería integral de paredes delgadas con orificios en la misma cinta o goteros termosoldados en su interior.

Figura 2-15 Diferentes clases de goteros



Fuente: Mendoza A. Edmundo. Riego por Goteo. (pag.47)



- Por su comportamiento hidráulico.

**Normales o estándar.** - Son goteros que cuanto mayor sea la presión existente más caudal de agua arrojan. Este tipo de goteros a su vez pueden ser de conducto largo, laberinto, orificio.

Figura 2-16 Gotero estándar de 4 l/h desmontable.



**Autocompensantes.** - Son goteros que mantienen el caudal más o menos constante, aunque varíe la presión de entrada, dentro de un determinado rango de presión, al que se denomina intervalo de compensación. Son indicados para lugares donde hay grandes diferencias de presión debidas a desniveles topográficos (ej. tierras de laderas) o cuando existen a lo largo de la tubería lateral grandes pérdidas de carga.

Figura 2-17 Gotero autocompensante de 2 l/h



#### Criterios de selección de los goteros

La selección del gotero está vinculada con la calidad de las aguas, las condiciones de operación deseables en el sistema para satisfacer las necesidades de agua de los cultivos y la eficiencia del sistema. Algunas de las características relacionadas con eficiencia del sistema son:

- Variaciones en el caudal de descarga debido a tolerancia de fabricación.
- Cercanía de la relación descarga – presión a las especificaciones de diseño.
- Exponente de descarga del gotero
- Rango posible de presiones de operación adecuado
- Susceptibilidad a la obstrucción, depósitos de sedimentos y depósitos químicos.

#### 2.2.3.2.3.6 Dispositivos de medida de control y protección

Elementos de medida, los más usuales suelen destinarse para medir el caudal o el volumen de agua o bien la presión en cualquier punto del sistema. Estos elementos son imprescindibles en las instalaciones de riego localizado.

- Medidores de caudal.

Los medidores de caudal son elementos utilizados para medir la cantidad de agua que pasa por un punto en la unidad de tiempo. También son útiles para descubrir la existencia de obturaciones, roturas o fugas. Además, los contadores de volumen, normalmente llamados contadores, permiten realizar un riego controlado, ya que se puede conocer la cantidad de agua que se ha aplicado a un cultivo, independientemente del tiempo que se esté regando. Los medidores de caudal o volumen más usados son los de turbina.

Figura 2-18 Medidor de turbina o contador.



Fuente: Mendoza A. Edmundo. Riego por Goteo. (pag.51)

- Medidores de presión

Con la utilización de los medidores de presión se puede conocer si algún componente del sistema está siendo sometido a presiones de trabajo mayores de las nominales y tiene por tanto riesgos de rotura. También se puede localizar pérdidas de carga excesivas (por ejemplo, en un filtro muy sucio que necesita una limpieza) o si por el contrario hay una presión insuficiente para que un elemento del sistema trabaje correctamente (por ejemplo, un ramal de goteros donde no hay suficiente presión para que los emisores descarguen el caudal de diseño).

Los elementos que miden la presión se llaman manómetros, y los más utilizados son los llamados tipo Bourdon, que tienen un funcionamiento mecánico. Es imprescindible medir la presión, como mínimo, a la salida del equipo de bombeo (para saber la presión de entrada al sistema), y a la entrada y salida de filtros. Además, es aconsejable medirla en la entrada de las unidades de riego y de las tuberías múltiples.

Las unidades de presión más comunes empleadas en los manómetros son las libras por pulgada cuadrada (PSI) o el bar.

Figura 2-19 Medidores de presión.



Fuente: Mendoza A. Edmundo. Riego por Goteo. (pag.52)

- Elementos de protección

Los elementos de protección se instalan para proteger al sistema de sobrepresiones o depresiones, las que coinciden normalmente con la apertura y cierre de válvulas, la puesta en marcha de las bombas, etc. Los más utilizados en riego localizado son las válvulas de aire.

Válvulas de aire:

Son dispositivos que se instalan en las conducciones de agua o en partes especiales del sistema para introducir o evacuar el aire. Se clasifican en:

Purgadores o ventosas monofuncionales: Se encargan de eliminar el aire que se acumula en las tuberías durante un funcionamiento normal.

Ventosas bifuncionales: Sirven tanto para la evacuación del aire acumulado en las tuberías durante su llenado, como para la introducción de este durante su vaciado.

Ventosas trifuncionales: Realiza las tres funciones antes descritas, es decir, purgar, admisión y expulsión de aire. Las ventosas evitan sobrepresiones de las tuberías durante el llenado y depresiones durante el vaciado. En ocasiones se producen bajas de presión que quedan por debajo de la atmosférica y que pueden producir el aplastamiento de las tuberías. En estos casos las ventosas permiten la admisión de aire que funciona a modo de colchón.

En general deben instalarse en los siguientes lugares dentro de un sistema de riego localizado:

- Puntos altos de la instalación.
- Tramos largos con pendientes uniformes.
- Cambios de pendientes en las tuberías.
- Salidas del equipo de bombeo.

Figura 2-20 Válvulas de aire.



Fuente: Mendoza A. Edmundo. Riego por Goteo. (pag.52)

### 2.3 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

La evaluación de una instalación de riego localizado es un procedimiento por el que se puede comprobar su correcto funcionamiento de forma que se pueda cumplir el objetivo primordial del riego, satisfacer las necesidades de agua del cultivo. También permitirá valorar si los materiales, características de diseño, mantenimiento y manejo son adecuados, así como comprobar si todo el cultivo recibe la misma cantidad de agua. (Junta de Andalucía Consejería de Agricultura y Pesca, pág. 2)

La evaluación del sistema consiste en una prueba en condiciones reales de campo que mide la calidad del riego sobre la base del control de los parámetros implicados en la aplicación del agua, viene definida fundamentalmente a través de medidas de uniformidad, que dan idea de la igualdad con que el agua de riego se reparte en los distintos puntos de la parcela. Esta evaluación es la base para la identificación de los problemas que presenta la instalación y de las modificaciones a realizar para mejorar el manejo del sistema y su uniformidad de reparto de agua. (Mendoza & Rodriguez, 2012)

#### 2.3.1 Tipos de evaluación

Entre los diferentes tipos de evaluación tenemos los siguientes: (Mendoza & Rodriguez, 2012)

- Evaluación técnica

Es la medición de parámetros técnicos del riego por goteo que intervienen en la aplicación del agua al suelo en cultivos regados.

- Evaluación de funcionamiento observado

Consiste en realizar un recorrido del sistema a evaluarse, observando minuciosamente su funcionamiento y determinando los problemas existentes mediante la utilización de un registro.

- Evaluación de funcionamiento medido.

Consiste en realizar todas las mediciones requeridas para su evaluación. Estas mediciones deben ser de todos los elementos que constituyen el sistema de riego con la finalidad de evaluar su funcionamiento.

La evaluación se concreta en los siguientes puntos:

- Determinar la uniformidad en la distribución del agua de riego.
- Detectar los problemas de funcionamiento de la instalación y plantear soluciones sencillas para resolverlos.

## 2.4 ¿CUÁNDO REALIZAR UNA EVALUACIÓN?

Para conocer el estado de las instalaciones es necesario realizar una evaluación del sistema de riego:

- Una vez finalizada la instalación del sistema. De esta forma se garantiza al agricultor el funcionamiento adecuado de la instalación, de acuerdo con lo proyectado.
- Durante la campaña de riegos. Se deberá realizar un control de la uniformidad del volumen de agua aplicada al principio y a mediados de la campaña de riegos.
- Cada vez que se sospeche la existencia de algún problema en la instalación (obturaciones, fugas, mal dimensionado, etc.) que cambie la uniformidad del riego.

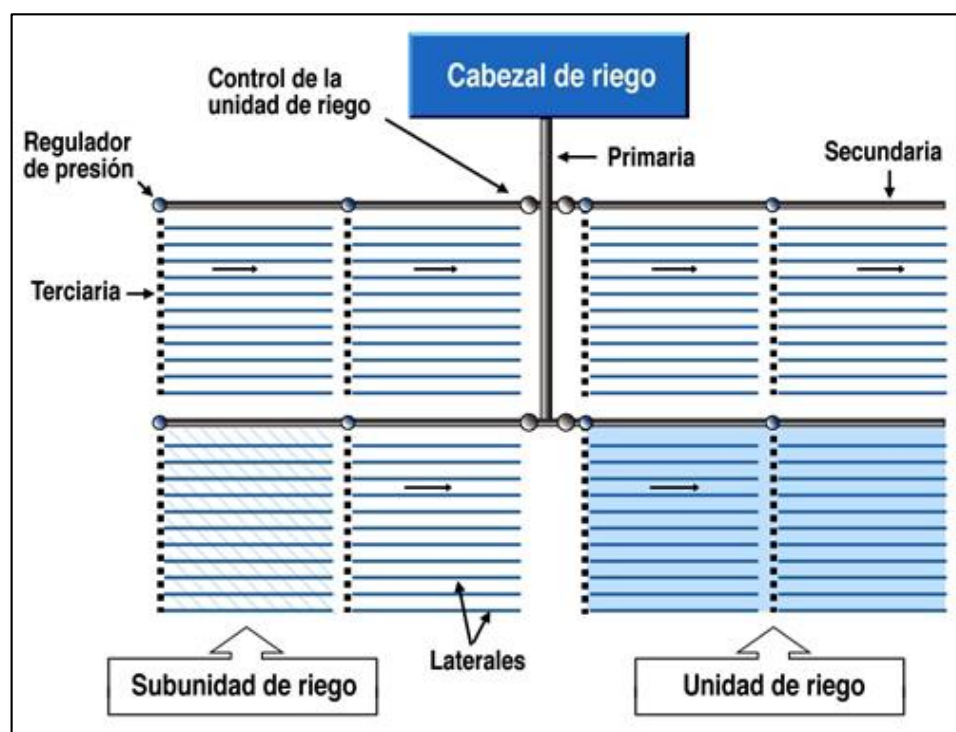
## 2.5 EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

En este apartado se evalúan los siguientes aspectos de la instalación:

### 2.5.1 Unidades de riego

Se denomina unidad de riego al conjunto de subunidades que se riegan de forma simultánea desde un mismo punto, que se sitúa normalmente al inicio de una tubería secundaria. Se llama subunidad de riego a la superficie regada por un conjunto de laterales que toman el agua de una tubería terciaria común. Al realizar la evaluación se anotará el número de unidades de riego, la superficie de cada una de ellas y el número de subunidades de las que constan. Es conveniente realizar un croquis con la disposición de las unidades y subunidades de riego, en el que se incluyan las superficies.

Figura 2-21 Esquema de un sistema de riego localizado.



Fuente: Junta de Andalucía C. A. y P. Procedimiento para la realización de evaluaciones de riego localizado.

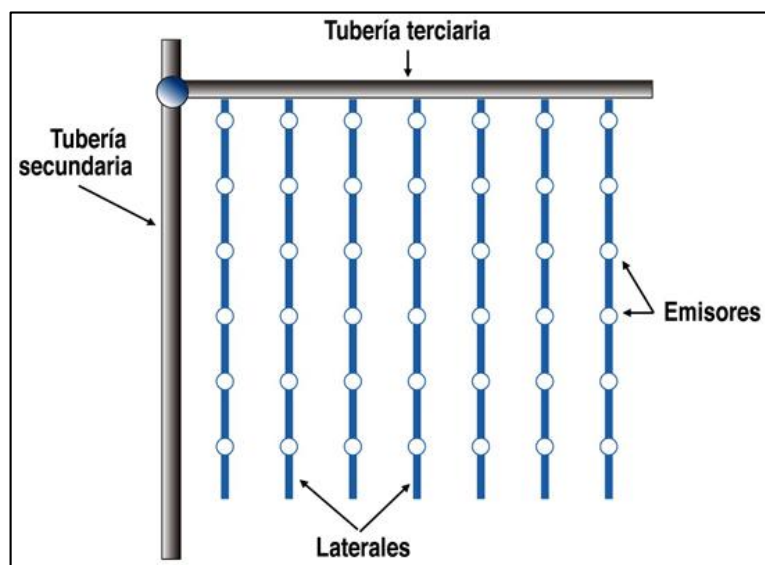
### 2.5.2 Laterales y emisores

La evaluación de los emisores consistirá en la toma de datos acerca de su tipo y caudal nominal, del diámetro mínimo de paso de agua y por último de los distintos tratamientos que se realizan para prevenir obturaciones.

La detención de fugas y roturas tanto laterales como en los emisores es fundamental.

De igual forma la detención y eliminación de obturaciones en los emisores ayudará a conseguir una mayor uniformidad de aplicación del agua en el cultivo, y por lo tanto una mayor producción, homogeneidad de la producción y un mayor rendimiento del cultivo. (Mendoza A. E., pág. 85)

Figura 2-22 Esquema de la distribución de laterales y emisores.



Fuente: Junta de Andalucía C. A. y P. Procedimiento para la realización de evaluaciones de riego localizado.

## 2.6 DIAGNÓSTICO DE UN SISTEMA DE RIEGO

El diagnóstico de un sistema de riego es un análisis minucioso de los componentes, verificando si éstos están funcionando correctamente o en los lineamientos de lo aceptable. El diagnóstico se realiza para verificar si el sistema de riego está funcionando correctamente pero no es el mismo análisis que una evaluación de un sistema de riego, este es más profundo llegando a analizar los componentes de manera individual.

## 2.7 MARCO CONCEPTUAL

**Filtro hidrociclón:** Son aparatos que pueden hacer las funciones de prefiltro, normalmente se instalan dentro del cabezal, cuando el agua fundamentalmente se encuentra contaminada por arenas.

**Termoplástico:** Que se ablanda por la acción del calor y se endurece al enfriarse, de forma reversible.



**Extrusión:** La extrusión es un proceso utilizado para crear objetos con sección transversal definida y fija. El material se empuja o se extrae a través de un troquel de una sección transversal deseada.

**Mesh:** Se define como el número de orificios por pulgada lineal, contados a partir del centro de un hilo, así se dice una malla de 120 mesh o 120 orificios.

**Biocidas:** Los biocidas pueden ser sustancias químicas sintéticas o de origen natural o microorganismos que están destinados a destruir, contrarrestar, neutralizar, impedir la acción o ejercer un control de otro tipo sobre cualquier organismo considerado nocivo para el hombre.

**Anegamiento:** Se nombra así a la inundación de un terreno mediante agua.

**Termosoldados:** La termo soldadura es un proceso mediante el cual dos materiales funden juntos por acción del calor y presión produciendo una unión entre ambos suficiente para asegurar la integridad y hermeticidad del cierre durante su almacenaje y comercialización.

**Advección:** El proceso de transporte de una propiedad atmosférica, como el calor o la humedad, por efecto del viento

**CAPÍTULO III**  
**METODOLOGÍAS**

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍAS**

#### **3 METODOLOGÍAS DE ESTUDIO**

##### **3.1 METODOLOGÍA PARA EL DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE RIEGO**

Para realizar un diagnóstico se tienen que seguir los siguientes pasos:

1. Se debe tener el diseño del sistema de riego, aunque no esté completo pero lo básico como ser, el diseño hidráulico del sistema, los planos y las memorias de cálculo.
2. Verificar el diseño mediante el cálculo realizado nuevamente de los componentes en evaluación.
3. Realizar la visita de campo para verificar visualmente como está el sistema de riego.

Se debe comenzar con la visita al reservorio, verificar si está lleno, observar si el agua que está almacenando está limpia.

Proceder a la apertura de llaves para poner en funcionamiento el sistema de riego.

Hacer el recorrido a la tubería de distribución viendo si existen algunas fallas notorias en la red verificando los diámetros de las tuberías al momento de abrir las cámaras de llaves.

Ir observando las cámaras de llaves para ver si algunas tienen algún desperfecto o fuga de agua en las tuberías.

Se dirige hacia la parcela, se abre la caseta del cabezal de riego y se comienza a verificar si el cabezal cuenta con todos los componentes planteados en el diseño del sistema de riego.

Se procede al ingreso de la unidad de riego para hacer las verificaciones de los laterales si son de los diámetros respectivos como también si cumplen con las separaciones establecidas en diseño, si la terciaria cumple con el diámetro y si los goteros cumplen con las separaciones establecidas.

4. Análisis del sistema construido o en funcionamiento (situación actual del proyecto).
5. Se procede al análisis comparativo del diseño – construcción del sistema, con los datos recolectados en gabinete para ir verificando si el sistema está bien o está mal.
6. Soluciones a las fallas o inconvenientes encontrados en el sistema de riego.
7. Se deberá realizar una entrevista al regante para verificar aspectos sobre el riego y de operación y mantenimiento del sistema.

## 3.2 METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

### 3.2.1 Material necesario para la evaluación

El material necesario para realizar la evaluación de una instalación de riego localizado se nombra a continuación:

- Vasos de plástico para la recogida del agua de los emisores.
- Manómetro de glicerina de 1 – 6 bares.
- Aguja conectora para el manómetro (para medida de la presión).
- Cronómetro.
- Cinta métrica de 25 o 50 m.
- Probeta graduada en unidades de mililitros.
- Tapones para el sellado de la perforación de la aguja conectora.
- Conector para la tubería de polietileno. En conjunto con el manómetro permite medir presiones en la cola de los laterales.
- Cinta teflón para sellar bien las uniones de manómetros con los conectores y demás.

Las fotografías de los elementos necesarios para la evaluación se encuentran en el anexo “E”.

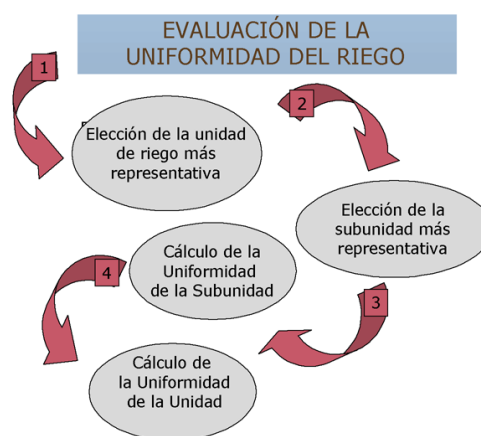
### 3.2.2 Descripción de la metodología

Para evaluar la uniformidad de un sistema de riego localizado se elegirá la unidad de riego más representativa de la instalación. Una unidad representativa será aquella de tamaño medio, con una pendiente que represente la media de la instalación, que esté situada a ser

posible en una zona central y cuyos laterales tengan una longitud media. Se evaluará también, si se considera necesario, la unidad que represente las condiciones más desfavorables, es decir, la unidad más alejada o cercana al cabezal de riego, con laterales o tuberías terciarias más largas y con pendientes mayores.

Una vez seleccionada la unidad de riego, se elegirá una de sus subunidades (también la más representativa) a la que se hará la evaluación. En primer lugar, se determinará la uniformidad de distribución de la subunidad elegida y posteriormente la de la unidad de riego.

Figura 3-1 Pasos a seguir en una evaluación de uniformidad de riego



Fuente: J. de Andalucía C. A. y P. Procedimiento para la realización de evaluaciones de riego localizado.

Durante la evaluación es necesario realizar el recorrido completo siguiendo la línea de la red de riego enterrada para observar posibles filtraciones que pueden evidenciarse por humedad superficial que se observa a nivel el suelo en sectores donde debería estar seco. Del mismo modo revise todas las conexiones y uniones expuestas en el cabezal asegurándose que no existan roturas ni uniones deficientes que generen pérdidas de agua por infiltración.

### 3.2.2.1 Evaluación de presiones en la red de distribución

Existen lugares claves donde se debe verificar la presión de operación del sistema en la red de distribución:

### 3.2.2.1.1 Sectores de riego

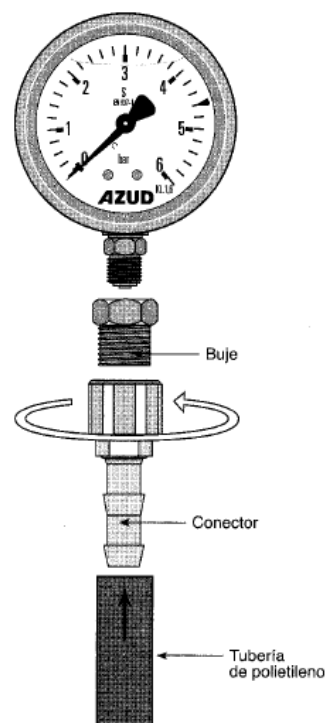
Esencialmente esta debe ser verificada en cada uno de los sectores de riego después de la válvula de ingreso al sector si existiesen manómetros instalados para su medición de presión.

### 3.2.2.1.2 Laterales

La presión debe ser medida al final de la línea lateral o cola.

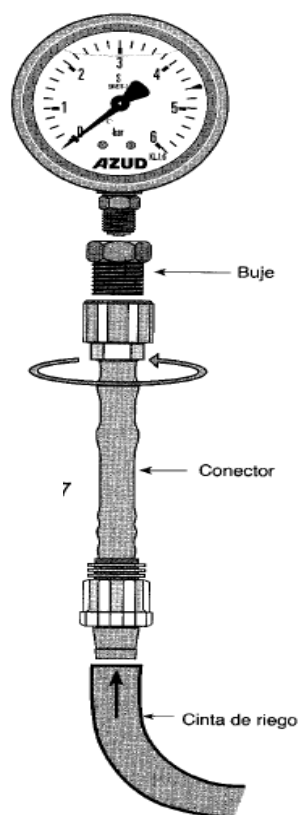
- En el caso de tuberías laterales de polietileno (PE), tome el conector, en el extremo con cinta teflón enrosque el manómetro, en el otro extremo del conector inserte la tubería de polietileno (PE). (Ver la figura 3-2)

Figura 3-2 Ejemplo de conexión a una tubería lateral de (PE).



- En el caso de cintas de riego utilice el conector de cinta para polietileno de 16 mm, al igual que en caso anterior, atornille en primer lugar el manómetro al conector para posteriormente insertar el conjunto en el extremo de la cinta de riego. (ver figura 3-3).

Figura 3-3 Ejemplo de conexión a una cinta de goteo.



### 3.2.2.2 Evaluaciones de presión a la entrada del lateral

- La aguja conectora se enrosca al manómetro con un poco de cinta teflón para mayor enrosque, una vez que sea una pieza con el manómetro se hace presión y se pincha la tubería de polietileno (PE) luego se lectura la presión y se coloca un tapón para sellar la perforación ocasionada.

Las presiones medidas deben coincidir con las definidas en el diseño hidráulico del sistema, tanto para los sectores y colas en los laterales.

Es importante asegurarse que los manómetros funcionen bien, la exposición prologada al medio ambiente acorta su vida útil, es aconsejable contar siempre con un manómetro extra de apoyo. En general se recomiendan los manómetros sellados con glicerina líquida en su interior, por su mayor durabilidad.

### 3.2.2.3 Evaluación de la subunidad o sector de riego

Es importante caracterizar el sector de riego, con datos como marco de plantación, tipo de emisor, su caudal y presión de operación, número de emisores por planta, etc. En base a esta información podrá obtener el caudal total del sector y demás controlar la presión en los laterales, verificando funcionamiento de los emisores.

Una manera de evaluar el sistema de riego y específicamente, verificar la operación de los sectores de riego, es a través de la utilización de dos coeficientes: El coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUC) y el Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUP).

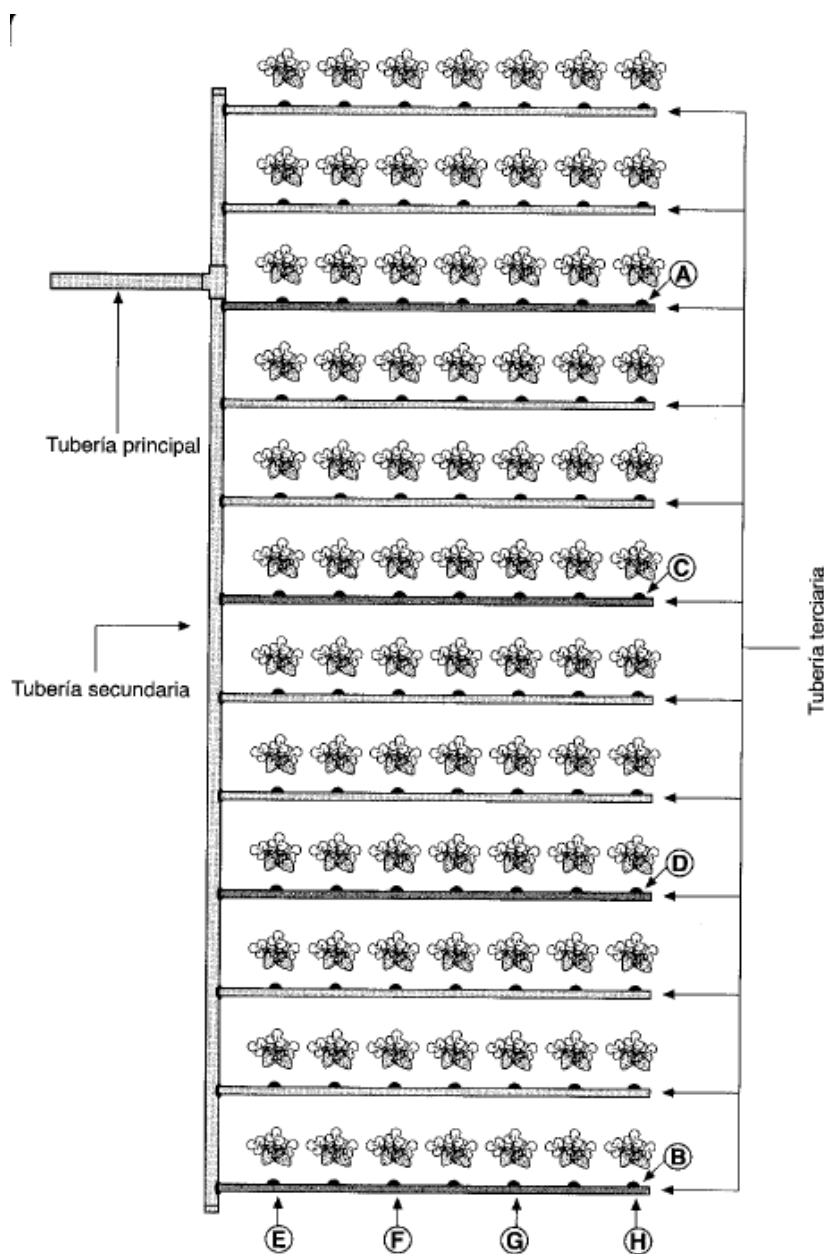
Los problemas que se derivan de una mala uniformidad se traducen en una mala distribución de agua en la parcela.

En primer lugar, determinaremos el coeficiente de uniformidad en el sector elegido según la siguiente metodología:

- Se pondrá a funcionar la instalación de acuerdo con las condiciones normales de manejo.
- En la subunidad o sector de riego se escogerán 4 tuberías laterales A, B, C y D.
  - A La más cercana al punto de alimentación de la tubería terciaria.
  - La más alejada B de este punto.
  - Las otras dos estarán situadas a un tercio C y a dos tercios D de la longitud que separe a las dos primeras, como se aprecia en la figura
- En cada uno de estos laterales se seleccionarán 4 emisores.
  - El más cercano E al punto de alimentación de la tubería terciaria.
  - El más alejado F de este punto.
  - Las otras dos estarán situadas a un tercio G y a dos tercios H de la longitud que separe a las dos primeras, como se aprecia en la figura 3-4.
- Durante un tiempo de 1 minuto se recogerá en un recipiente el agua que salga por los emisores seleccionados. Estos volúmenes se medirán mediante probeta graduada y el resultado se anotará en el formulario preparado para ello.



Figura 3-4 Esquema de la metodología de toma de muestras.



En cintas de riego mediante un recipiente adecuado en base a una tubería PVC cortada longitudinalmente por la mitad, se recogerá el agua que salga en un metro de tubería en cada una de las localizaciones anteriores, esto es, 16 por unidad.

- Se tomará presiones al inicio y final de cada uno de los laterales objeto de la medición, esto se debe hacer como se indicó en evaluaciones de presión de la red al inicio del lateral y en la cola de éste con manómetro y conector. La información de presiones en el lateral son índices de buen funcionamiento y la diferencia de

presión de operación entre el primer y último emisor en el sector no deben ser superior a un 10% de la presión de operación del emisor.

- Una vez conocido el caudal en cada uno de los emisores seleccionados, se calculará el coeficiente de uniformidad de la sub unidad de riego.

### 3.2.2.3.1 Cálculo de coeficientes de uniformidad de caudales (CUC)

Primero: Se calcula la media de los caudales de los emisores que representan la cuarta parte de más bajo caudal ( $\bar{Q}_{25\%}$ ).

Segundo: Se calcula la media de los caudales medidos en todos los emisores ( $\bar{Q}_m$ ).

Tercero: Una vez conocida los valores de  $\bar{Q}_{25\%}$  y  $\bar{Q}_m$  se calcula el CUC mediante la siguiente fórmula:

$$CUC(\%) = \frac{\bar{Q}_{25\%}}{\bar{Q}_m} * 100$$

### 3.2.2.3.2 Cálculo del coeficiente de unidad de presiones (CUP)

Para concluir el estudio de la uniformidad de la subunidad de riego, se calcula el (CUP), que determina cómo de homogénea es una subunidad de riego localizado en cuanto a las presiones medidas en los emisores. Para calcular este coeficiente se medirán las presiones en cada uno de los emisores elegidos siempre que sus características o forma de inserción lo permitan. Con los datos de presión obtenidos:

Primero: Se calcula la media de las presiones medidas en los emisores que representan la cuarta parte de más baja presión ( $\bar{P}_{25\%}$ ).

Segundo: Se calcula la media de las presiones medidas en todos los emisores ( $\bar{P}_m$ ).

Tercero. Una vez conocidos los valores de  $\bar{P}_{25\%}$  y  $\bar{P}_m$  se calcula el CUP mediante la siguiente fórmula:

$$CUP(\%) = \left( \frac{\bar{P}_{25\%}}{\bar{P}_m} \right)^x * 100$$

Donde:

$x$  = Es el exponente de descarga y se trata de una característica del emisor que debe ser facilitada por el fabricante u obtenida en banco de pruebas.

La determinación del (CUP) permite detectar las posibles diferencias de presiones que se puedan producir a lo largo de la red de riego, solucionándoles, por ejemplo, mediante la instalación de un regulador de presiones. Pero el valor de (CUP) no es necesario para el cálculo de la uniformidad de la instalación.

### 3.2.2.3.3 Uniformidad de la instalación

Una vez conocida la (CUC) de la subunidad de riego localizado se podrá calcular el coeficiente de uniformidad de la unidad (CU) mediante la siguiente fórmula:

$$CU(\text{unidad}) = f_c * CUC(\text{subunidad})$$

Donde  $f_c$  es un factor de corrección que depende de la diferencia entre las presiones de las subunidades que forman parte de la unidad que se está evaluando. Para calcular el factor de corrección, habrá que medir la presión más desfavorable en cada tubería terciaria de la unidad. Para realizar estas medidas habrá que tener en cuenta si la tubería terciaria está situada a favor o en contra de la pendiente:

- Si la tubería terciaria está a nivel o en contra de la pendiente, la presión más desfavorable se medirá al final de la tubería, donde comience el último lateral.
- Si la tubería terciaria está colocada a favor de la pendiente, la presión más desfavorable se podrá medir aproximadamente en los 2/3 de su longitud. La primera vez que se realice esta prueba es conveniente medir varias veces al final de la tubería terciaria por si acaso el punto situado a los 2/3 no fuese el de menor presión. Si resultara otro punto distinto a éste, se marcaría en la tubería, se tomaría la nota en el formulario de campo y éste sería el punto de referencia para todas las evaluaciones posteriores.

Una vez medida la presión más desfavorable de cada tubería terciaria de la unidad se calcula  $\bar{P}'_{25\%}$  y  $\bar{P}'_m$  siendo:

- $\bar{P}'_{25\%}$  la media de las presiones medidas en las tuberías terciarias que representan la cuarta parte de más baja presión.
- $\bar{P}'_m$  la media de todas las presiones medidas en las tuberías terciarias de la unidad.

Con estos valores,  $f_c$  se calcula como:

$$f_c(\%) = 100 * \left( \frac{\bar{P}'_{25\%}}{\bar{P}'_m} \right)^x$$

Donde:  $f_c$  = Factor de corrección por diferencia de presión en las subunidades.

Teniendo en cuenta que  $x$  es el exponente de descarga, el mismo que se ha utilizado para calcular la CUP en la subunidad. Finalmente, el coeficiente de uniformidad (CU) de la instalación será igual a la uniformidad calculada para la unidad elegida como representativa de la instalación. Es preciso recordar que para que esto se pueda considerar válido, las subunidades y unidades de riego deben ser relativamente homogéneas en cuanto a superficie y forma. No debe caerse, por tanto, en la rutina de hacer la evaluación en una unidad cualquiera y dar por buena o mala la uniformidad de toda la instalación.

$$CU(\text{instalacion}) = CU(\text{unidad})$$

Dependiendo del valor de CU obtenido, la calificación de la instalación será la siguiente:

Tabla 3-1 Valores del coeficiente de uniformidad para su respectiva calificación.

VALOR DE LA UNIFORMIDAD DE DISTRIBUCIÓN	CALIFICACIÓN
Mayor de 95 %	EXCELENTE
De 85 a 95 %	BUENA
De 80 a 85 %	ACEPTABLE
De 70 a 80 %	POBRE
Menor de 70 %	INACEPTABLE

Fuente: (Instituto de investigación agropecuarias centro regional de investigación Rayentue, pág. 49)

**CAPÍTULO IV**  
**APLICACIONES PRÁCTICAS**

## CAPÍTULO IV

### APLICACIÓN PRÁCTICA

#### 4 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE RIEGO

##### 4.1 SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO “JAILIA”

###### 4.1.1 Datos generales

Departamento: Chuquisaca

Provincia: Sud Cinti

Municipio: Camataqui-Villa Abecia

Comunidad: Jailia

Nombre del proyecto: Estudio a diseño final sistema de riego Jailia Fase 3.

###### 4.1.2 Ubicación del proyecto

El sistema de riego “Jailia” se encuentra ubicado en la provincia Sud Cinti del departamento de Chuquisaca, en la comunidad de Jailia. Muy cerca de la capital de la provincia llamada Villa Abecia.

La comunidad presenta los siguientes límites:

Norte: Comunidad de Kollpa.

Sur: Comunidad de Hiquerayoc.

Este: Comunidad Los Sotos.

Oeste: Comunidad de Achuma.

Las coordenadas de ubicación son:

Latitud sur: 20° 55” 41”

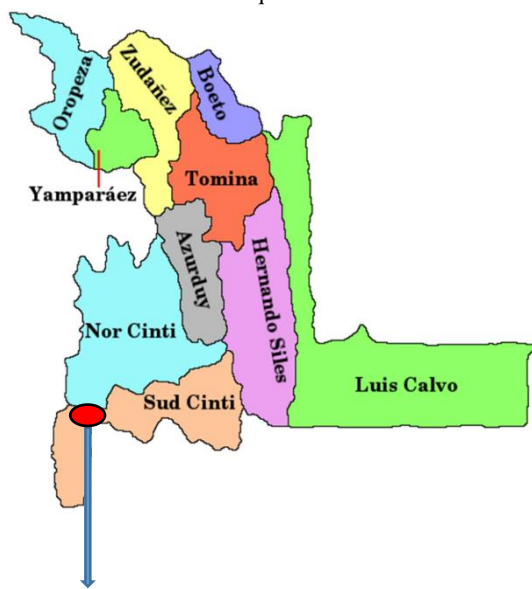
Longitud oeste: 65° 16” 19”

Mapa de ubicación:

Figura 4-1 Mapa geográfico de Bolivia.



Figura 4-3 Mapa geográfico del departamento de Chuquisaca.

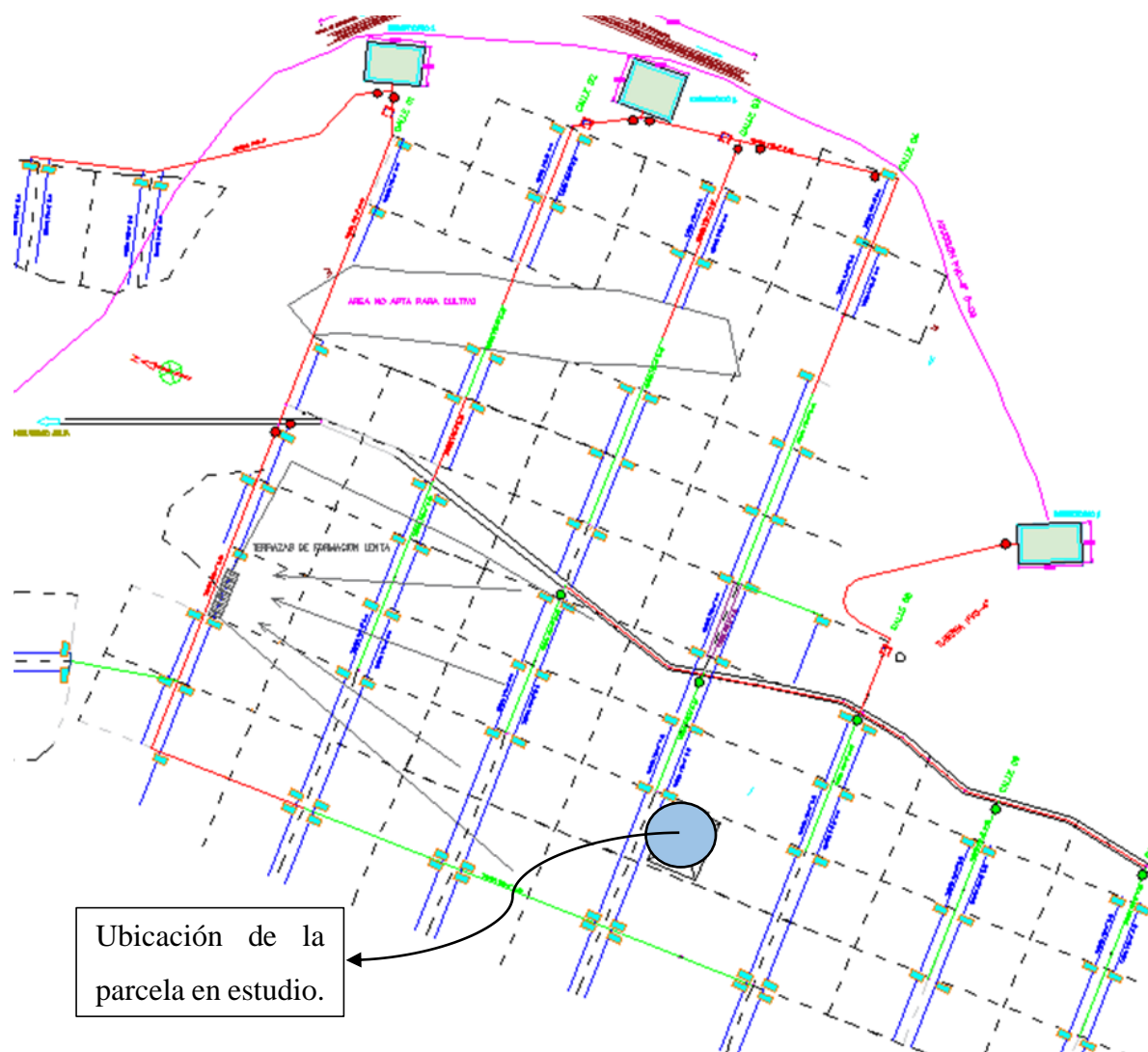


Ubicación geográfica del proyecto

Figura 4-2 Mapa de la provincia Sud Cinti



Figura 4-4 Sistema de riego Jailia



#### 4.1.3 Descripción técnica del proyecto

Esta descripción del proyecto fue realizada por la entidad ejecutora, se la hizo al momento de la ampliación del sistema de riego, donde se puede informar de manera general de que está compuesto el sistema de riego Jailia. Que se presentan en detalle a continuación.

##### Obra de toma

Es una obra de toma lateral se encuentra en la comunidad de Achuma, no se cuenta con datos más precisos de la obra de toma porque no se pudo obtener el proyecto. Fue la primera fase que contemplaba la obra de toma y la aducción del sistema de riego.



### Aducción

Durante el proyecto, se instaló tubería a presión de 8 pulgadas en una longitud de 6600 metros. Con la cual se asegura que llegue la cantidad de 70 lt/seg a los reservorios del sector de La Pampa, el agua proveniente viene de la cuenca del Río Achuma.

### Reservorios

En el proyecto se contempla la construcción de 3 reservorios en el sector de La Pampa que tienen las siguientes capacidades de almacenaje:

Reservorio 1	711.72 m <sup>3</sup>	Reservorio 3	<u>9531.58 m<sup>3</sup></u>
--------------	-----------------------	--------------	------------------------------

Reservorio 2	5419.51 m <sup>3</sup>
--------------	------------------------

Los reservorios contemplan la construcción de sus respectivas cámaras de salida y los implementos necesarios de filtración para el riego por goteo.

### Distribución sector La Pampa

Cada reservorio tiene su sistema separado de distribución para que llegue a las parcelas de acuerdo al siguiente detalle:

Distribución reservorio 1	1373 m PVC 2"
---------------------------	---------------

Distribución reservorio 2	4030 m PVC 2"
---------------------------	---------------

<u>Distribución reservorio 3</u>	<u>1777 m PVC 2"</u>
----------------------------------	----------------------

Para la distribución del agua a los diferentes ramales se instalarán cámaras de llaves con las que se asegura la distribución adecuada a cada sector. En la entrada a las parcelas se construirán cabezales para que se conecte la tubería secundaria que servirá para que se conecten las mangas de riego por goteo.

### Parcelario sector La Pampa

Consiste en la construcción de la distribución secundaria por tubería de 2" en una longitud total de 5500 metros. De acuerdo al cultivo (vid), el espaciamiento de las mangas de goteo que serán conectados directamente a las tuberías de distribución secundarias es de 3

metros. Se instalará una longitud total de 216650 metros de mangas para goteo que contemplan los goteros con una capacidad de 2 - 4 Lt/hr.

#### 4.1.3.1 Análisis de la calidad del agua

La interpretación de los resultados de los análisis de agua son los siguientes:

Los agricultores de la zona utilizan el agua para riego desde hace muchos años atrás, hasta ahora no han tenido problemas. Sin embargo, como es mejoramiento del sistema de micro riego se realizó el análisis de agua con la finalidad de determinar su calidad con fines de riego, considerando los parámetros técnicos existentes para el mismo. Es imprescindible calcular el valor de la Relación de Absorción de Sodio (RAS), la misma se determina en base a los cationes solubles de Ca, Mg y Na de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}}$$

Donde:

Na = sodio, Ca = calcio, Mg = magnesio.

El valor del RAS tiene un valor de 2.33 el mismo corresponde a la clasificación sódica S1, ello implica que no existe peligro de intercambio de sodio (Na) por otros cationes en el complejo coloidal del suelo, no limita los rendimientos de los cultivos propuestos. Considerando la caracterización química del agua para fines de riego y de acuerdo a los resultados obtenidos a través del análisis en laboratorio, se puede concluir lo siguiente:

La concentración de cloruros es considerada bajo para ser tóxico, no hay problemas para los cultivos propuestos en el proyecto, se adjunta análisis de laboratorio ver Anexo "A".

#### Clasificación de aguas con fines de riego

Con los valores de la conductividad eléctrica (CE) y la relación de absorción de sodio (RAS), se ha interpretado mediante el uso del Diagrama para la Clasificación de las Aguas para Riego, según el procedimiento del U.S.D.A. (SALINITY LABORATORY STAFF) Ver Anexo "A". El resultado de esta interrelación corresponde a la clasificación C3 y S1 por lo tanto el significado e interpretación de esta clase de agua es la siguiente:

Clasificación salina: C3.- Agua altamente salina, que puede utilizarse para el riego en cultivos tolerantes a las sales y en suelos con drenaje adecuado y prácticas de control de salinidad.

Clasificación sódica: S1.- Agua baja en sodio, que puede utilizarse para riego en la mayoría de los cultivos y suelos, con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable.

#### 4.1.3.2 Análisis de suelos

El análisis de laboratorio de los suelos se encuentra en el anexo “A”

#### 4.1.3.3 Resumen de resultados de los cálculos hidráulicos

El resumen de los cálculos realizados para los distintos componentes del sistema de riego son los siguientes:

##### 4.1.3.3.1 Aducción

El agua que llega del río Achuma se distribuye para los tres reservorios mediante tuberías de 8 pulgadas clase-9 de PVC (cloruro de polivinilo). Con un caudal de 70 l/h que transporta para el llenado de los reservorios.

##### 4.1.3.3.2 Reservorio

El reservorio N° 3 es el que riega la parcela evaluada, tiene una capacidad de almacenamiento de 9531.58 m<sup>3</sup> con una dimensión del espejo de agua de 50x80 metros. Ver los cálculos en el anexo “B”.

El número de parcelas que abastece este reservorio es de 28 unidades. La tubería de distribución del reservorio a las parcelas es de 4 pulgadas clase 9 hasta una llave de paso de 3 pulgadas, luego se distribuye con tuberías de 3” de PVC clase 9 hasta el cabezal y de ahí tubería de 2” clase 9 de PVC para la distribución de las líneas de goteo.

##### 4.1.3.3.3 Diseño hidráulico de la red

El detalle de los cálculos de la red de distribución se encuentra en el anexo “B”.

#### 4.1.3.3.4 Selección de goteros para el sistema

La selección de goteros para el sistema de riego fue escogida mediante una propuesta técnica que se presentó al proyecto, cumplió con las necesidades hídricas de los cultivos.

##### 4.1.3.3.4.1 Especificaciones técnicas

- Manguera de riego por goteo de 16 milímetros.
- Tubería de polietileno de baja densidad, de diámetro 16 mm con goteros incorporados cada 0.30 y 0.60 cm con un caudal nominal de 2.0 y 4.0 l/h; de fabricación Dripsa, según las siguientes características:
  - Color de tubería negro
  - Tipo de gotero: Laberintico de flujo turbulento, de configuración cilíndrica.
  - Caudal nominal del gotero: 2.0 o 4.0 l/h según requerimiento con un exponente de descarga ( $x = 0.54$ ).
  - Modelo de gotero GR
  - Presión nominal a la cual se obtiene el caudal nominal; 10-10.2 mca (metro columna de agua).
  - La tubería aguanta una presión máxima de 4.5 bar (45 mca)
  - El requerimiento del filtrado para este tipo de tuberías y goteros es de 120 mesh (número de poros existentes en una pulgada lineal).

##### 4.1.3.3.4.2 Resumen del cálculo del coeficiente de uniformidad

El resultado fue obtenido mediante el análisis de riego (en un suelo plano; pendiente=0), donde la presión al inicio de la lateral es de 10 mca:

El caudal medio del gotero (teórico) es 3.875 l/h

Separación de los goteros es de 60 cm.

Longitud del lateral es de 60 m.

Caudal medio el lateral 387.55 l/h

Perdida de caga total 1.856 mca.

– Verificación

Presión máxima (inicio del lateral): 10 mca.

Presión mínima (final del lateral): 8.044 mca.

Caudal máximo (inicio lateral): 4 l/h

Caudal mínimo (final del lateral): 3.755 l/h

Caudal medio de cálculo (promedio de goteros del lateral): 3.895 l/h

– Uniformidad

**Uniformidad de emisión =  $(Q_{\min}/Q_{\text{medio}}) * 100 = 96.405 \%$**

Ver anexo “B” para el resumen de los cálculos del proyectista y los detalles del gotero.

## 4.2 VERIFICACIÓN DEL DISEÑO DEL PROYECTO

### Proyecto Sistema de Riego por Goteo Jailia Fase-3

#### 4.2.1 Diseño agronómico

Datos: Diseño agronómico para la Vid.

Marco de plantación: es de 1.5m (separación entre plantas) x 3.0 m (separación entre líneas).

Evapotranspiración de referencia  $E_{To} = 264.96$  mm/mes. (diciembre) (Vid).

Suelo franco con más contenido de arena donde  $f = 1$  (de Tabla).

El agua tiene alto contenido de salinidad con  $CE = 0.79$  mmho/cm.

Caudal del emisor ( $q_a$ ) 4 l/h.

Cálculo de la necesidad neta ( $N_n$ )

$$N_n = E_{To} * K_c * K_L * K_a * K_r$$

Donde:

$E_{To}$  = Evapotranspiración potencial del cultivo de referencia (mm/mes)

$K_c$  = Coeficiente de cultivo para la vid (0.7) para el mes de diciembre.

$K_L$  = Coeficiente de localización

$K_a$  = Coeficiente de variaciones climáticas.

$K_r$  = coeficiente por advección

$K_a = 1.15 - 1.20$  se toma el mayor  $K_a = 1.20$

$K_r$  se calcula de tabla mediante el valor del área de la parcela que es de 0.22 hectáreas entonces el  $K_r = 1.1$  (ver tabla en el anexo "A")

$K_L$  se toma un valor de área sombreada de  $A=25\%$

$$K_L = 1.34 \times A = 0.335$$

$$K_L = A + 0.5 \times (1-A) = 0.625$$

$$K_L = 0.1 + A = 0.26$$

$$K_L = A + 0.15 \times (1-A) = 0.36$$

Donde coeficiente de localización será:  $K_L = (0.335 + 0.36) / 2 = 0.35$

Reemplazando:

$$N_n = 264.96 \times 0.7 \times 0.35 \times 1.20 \times 1.1 = 85.688 \text{ mm/mes} = 85.688 / 31$$

$$N_n = 2.76 \text{ mm /día}$$

Cálculo necesidades brutas o totales ( $N_t$ ):

$$N_t = \frac{N_n}{CU * (1 - K)}$$

Donde:

CU: es el coeficiente de uniformidad se tomará 0.90

K: coeficiente para el lavado

Donde K = el máximo de  $(1 - E_a)$  y  $(L_r)$

$$K = 1 - E_a = 1 - 0.95 = 0.05$$

$$K = L_r = C E_i / (2 * C E_e * f)$$

Donde:

Lr: necesidades de lavado

CEi: conductividad del agua de riego (de análisis de agua)

CEe: conductividad eléctrica máxima del extracto de saturación del suelo para un cultivo (de tabla)

f: eficacia de lavado (de tabla)

$Lr = 0.79 / (2 * 1.5 * 1) = 0.263$  como es el máximo entre los dos valores  $K = 0.263$

Donde las necesidades totales son:

$Nt = 2.76 / ((1 - 0.263) * 0.90) = 4.16$  mm/día

La necesidad diaria por planta con un marco de plantación de 3m x 1.5m serán de:  
 $4.16 \text{ mm/día} * 3 * 1.5 = 18.72$  litros/planta por día

Elección del emisor y su disposición

$Rm \cong 0.50$  m

Marco de plantación (Sp):  $Sp = 3 * 1.5 = 4.5$  m<sup>2</sup>

Área mojada de un emisor:  $Ame = \pi * 0.5^2 = 0.785$  m<sup>2</sup>

Porcentaje de suelo mojado (P): clima árido (30 – 40 %)  $P = 35\%$ .

Donde el número de emisores por planta (e) será:

$$e > \frac{P * Sp}{100 * Ame} = \frac{35 * 4.5}{100 * 0.785} = 2.006$$

Donde el resultado es  $e = 2$  emisores/planta.

Datos del emisor:

Los datos del emisor del proyecto ver anexo “A”.

$$q_a = K * h^x$$

$q_a =$  caudal nominal del emisor 4 l/h

$P_a$  = presión nominal = 10 mca.

$x$  = exponente de descarga 0.54

$c_v$  = coeficiente de variación 0.025

Entonces el porcentaje del área mojada real es:

$$P = \frac{100 * e * A_{me}}{S_p} = \frac{100 * 2 * 0.785}{4.5} = 34.88 \%$$

Lo que cumple porque es menor al asumido.

De la ecuación  $e * V_e = Nt * I$  obtendremos el intervalo de riego (I). Si nos asumimos un volumen de emisor de 20 litros (de tabla) entonces:

$$I = \frac{e * V_e}{Nt} = \frac{2 * 20}{18.72} \quad I = 2.14 \text{ dias} \approx I = 2 \text{ dias}$$

Recalculando el volumen del emisor  $V_e = \frac{I * Nt}{e} = \frac{2.0 * 18.72}{2} \quad V_e = 18.72 \text{ litros.}$

El tiempo de riego  $t = \frac{Nt * I}{e * q_a} = \frac{18.72 * 2}{2 * 4} \quad t = 4.68 \text{ horas.}$

Donde el volumen que emite el emisor en este tiempo de riego será

$$V_e = t * q_a = 4.68 * 4$$

$V_e = 18.72$  litros.

Donde la dosis de riego (D) es la siguiente:

$$D = e * V_e = 2 * 18.72 = \underline{37.44 \text{ litros por planta.}}$$

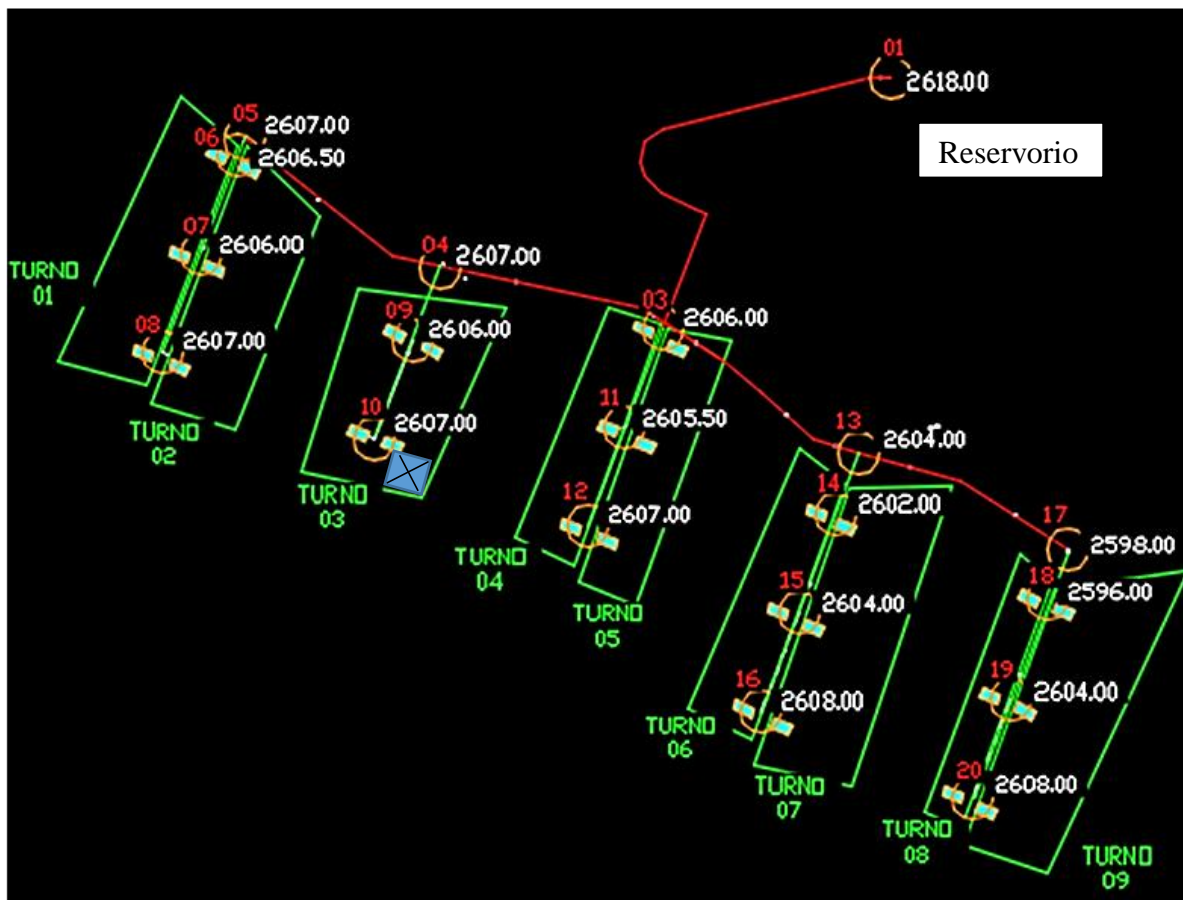
Así las necesidades de la planta en el intervalo de riego  $I = 2$  días es:

$$Nt * I = 18.72 * 2 = \underline{37.44 \text{ litros por planta.}}$$

Como la dosis de riego y la necesidad de la planta son iguales  $D = Nt * I$  entonces es un riego bueno y el gotero es el adecuado.



## 4.2.2 Diseño hidráulico

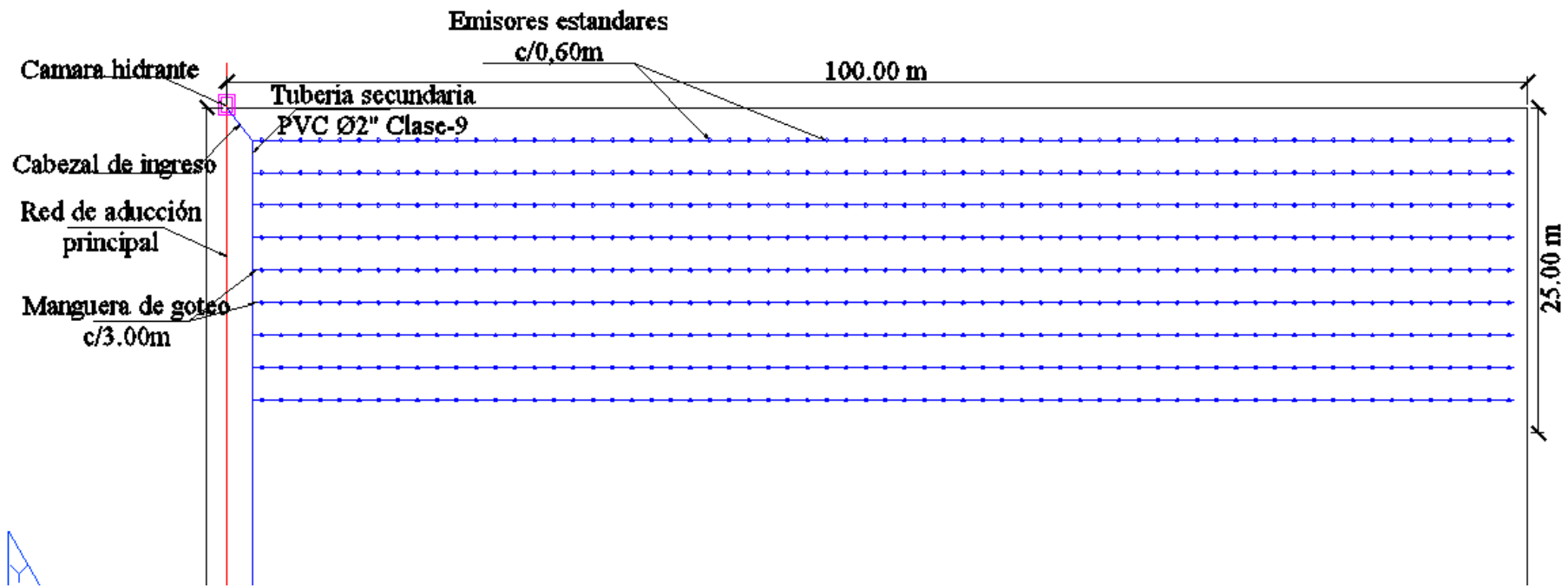


Croquis del sistema de riego, regado por el reservorio N° 3 que consta de 28 sub unidades, los datos de la subunidad en estudio es la siguiente:

Cabezal número 10 con una cota de 2607 msnm.

Con una longitud de tubería secundaria de 25 m y las laterales de 100 m.

Los goteros estándar están separados cada 0.6 m. como se muestra en el dibujo.



Datos previos:

$q_a = 4 \text{ l/h}$      $x = 0.54$     superficie =  $2500 \text{ m}^2 = 0.25 \text{ hectáreas}$      $h_a = 10 \text{ mca}$  (presión nominal).

- Tolerancia de caudales de la subunidad

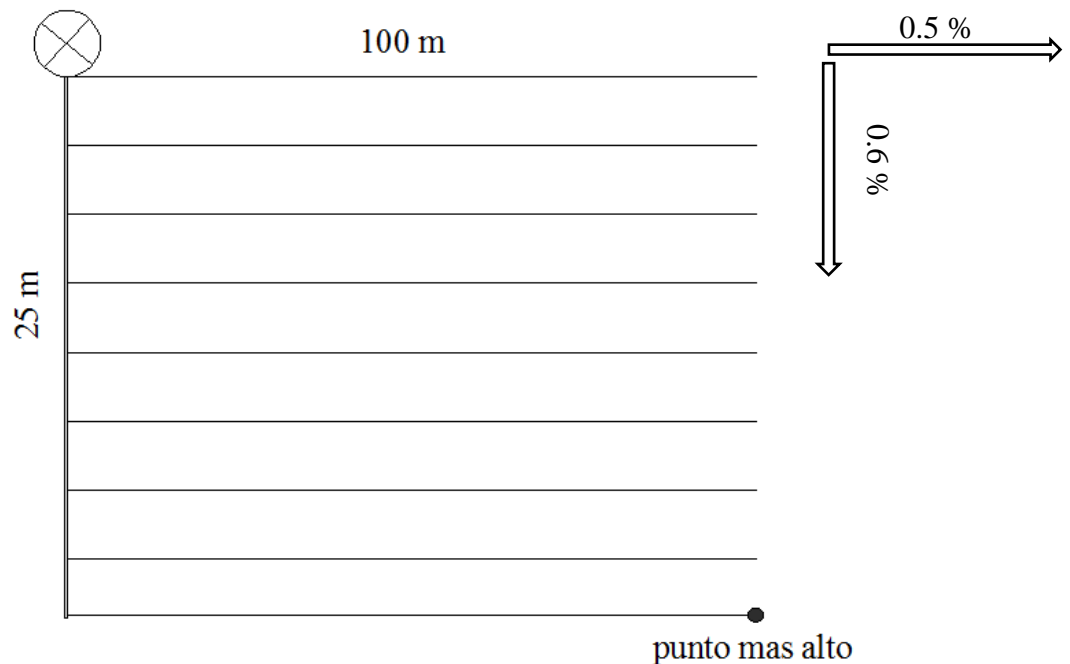
Máxima variación  $\leq 10 \%$

$$\frac{\Delta Q}{Q} = \frac{q_{max} - q_{min}}{q_a} \leq 10\%$$

- Tolerancia de presiones de la subunidad

$$\Delta h_s = \frac{0.10 * h}{x} \text{ (perdida de carga admisible de la unidad)}$$

$$\Delta h_s = \frac{\Delta P_s}{\gamma} \pm Z_L \pm Z_t \quad \begin{array}{l} (+) \text{Desnivel descendente} \\ (-) \text{Desnivel ascendente} \end{array}$$



$$L_L = 100 \text{ m} \quad L_t = 25 \text{ m}$$

$Z_L$  y  $Z_t$  son ascendentes (-).

- Verificación de presiones en la subunidad ( $\Delta h_s$ )

$$\Delta h_s = \frac{\Delta P_s}{\gamma} - Z_L - Z_t \qquad \frac{\Delta P_s}{\gamma} = \frac{0.1 * h_a}{x} = \frac{0.1 * 10}{0.54} = 1.85 \text{ mca}$$

$$Z_L = 100 * (0.5/100) = 0.50 \text{ m}$$

$$Z_t = 25 * (0.6/100) = 0.15 \text{ m.}$$

$$\Delta h_s = 1.85 - 0.5 - 0.15 = 1.20 \text{ mca.}$$

- Coeficiente de forma (CF)

$$CF = L_L / L_t = 100/25 = 4$$

- Reparto óptimo de las presiones en la subunidad

$$R = \frac{\Delta h_L}{\Delta h_s} = \frac{0.776 * CF^{0.1402}}{S^{0.054}} = \frac{0.776 * 4^{0.1402}}{1.20^{0.054}} = 0.93$$

Asumimos 90 % para las laterales y 10 % para la terciaria.

$$\frac{\Delta h_L}{\Delta h_s} = 0.90 \qquad \Delta h_L = 0.90 * 1.20 = 1.08 \text{ mca}$$

Podemos tener una pérdida de carga máxima en la lateral de 1.08 mca.

Podemos tener una pérdida de carga máxima en la terciaria de 0.12 mca.

- Calculo de la tubería lateral

$$L_L = 100 \text{ m}$$

$$N^\circ \text{ de salidas} = 100/0.6 = 166.67 \qquad N^\circ \text{ emisores} = 166 \text{ cada } 0.60 \text{ m.}$$

$$q_a = 4 \text{ l/h} \qquad q_{lateral} = q_L = 166 * 4 = 664 \text{ l/h}$$

Perdida de carga por emisor = 0.23 m/emisor (perdida de carga localizada)

$$\text{Longitud equivalente } L_e = 166 * 0.23 = 38.18 \text{ m}$$

$$\text{Donde la longitud total será } L_T = 100 + 38.18 = 138.18 \text{ m}$$

$$\text{Por Blasius:} \qquad J = 0.473 * \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \qquad Q \text{ (L/h); } D \text{ (mm)}$$

$$\text{Para un } \varnothing = 25 \text{ mm} \text{ con un } \varnothing_{int} = 22.6 \text{ mm}$$

$$J = 0.473 * \frac{664^{1.75}}{22.6^{4.75}} = 0.015 \quad \text{Pérdida de carga unitaria.}$$

$h = J * F * L_T$  donde  $F =$  coeficiente de Christiansen ( $S_o=S$ ;  $n=166$ ;  $\beta=1.75$ ) de tabla  $F = 0.366$

$$h = 0.015 * 0.366 * 138.18 = 0.759 \text{ mca}$$

$$h_L = 0.759 \text{ mca} < \Delta h_L = 1.08 \text{ mca} \quad \text{cumple.}$$

Pero para el proyecto será caro por lo que se decide colocar manguera de goteo de 16 mm de (PE) polietileno  $\varnothing = 16 \text{ mm}$  (3/8")

- Cálculo de la tubería terciaria (PVC).

$$N^\circ \text{ laterales} = 9$$

$$q_L = 664 \text{ l/h}; S_L = 3 \text{ m}$$

$$q_{\text{terciaria}} = 9 * 664 = 5976 \text{ l/h}$$

$$L_e = 0.10 * q_L^{0.30} * N^{0.26} = 0.10 * 664^{0.30} * 9^{0.26} = 1.24 \text{ m}$$

$$L_{\text{terciaria}} = 24.5 + 1.24 = 25.24 \text{ m.}$$

Para un  $\varnothing = 50 \text{ mm}$  con un  $\varnothing_{\text{int}} = 47.2 \text{ mm}$

Por Blasius:  $J = 0.473 * \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \quad Q \text{ (L/h); } D \text{ (mm)}$

$$J = 0.473 * \frac{5976^{1.75}}{47.2^{4.75}} = 0.021 \quad \text{Pérdida de carga unitaria.}$$

$h = J * F * L_T$  donde  $F =$  coeficiente de Christiansen ( $S_o=S/2$ ;  $n=9$ ;  $\beta=1.75$ ) de tabla  $F = 0.387$

$$h = 0.021 * 0.387 * 25.24 = 0.205 \text{ mca}$$

$$h = 0.205 \text{ mca} > S = 0.12 \text{ mca} \quad \text{no cumple.}$$

Como  $h_L + h_T = 0.759 + 0.205 = 0.964 \text{ mca} < \Delta h_s = 1.20 \text{ mca}$  cumple.

Resumen:  $\varnothing \text{ lateral} = 16 \text{ mm}$  (3/8") ;  $\varnothing \text{ terciaria} = 50 \text{ mm}$  (2")

$$\frac{h_{min}}{h_a} = \left( \frac{CU}{1 - \frac{1.27 * CV}{\sqrt{e}}} \right)^{\frac{1}{x}}$$

Donde:

$h_a = 10$  mca (presión nominal)

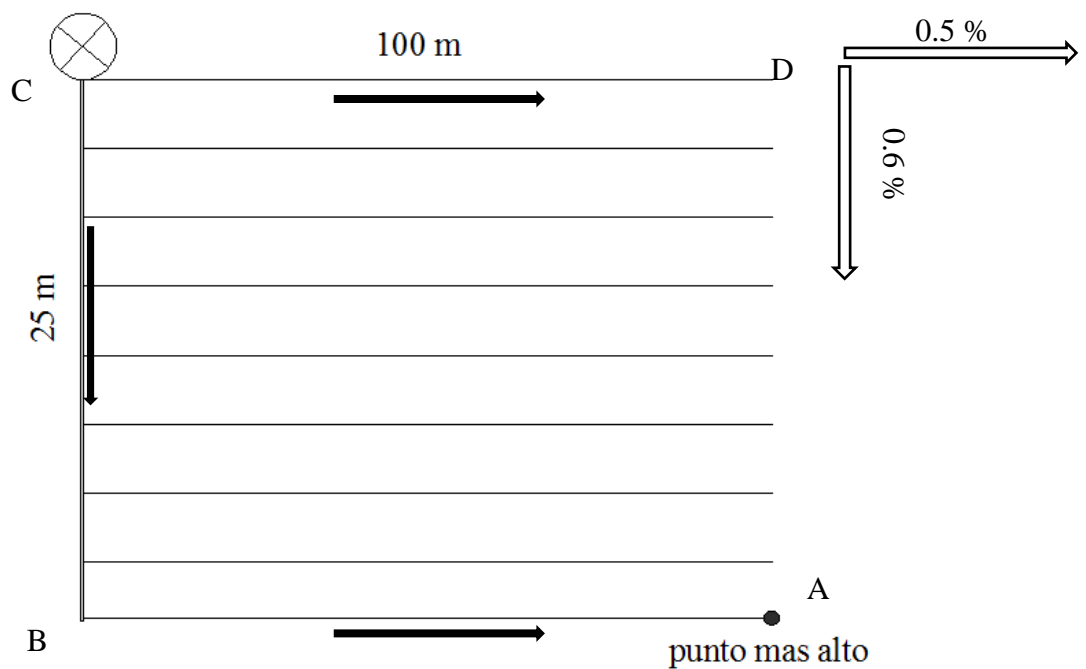
$CV = 0.025$  (coeficiente de variación)

$e = 2$  (Nº emisores por planta)

$CU = 0.90$  (coeficiente de uniformidad)

$x = 0.54$  (exponente de descarga)

$$h_{min} = \left( \frac{0.90}{1 - \frac{1.27 * 0.025}{\sqrt{2}}} \right)^{\frac{1}{0.54}} \quad h_{min} = 8.581 \text{ mca} = \frac{PA}{\gamma}$$



$$\frac{PA}{\gamma} = h_{min} = 8.581 \text{ mca}$$

$$\frac{PB}{\gamma} = \frac{PA}{\gamma} + Z_{AB} + h_{AB} = 8.581 + \frac{0.5 * 100}{100} + 0.759 = 9.84 \text{ mca.}$$

$$\frac{PC}{\gamma} = \frac{PB}{\gamma} + Z_{CB} + h_{CB} = 9.84 + \frac{0.6 * 25}{100} + 0.205 = 10.19 \text{ mca.}$$

$$\frac{PD}{\gamma} = \frac{PC}{\gamma} + Z_{CD} - h_{CD} = 10.19 + \frac{0.5 * 100}{100} - 0.759 = 9.931 \text{ mca.}$$

- Presiones máxima y mínima de la unidad

$$H_{max} = \frac{P_{max}}{\gamma} = \frac{PC}{\gamma} = 10.19 \text{ mca}$$

$$H_{min} = \frac{P_{min}}{\gamma} = \frac{PA}{\gamma} = 8.581 \text{ mca}$$

- Cálculo del caudal máximo y mínimo

$$q_a = K * h^x \quad K = \frac{q_a}{h^x} = \frac{4}{10^{0.54}} \quad K = 1.154$$

$$q_{max} = 1.154 * 10.19^{0.54} = 4.042 \text{ l/h}$$

$$q_{min} = 1.154 * 8.581^{0.54} = 3.684 \text{ l/h}$$

- Coeficiente de uniformidad absoluta (CU<sub>a</sub>)

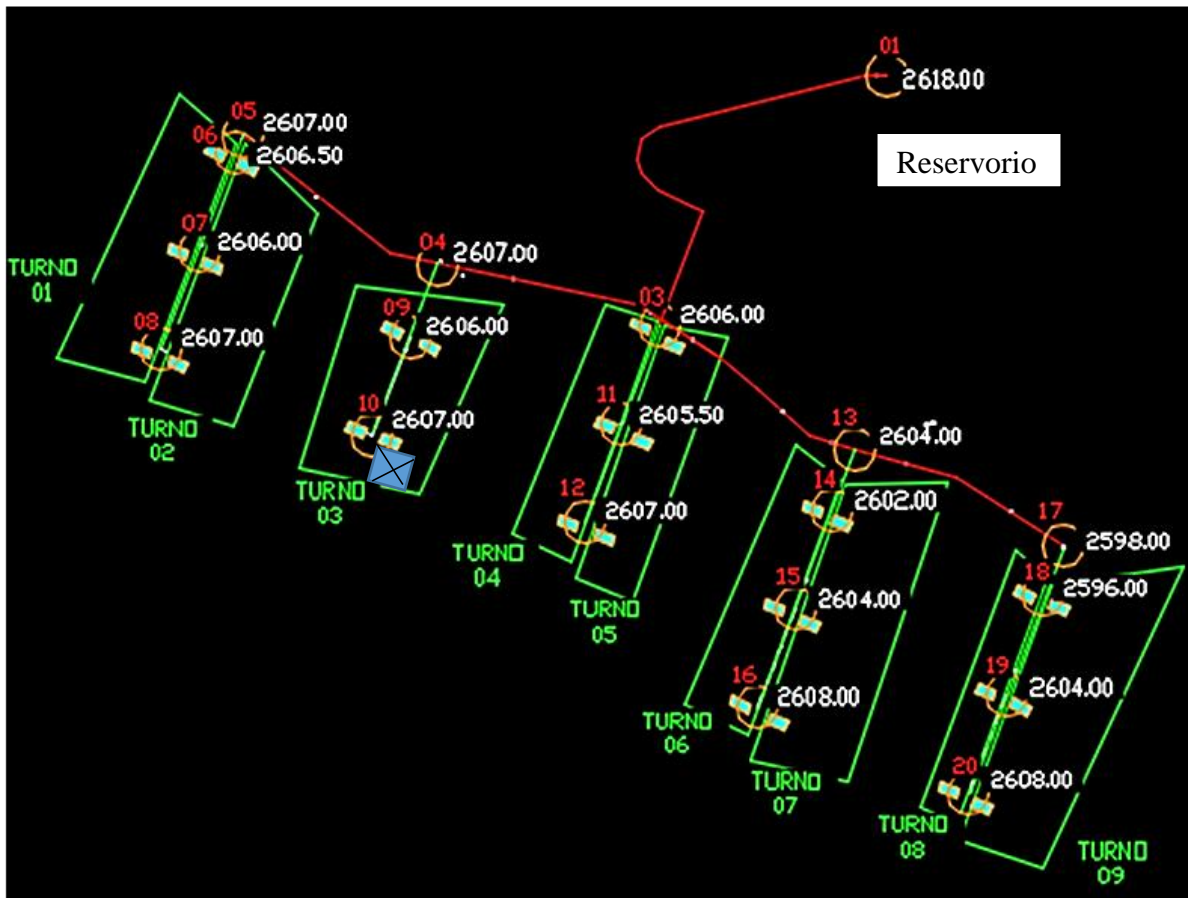
$$CU_a = \left[ 1 - \frac{1.27 * CV}{\sqrt{e}} \right] * \frac{1}{2} * \left[ \frac{q_{min}}{q_a} + \frac{q_a}{q_{max}} \right]$$

$$CU_a = \left[ 1 - \frac{1.27 * 0.025}{\sqrt{2}} \right] * \frac{1}{2} * \left[ \frac{3.684}{4} + \frac{4}{4.042} \right] = 0.934$$

$$\boxed{CU_a = 93.40 \%}$$

Se acepta los cálculos por ser mayor de 90 %.

## 4.2.3 Cálculo de las tuberías de distribución



Croquis del sistema de riego, regado por el reservorio N° 3 que consta de 28 sub unidades, los datos de la subunidad en estudio es el siguiente:

$$\text{Caudal por parcela} \quad Q_{\text{nodo}} = \frac{100\text{m}}{0.6\text{m}} * \frac{4\text{l/h}}{3600\text{seg}} * 9\text{lat} = 1.667 \text{ l/seg}$$

Pérdida de carga por Hazen – Williams:

$$h_f = \frac{10.643 * L * Q^{1.85}}{C^{1.85} * D^{4.87}}$$

Donde:

$h_f$  = pérdida de carga hidráulica (m)

$L$  = longitud del tramo (m)



$Q$  = caudal en ( $m^3/seg$ )

$C$  = coeficiente de rugosidad de la tubería

$D$  = diámetro de la tubería (m)

Caudal del nodo o caudal de emisión 1.667 l/s

$C = 140$

Cota del reservorio = 2618 msnm.

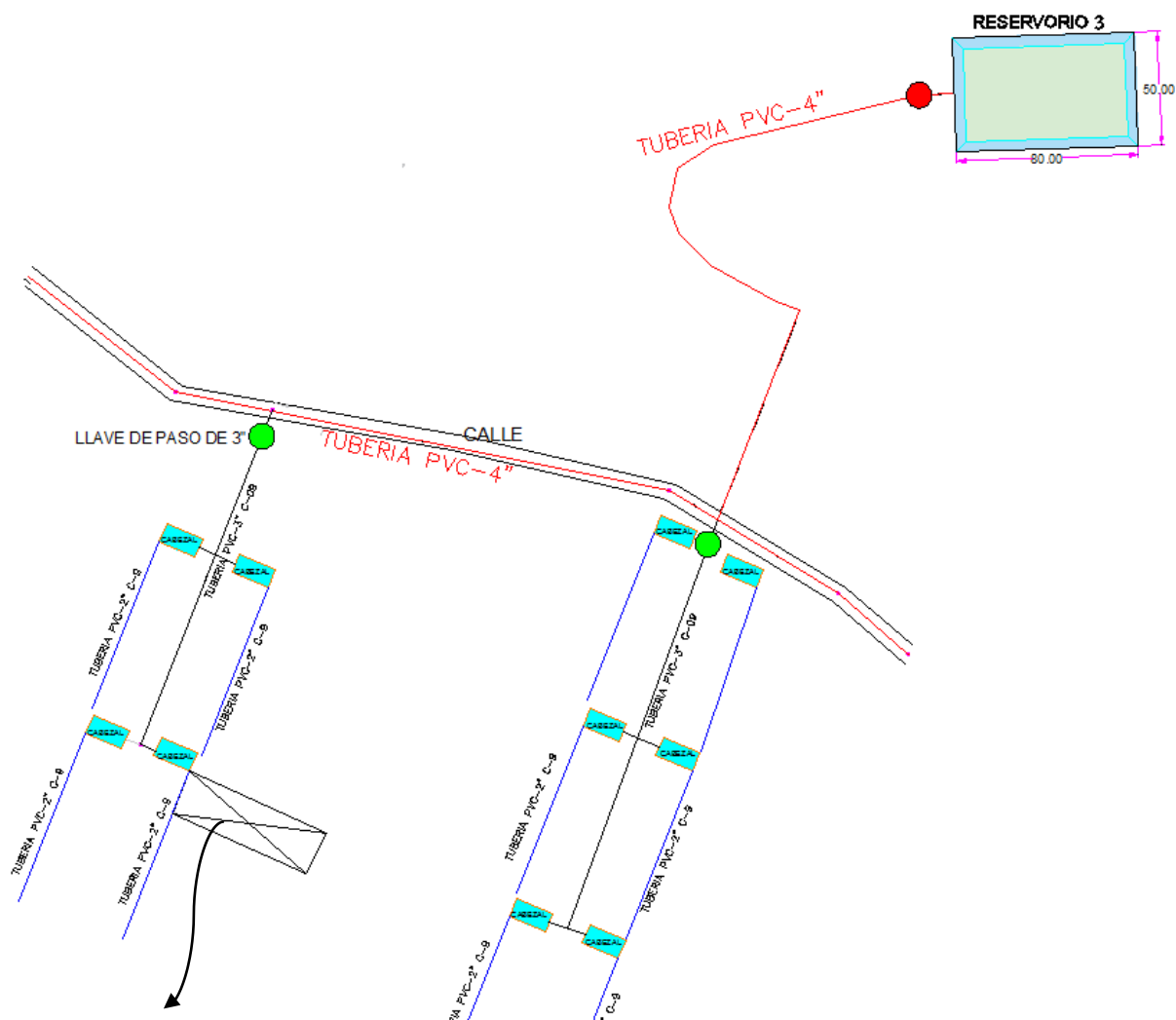
Cota del cabezal = 2607 msnm.

**Altura mínima de carga = 4 mca**

TRAMO	COTA In.	COTA Fin.	L(m)	N°EMIS xTURNO	Qdiseño (l/s)	D(pulg)	HF (m)	HF acum.(m)	PRESION DINAMICA (mca)		PRESION ESTATICA (mca)	
									ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
<b>TURNO 03</b>												
1-4	2618	2607	608	4,0	6,68	4,00	4,50	4,50	0,00	6,50	0,0	11,0
4-9	2607	2606	66	4,0	6,68	3,00	1,98	6,48	6,50	5,52	11,0	12,0
9-10	2606	2607	90	2,0	3,34	3,00	0,75	7,23	5,52	3,77	12,0	11,0

El tramo 9-10 es donde se encuentra el cabezal específicamente en el punto 10 ahí está instalado el cabezal.

#### 4.2.4 Situación actual del proyecto



Parcela en funcionamiento.

El proyecto sistema de riego Jailia Fase-3 costa de 3 reservorios que alimentan a tres subsistemas de riego. Antes de llegar al reservorio se logró observar los elementos de control que tiene la tubería de aducción que llega al reservorio. Como ser una válvula de aire y una llave de paso para el control de los caudales de entrada al reservorio.



El reservorio N°3 es el que alimenta de agua a la parcela en el que se realizara el trabajo.

Haciendo un pequeño balance de agua que se necesita para regar y lo que se tiene almacenado se obtiene lo siguiente:

El volumen que se necesita para regar cada parcela es de 6666.667 l/h y multiplicando por la cantidad de parcelas y el tiempo de riego el volumen aumenta a 560000 litros. Donde el tiempo de riego es de 3 horas y son 28 subunidades de riego.

El reservorio cuando se realizó el balance hídrico fue calculado para el volumen de tres meses de riego eso equivale a 12 turnos de riego.

Se diseñó así porque en los meses de septiembre, octubre y noviembre no se llenará el reservorio porque en la parte de la aducción cerca de la obra de toma los comunarios de la comunidad de la Abra lo usan para regar sus sembradíos mediante inundación esto ocasiona que no llegue agua al reservorio.

Entonces el volumen requerido para esos 12 turnos de riego es de 6720000.0 litros esto equivale a 6720.0  $\text{m}^3$  comparando con el volumen de agua que puede acumular el reservorio que es de 9531  $\text{m}^3$ , el agua alcanza para estos tres meses críticos de riego.



Lugar en el que se emplazó el reservorio que tiene una capacidad de 9531  $\text{m}^3$ , continuando con el recorrido del sistema se encontró con la cámara de llaves, que es donde se encuentra la llave de paso principal para la distribución de agua al sistema. En la cual se logró observar la fuga de agua que existe en dicha cámara de llave como se muestra en la fotografía.



Después de pasar por la cámara de llave, se logró observar la parcela o subunidad en evaluación y es la siguiente:



Mientras se realizaba el recorrido del sistema se logró observar que hay tubería expuesta a la intemperie, no está tapada ni enterrada para su protección.



Al seguir el recorrido se llegó a la subunidad de riego, donde lo primero que se observó fue el cabezal de riego.



Se puede observar que el cabezal N°10 está compuesto de una llave de paso, manómetro de glicerina de 10 bares, sistema de filtrado por anillos y su válvula de aire. Además, tiene un inyector Venturi que sirve para el fertirriego, pero no se utiliza porque está en una etapa de prueba.

La presión con la cual está trabajando el sistema es de 2.5 mca lecturados a través del manómetro de glicerina.



Como se puede observar en la fotografía siguiente la tubería secundaria o terciaria de 2 pulg está enterrada y no cuenta con otros elementos de control.





La distribución de los laterales se pudo observar que se colocaron más de los que se menciona en el diseño previo a la construcción del mismo. Se colocaron 25 líneas de laterales separadas cada 1 metro y en el diseño están contempladas 9 separadas cada 3 metros.

Con una longitud de 80.0 metros cada una y tampoco es como se diseñó el proyecto. Que fue de 100 metros de longitud por lateral. La separación de emisores se mantuvo (0.6m).



Además, se está sembrando hortalizas y otros, en los espacios que dejan las líneas de la vid.





Los goteros de 2 l/h y las mangueras de riego de 16 mm son los que se instaló en el proyecto y se muestran los mismos a continuación.

Las mangueras de goteo son de 16 mm, la vid tiene un marco de plantación de 3m (entre líneas) y 1.5 m (entre plantas).





En algunos casos se puede observar que los goteros están obstruidos por distintas causas como ser por contenidos de sales, taponamiento por partículas de limo o también por contenidos orgánicos tales como algas o vegetales.



Con estas condiciones en la que se encuentra el sistema de riego la producción de uva es relativamente buena como menciona el comunario.



Diseño de la red con el nuevo caudal de diseño de 6666.667 l/h, la parcela tiene una longitud de lateral de 80 metros y con 25 mangueras de goteo con un caudal de 2 l/h de los goteros.

**DATOS:**

Qnodo: 1,85 lt/seg.

Coef. C: 140,00

COTA-RES: 2618,00

Hmin: 4,00 mca

>=4MCA

TRAMO	COTA I.	COTA F.	L(m)	N° EMIS./TURNO	Qdiseño (l/s)	D(pulg)	HF (m)	HF acum.	PRESION DINAMICA		PRESION ESTATICA	
									ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
<b>TURNO 03</b>												
1-4	2618,00	2607,00	608,00	4,00	7,40	4,00	5,43	5,43	0,00	5,57	0,00	11,00
4-9	2607,00	2606,00	66,00	4,00	7,40	3,00	2,39	7,82	5,57	4,18	11,00	12,00
9-10	2606,00	2607,00	90,00	2,00	3,70	3,00	0,91	8,73	4,18	2,27	12,00	11,00

Se quiso mostrar mediante el diseño teórico (en gabinete) el sistema de riego y compararlo con lo que se construye en campo mediante las fotografías, como se pudo evidenciar hay muchos factores con los que no se cumple el diseño del sistema de riego.

#### 4.2.5 Análisis comparativo del diseño-construcción del sistema

Se analiza puntos que demuestran por qué no está funcionando correctamente el sistema de riego:

- Hipótesis de porque no hay presión suficiente en el sistema específicamente en el cabezal (inicio de la subunidad de riego).
  - La presión dinámica mínima no se cumple que son los 10 mca que especifica el gotero para su normal funcionamiento y es la diferencia del nivel de agua del reservorio con el cabezal de la subunidad menos las pérdidas de carga en el tramo.

Esto se puede evidenciar porque en el diseño se tiene un total de goteros 1500 para toda la subunidad, los que se utilizó para la construcción del sistema de cada subunidad es de 3334 goteros. Esto implica que la presión no sea suficiente para la subunidad. Pero además el caudal del gotero disminuyó a 2 l/h.
  - El caudal de diseño de cada sub unidad es de 6000 l/h, pero al aumentar el número de goteros este caudal de diseño no es suficiente para el requerimiento del nuevo planteamiento de la subunidad que es de 6666.67 l/h (para goteros de 2 l/h) esto demuestra que no va ser suficiente la presión para que los goteros funcionen correctamente.
  - Se debería haber previsto y darle un margen de error a la altura de presión dinámica y no así dejarla a una altura mínima de 4 mca para poder evitar este tipo de inconvenientes, colocando a una altura más alta el reservorio. Y como se observó tampoco cumple esa altura mínima de presión, aunque este valor tomado no es el correcto, el correcto sería de 10 mca.
  - Como se evidencio en las fotografías de la cámara de llave del reservorio ahí se evidencia una fuga de presión mediante la fuga de agua en la cámara, esto podría ocurrir en alguna de las partes del sistema que no se pueden evidenciar con una observación externa del sistema de conducción del agua.
  
- Los goteros
  - Los goteros que se instalaron en las subunidades son los mismos con los cuales diseño el proyecto que son de 2-4 l/h. Es un gotero laberintico de flujo turbulento de configuración cilíndrica con un ancho del laberinto de 1.5 mm

esto nos indica que el gotero es de tamaño mediano, esta clasificación está en función al diámetro del orificio que va en un rango de (0.7 – 1.5 mm). Modelo GR de marca Dripsa industria argentina.

Nos indica que el riesgo de obstrucción es medio sería ideal que el gotero sea de tamaño grande con un tamaño de orificio mayor a los 1.5 mm.

Es un gotero interlinea porque viene en una manguera de riego podemos decir que los goteros funcionarían correctamente con un buen filtrado y calidad de agua.

- Para este sistema se colocaron filtros de anillos rojos que nos indican que son filtros de 120 mesh o 100 micras, son utilizados para sistema de riego por goteo con un requerimiento de filtración fina.



- Puede ser que este tipo de filtros no es suficiente para el sistema de riego en específico porque los goteros están obstruidos, quiere decir que se hubiera podido colocar filtros con un grado más alto de mesh como el marrón de 200 mesh con esto se podría evitar levemente el taponamiento de los goteros.
- Calidad del agua
  - La calidad de agua nos indica en el análisis que se realizó a una muestra de agua de la fuente del río Achuma. Es un agua altamente salina esto nos da a conocer que provocaría la obstrucción de los emisores como se muestran en las fotografías en páginas anteriores.

- Para esta calidad de agua se tendría que realizar un control de salinidad periódica como nos indica el resultado del análisis de agua para evitar estos inconvenientes de los taponamientos de los emisores.
- Los filtros no son los suficientes para la calidad de agua porque los emisores están obstruidos a causa de las partículas de limo que logran pasar al sistema de filtrado como se observa en las fotografías en páginas anteriores.

Con estos análisis se puede mencionar que los goteros funcionarían correctamente si se tuviera un mejor sistema de filtración, un control de salinidad del agua y una altura de presión estática mayor a la que se tiene para facilitar a los goteros su mejor funcionamiento y así obtener una mejor uniformidad de riego en el sistema.

Además de los escasos elementos de control que tiene la unidad que se debería tener muchos más para tener un mejor manejo del sistema de riego los que están colocados en el sistema son los mínimos que se tiene que tener en un sistema de riego.

#### 4.2.6 Entrevista al regante

Se realizó una entrevista al productor para así poder conocer más sobre el sistema de riego y aspectos sobre operación y mantenimiento del sistema. Que se puede observar en el anexo “C”.

Con esta entrevista al productor se puede observar lo que se viene diciendo respecto al sistema, existe muy poca información de operación y mantenimiento del sistema, recién ahora los están capacitando después de 3 años de su entrega y puesto en funcionamiento.

### 4.3 EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA

#### 4.3.1 Cálculos para la evaluación del sistema

El informe fotográfico de la evaluación y la visita de campo estará en el anexo “F”.

##### 4.3.1.1 Toma de datos

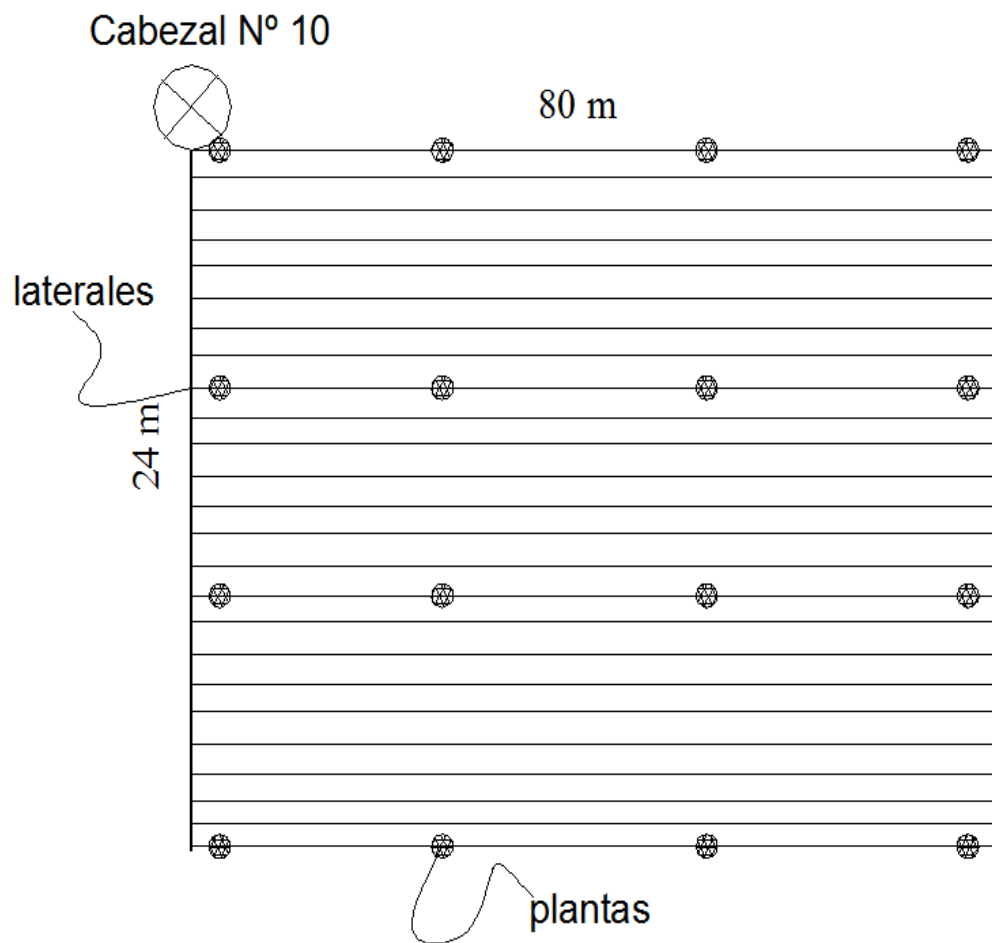
Al llegar a la zona lo primero en realizarse fue llenar una planilla de datos del proyecto Sistema de Riego Jailia Fase-3, como se muestra en la siguiente tabla 4-1.

Tabla 4-1 Formulario de detalles del sistema de riego

NOMBRE DEL PROYECTO:	Sistema de riego Jailia Fase-3
LUGAR DEL PROYECTO:	Sector La Pampa
DATOS DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO.-	
COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO	
FUENTE DE AGUA:	La fuente es un reservorio o atajado
FUENTE DE ENERGÍA:	Energía potencial – por gravedad
CABEZAL DE CONTROL SISTEMA DE FILTRADO:	Es por filtro de anillos
RED DE TUBERIAS:	
PRINCIPAL:	PVC Ø=4" calse-9
SECUNDARIA:	PVC Ø=3" calse-9
TERCIARIA:	PVC Ø=2" calse-15
LATERALES:	Polietileno PE Ø= 16 mm
TIPO DE EMISOR:	Gotero integrado cada 0.60 m de 2 l/h estándar
DISPOSITIVOS DE CONTROL Y PROTECCIÓN:	
	Llave de paso tipo globo
	Válvulas purga aire
	Manómetro de glicerina
OTROS:	En la salida del reservorio la cámara de la llave paso se encuentra llena de agua por filtración o mal sellado de tubería.
	El nivel de agua del reservorio se encuentra por debajo de lo normal, se podría decir 1 m abajo del vertedero y la tubería de captación no llega agua al reservorio.

Luego se realizó el croquis respectivo de la parcela a evaluar y se muestra en el siguiente dibujo.





Se procedió a la toma de muestras como se indica en la metodología nombrada en páginas anteriores, los datos de campo son los siguientes:

Tabla 4-2 Planilla de registro de datos de campo.

CAUDALES				
POSICIÓN DE LA LATERAL	PRIMER EMISOR Q(ml/min)	EMISOR 1/3 Q(ml/min)	EMISOR 2/3 Q(ml/min)	ÚLTIMO EMISOR Q(ml/min)
LATERAL INICIAL	18,0	15,5	13,5	8,0
	17,0	15,0	13,0	8,5
	17,0	14,5	13,0	8,5
	17,0	15,0	13,0	8,0
	16,5	15,0	13,0	9,0
PROMEDIO				
1/3 DEL LATERAL	15,0	11,0	9,0	5,0
	14,5	11,0	10,0	6,0
	14,5	10,5	9,5	6,0
	14,0	10,5	10,0	7,0
	15,0	11,0	10,0	6,5
PROMEDIO				
2/3 DEL LATERAL	10,0	6,0	5,0	5,0
	9,5	6,5	4,0	5,5
	10,0	7,0	4,0	4,5
	10,0	6,5	4,5	5,0
	10,0	7,0	5,0	5,5
PROMEDIO				
ULTIMA LATERAL	9,0	8,0	8,0	4,5
	8,5	7,5	7,5	4,0
	9,0	7,0	8,0	4,0
	8,5	7,5	7,5	4,5
	8,0	7,0	8,0	5,0
PROMEDIO				

Nota: todos los valores son medidos para un tiempo de 1 minuto

#### 4.3.1.2 Procesamiento de los datos obtenidos en campo

##### 4.3.1.2.1 Cálculo del coeficiente de uniformidad de caudales (CUC)

Se procedió a calcular los promedios de las 5 muestras tomadas por cada gotero seleccionado en la parcela.

POSICIÓN DE LA LATERAL	PRIMER EMISOR Q(ml/min)	EMISOR 1/3 Q(ml/min)	EMISOR 2/3 Q(ml/min)	ÚLTIMO EMISOR Q(ml/min)
LATERAL INICIAL	18,0	15,5	13,5	8,0
	17,0	15,0	13,0	8,5
	17,0	14,5	13,0	8,5
	17,0	15,0	13,0	8,0
	16,5	15,0	13,0	9,0
PROMEDIO	<b>17,1</b>	<b>15,0</b>	<b>13,1</b>	<b>8,4</b>
1/3 DEL LATERAL	15,0	11,0	9,0	5,0
	14,5	11,0	10,0	6,0
	14,5	10,5	9,5	6,0
	14,0	10,5	10,0	7,0
	15,0	11,0	10,0	6,5
PROMEDIO	<b>14,6</b>	<b>10,8</b>	<b>9,7</b>	<b>6,1</b>
2/3 DEL LATERAL	10,0	6,0	5,0	5,0
	9,5	6,5	4,0	5,5
	10,0	7,0	4,0	4,5
	10,0	6,5	4,5	5,0
	10,0	7,0	5,0	5,5
PROMEDIO	<b>9,9</b>	<b>6,6</b>	<b>4,5</b>	<b>5,1</b>
ULTIMA LATERAL	9,0	8,0	8,0	4,5
	8,5	7,5	7,5	4,0
	9,0	7,0	8,0	4,0
	8,5	7,5	7,5	4,5
	8,0	7,0	8,0	5,0
PROMEDIO	<b>8,6</b>	<b>7,4</b>	<b>7,8</b>	<b>4,4</b>

El resumen de los datos obtenidos es el siguiente:

POSICIÓN DE LA LATERAL	PRIMER EMISOR Q(l/h)	EMISOR 1/3 Q(l/h)	EMISOR 2/3 Q(l/h)	ÚLTIMO EMISOR Q(l/h)
LATERAL INICIAL	1,026	0,900	0,786	0,504
1/3 DEL LATERAL	0,88	0,65	0,58	0,37
2/3 DEL LATERAL	0,59	0,40	0,27	0,31
ULTIMA LATERAL	0,52	0,44	0,47	0,26

Primero: Se calcula la media de los caudales de los emisores que representan la cuarta parte de más bajo caudal ( $\bar{Q}_{25\%}$ ).

POSICIÓN DE LA LATERAL	PRIMER EMISOR Q(l/h)	EMISOR 1/3 Q(l/h)	EMISOR 2/3 Q(l/h)	ÚLTIMO EMISOR Q(l/h)
LATERAL INICIAL	1,026	0,900	0,786	0,504
1/3 DEL LATERAL	0,88	0,65	0,58	0,37
2/3 DEL LATERAL	0,59	0,40	0,27	0,31
ULTIMA LATERAL	0,52	0,44	0,47	0,26

Donde los marcados de color amarillo son los valores medidos más bajos.

$$\bar{Q}_{25\%} = \frac{0,27 + 0,37 + 0,31 + 0,26}{4} = 0.302 \text{ l/h}$$

Segundo: Se calcula la media de los caudales medidos en todos los emisores ( $\bar{Q}_m$ ).

POSICIÓN DE LA LATERAL	PRIMER EMISOR Q(l/h)	EMISOR 1/3 Q(l/h)	EMISOR 2/3 Q(l/h)	ÚLTIMO EMISOR Q(l/h)
LATERAL INICIAL	1,026	0,900	0,786	0,504
1/3 DEL LATERAL	0,88	0,65	0,58	0,37
2/3 DEL LATERAL	0,59	0,40	0,27	0,31
ULTIMA LATERAL	0,52	0,44	0,47	0,26

$$\bar{Q}_m = 0.559 \text{ l/h}$$

Tercero: Una vez conocida los valores de  $\bar{Q}_{25\%}$  y  $\bar{Q}_m$  se calcula el CUC mediante la siguiente fórmula:

$$CUC(\%) = \frac{\bar{Q}_{25\%}}{\bar{Q}_m} * 100$$

$$CUC (\%) = \frac{0.302}{0.559} * 100 = 54.025 \%$$

El coeficiente de uniformidad de la unidad es el mismo que el de la parcela porque la parcela se compone de un solo sistema de riego y no así de varias subunidades, podemos decir que el  $CUC(subunidad) = CU(unidad)$ .

$$CUC = CU = 54.025\%$$

#### 4.3.1.2.2 Cálculo del coeficiente de unidad de presiones (CUP)

Datos obtenidos mediante la ecuación de la curva de rendimiento del gotero tomada en campo a diferentes presiones.

POSICIÓN DE LA LATERAL	PRIMER EMISOR P(bar)	EMISOR 1/3 P(bar)	EMISOR 2/3 P(bar)	ÚLTIMO EMISOR P(bar)
LATERAL INICIAL	3,222	2,785	2,441	1,761
1/3 DEL LATERAL	2,709	2,081	1,928	1,501
2/3 DEL LATERAL	1,955	1,555	1,344	1,401
ULTIMA LATERAL	1,786	1,643	1,690	1,334

Primero: Se calcula la media de las presiones medidas en los emisores que representan la cuarta parte de más baja presión ( $\bar{P}_{25\%}$ ) que son los de color amarillo.

$$\bar{P}_{25\%} = \frac{1,344 * 1,501 * 1,401 * 1,334}{4} = 1.395 \text{ bares}$$

Segundo: Se calcula la media de las presiones medidas en todos los emisores ( $\bar{P}_m$ ).

$$\bar{P}_m = 1.946 \text{ bares}$$

Tercero. Una vez conocidos los valores de  $\bar{P}_{25\%}$  y  $\bar{P}_m$  se calcula el CUP mediante la siguiente fórmula:

$$CUP(\%) = \left( \frac{\bar{P}_{25\%}}{\bar{P}_m} \right)^x * 100$$

Donde:

$x$  = Es el exponente de descarga y se trata de una característica del emisor que debe ser facilitada por el fabricante u obtenida en banco de pruebas. ( $x = 0.54$ )

$$CUP(\%) = \left( \frac{1.395}{1.946} \right)^{0.54} * 100 = 83.457 \%$$

#### 4.3.1.3 Interpretación de los resultados de la evaluación

Los resultados que se muestran a continuación son la consecuencia de **3 años de funcionamiento del sistema.**

Coefficiente uniformidad de la unidad.

El CU = 54.025 % con este valor y mediante una tabla se obtiene la calificación que tiene el sistema de riego en funcionamiento, que se lo realizará a continuación:

VALOR DE LA UNIFORMIDAD DE DISTRIBUCIÓN	CALIFICACIÓN
Mayor de 95 %	EXCELENTE
De 85 a 95 %	BUENA
De 80 a 85 %	ACEPTABLE
De 70 a 80 %	POBRE
Menor de 70 %	INACEPTABLE

La clasificación del sistema es muy mala está en la clasificación de inaceptable, pero se recuerda, en algunas partes las implementaciones de estos sistemas de riego modernos recién se están utilizando. Esto demuestra que el diagnóstico realizado anteriormente concuerda con estos malos resultados de la evaluación.

Este resultado es la consecuencia de falta de conocimiento en el manejo y operación del sistema de riego, aunque están realizando las capacitaciones respectivas para el buen uso y manejo.

El coeficiente de la uniformidad de presiones calculado en anteriores páginas fue realizado con la ayuda de la curva de rendimiento del gotero instalado, porque en la visita de campo no se pudo realizar las mediciones respectivas de las presiones. Esto fue porque desde la

apertura de la llave de paso en el cabezal de riego no se tenía la mínima presión de ingreso y la que se observo fue de 2.5 mca como se muestra en la siguiente fotografía.



Esto ocasionó que las laterales no tuviesen suficiente presión en el ingreso de las líneas de goteo ni en el final tampoco así en cada uno los goteros.

Como no tenía un elemento de control al salir del cabezal no se puso medir presiones en las laterales porque el agua llegaba con muy poca presión que se perdía en las laterales, la tubería que alimenta las líneas de goteo esta esterada pero no se observó humedeciendo para posibles fallas de conexión.

Se volvió a intentar lavando el filtro de anillos en el cabezal para poder ver si así se elevaban las presiones del sistema, pero no se obtuvo resultados y la presión fue la misma en el cabezal. Como se muestra en la fotografía.



El valor obtenido de  $CUP = 83.457\%$  no es el correcto porque no concuerda con lo que está pasando en campo, esto quiere decir que la curva de rendimiento del gotero se realizó con condiciones de campo ideales y no así con las verdaderas.



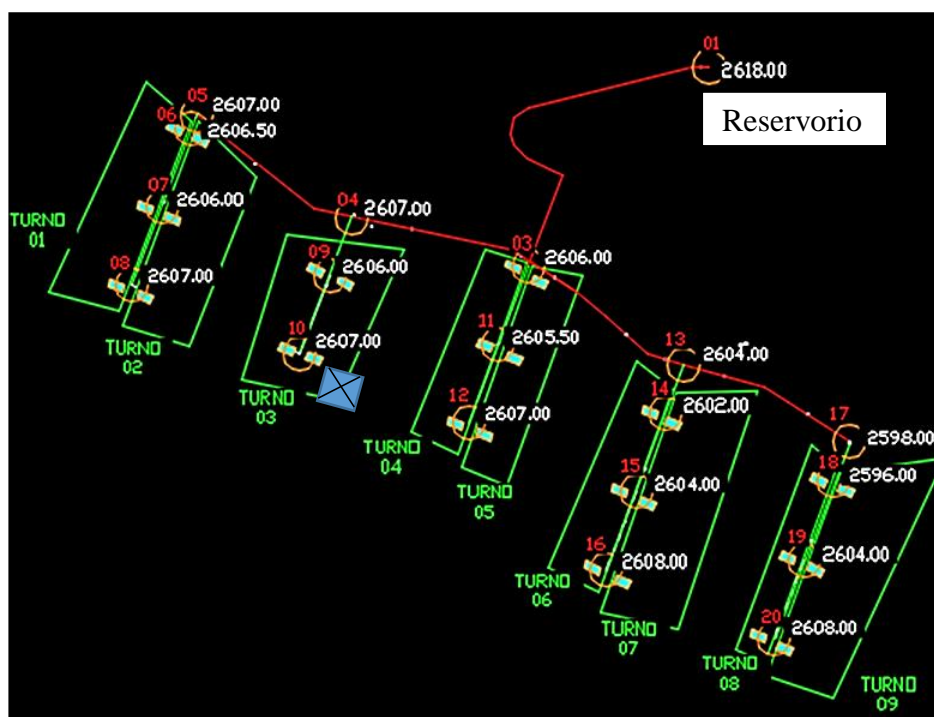
**CAPÍTULO V**  
**RESULTADOS OBTENIDOS**

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS OBTENIDOS

#### 5 SOLUCIONES A LOS RESULTADOS OBTENIDOS

##### 5.1 SOLUCIONES POSIBLES A LOS FALLOS DEL SISTEMA DE RIEGO



##### 5.1.1 Incrementando la columna de agua en el reservorio

Como se puede evidenciar el tanque o reservorio tiene una altura muy conservadora que es de 11 metros con diferencia del cabezal (el gotero especifica 10 mca como mínimo de presión dinámica), que pasaría si estuviera más alto de lo que se encuentra construido.

Haciendo el análisis de la altura del reservorio aplicando a la red de distribución.

Qnodo: 1,85 lt/seg.

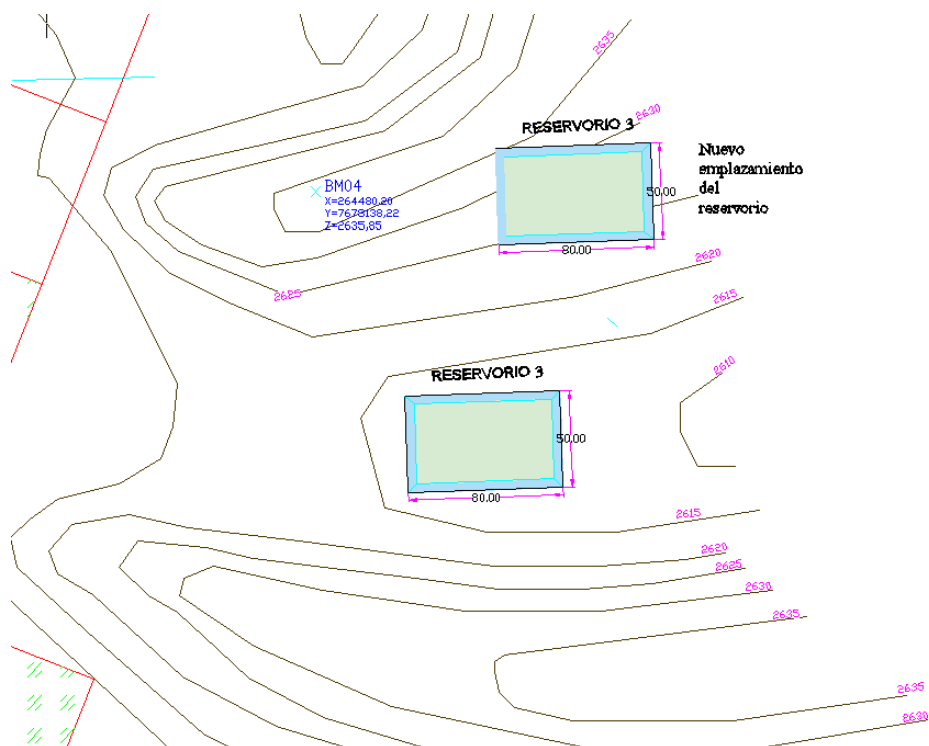
Coef. C: 140,00

COTA-RES: 2626,00 msnm

Hmin: 10,00 mca

TRAMO	COTA I.	COTA F.	L(m)	N° EMIS./TURNO	Qdiseño (l/s)	D(pulg)	HF (m)	HF acum.	(mca)			
									PRESION DINAMICA		PRESION ESTATICA	
									ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
<b>TURNO 03</b>												
1-4	2618,00	2607,00	608,00	4,00	7,40	4,00	5,43	5,43	0,00	13,57	0,00	19,00
4-9	2607,00	2606,00	66,00	4,00	7,40	3,00	2,39	7,82	13,57	12,18	19,00	20,00
9-10	2606,00	2607,00	90,00	2,00	3,70	3,00	0,91	8,73	12,18	10,27	20,00	19,00

Si aumentaríamos la cota del reservorio a 2626 msnm (8 metros más del construido) tendríamos presiones mayores a la mínima que nos recomienda las especificaciones del gotero que es 10 mca. Esto ayudaría al que el sistema funcione de mejor manera porque hubiese mayor presión de entrada en el cabezal. Esta solución es a reservorio lleno. (Altura del agua de reservorio 2.80m)



### 5.1.2 Mayor dimensión de las tuberías de la red

Si el diámetro de la red lo aumentaríamos en una pulgada también podría ser una solución para que exista menos pérdida de carga y llegue mayor presión a los cabezales.

Qnodo: 1,85 lt/seg.  
 Coef. C: 140,00  
 COTA-RES: 2618,00 msnm  
 Hmin: 10,00 mca

TRAMO	COTA I.	COTA F.	L(m)	N° EMIS./TURNO	Qdiseño (l/s)	D(pulg)	HF (m)	HF acum.	(mca)				
									PRESION DINAMICA		PRESION ESTATICA		
									ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	
<b>TURNO 03</b>													
1-4	2618,00	2607,00	608,00	4,00	7,40	5,00	1,83	1,83	0,00	9,17	0,00	11,00	
4-9	2607,00	2606,00	66,00	4,00	7,40	4,00	0,59	2,42	9,17	9,58	11,00	12,00	
9-10	2606,00	2607,00	90,00	2,00	3,70	3,00	0,91	3,33	9,58	7,67	12,00	11,00	

Como se observa en los cálculos si amentamos el diámetro de la red desde el tramo de donde sale la tubería del reservorio y en los demás tramos siguientes menos en el último

tramo 9- 10 se observa que las presiones finales y de los cabezales aumentan considerablemente.

Esta podría ser una solución más factible que la de construir el reservorio a una más altitud.

Pero no se cumple con la altura de presión mínima para el buen funcionamiento de los goteros.

### 5.1.3 Mejores filtros (anillos)

Por la calidad del agua si se aumentaría la calidad de los filtros de 120 mesh con el cual está funcionando, a un valor de 200 mesh se puede hacer una mejor filtración de agua para así evitar futuros taponamientos en los goteros. Este filtro de 200 mesh está especificado para cintas de riego, goteros y filtración fina.

Color	Mesh	Micras ( $\mu\text{m}$ )	Utilización
Oliva	30	500	Aspersión, filtración gruesa
Naranja	40	400	Aspersión, filtración gruesa
Amarillo	50	300	Aspersión, difusión, filtración semigruesa
Celeste	75	200	Difusión, microaspersión, filtración media
Gris	85	175	Microaspersión, filtración media
Verde	100	150	Microaspersión, filtración media fina
Azul	120	125	Goteo, filtración media fina
Rojo	150	100	Goteo, filtración fina
Marrón	200	75	Cinta, goteros, filtración fina
Negro	300	50	Filtración muy fina
Verde claro	750	20	Tratamientos primarios del agua
Rosa	1500	10	Tratamientos de agua, filtración ultrafina
Verde mar	3000	5	Aguas potables, filtración ultrafina

### 5.1.4 El cambio de los goteros

Se tendría que sacar todas las mangueras de riego y cambiarlas por mangueras de riego con goteros externos y ya no así con los internos porque estos externos son desarmables y más fáciles de limpiarlos. Como también colocar estos goteros externos con el diámetro del orificio mayor a 1.5 milímetros que es recomendable por la calidad de agua, son goteros con un riesgo bajo de obstrucción.

Si fuese posible el cambio de los goteros se recomienda el siguiente:

**Gotero Integrado URAGOTA AUTOCOMPENSANTE**

Membrana resistente. Una membrana de silicona de propiedades químicas y mecánicas especiales, se encarga de mantener constante el caudal de salida para el intervalo de presiones considerado. La membrana es resistente a los productos químicos usados normalmente en la agricultura (fertilizantes, herbicidas, ácidos...) y soporta un valor mínimo de pH 2.

Diferente distancia entre goteros. Para adaptar la instalación de riego a todo tipo de cultivos.

Fácil de recoger. Los goteros al ir integrados no sufren enganches con el cultivo o con el terreno.

Intervalo de presiones. La presión de trabajo recomendada se sitúa en el intervalo de 7 a 40 mca (0,7 a 4 kg/cm<sup>2</sup>). A baja presión el caudal nunca alcanzándose con rapidez la presión de trabajo. El tiempo transcurrido hasta que alcanza la función autocompensante es mínimo. Tres puntos de emisión por gotero reducen la posibilidad de obstrucción por succión de partículas e impiden que el agua quede retenida en su interior desarrollando algas o precipitados.

Filtro incorporado. Un doble filtro elevado integrado en la entrada de agua produce una protección adicional, resultando un gotero con muy baja sensibilidad a la obstrucción ya que desvía las partículas hacia arriba, reduciendo la cantidad de sedimentos mientras el sistema trabaja y evita la acumulación alrededor del filtro, impidiendo que entren en el gotero.

Autolimpieza. La membrana incorporada actúa también como un mecanismo de auto limpieza, especialmente en condiciones de baja presión.

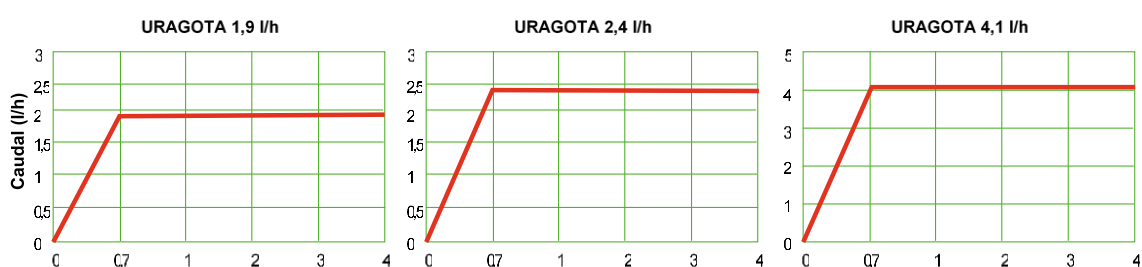
#### ESTRUCTURA DEL GOTERO



## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Diámetro exterior (mm)	Espesor mínimo de pared (mm)	Espesor nominal de pared (mm)	Diámetro interior nominal (mm)	Presiones de trabajo (kg/cm <sup>2</sup> )	Caudales nominales (l/h)
16	1,0	1,1	138	0,7 - 40	1,9 - 2,4 - 40
20	1,1	1,2	176	0,7 - 40	1,9 - 2,4 - 4,1

### CURVAS CAUDAL (l/h) - PRESIÓN (kg / cm<sup>2</sup>)



Previamente se debe realizar la limpieza de la subunidad y del sistema para poder aplicar estas soluciones.

#### 5.1.5 Colocando una bomba de presión

Para poder aumentar la presión en el cabezal de la parcela se puede optar en colocar una bomba a gasolina para que ésta ayude en la falta de presión en el cabezal del sistema.

- Calculo del Hm de la bomba del cabezal

Donde Hm: Es la altura de presión necesaria para el grupo de bombeo.

Presión a la salida del cabezal (dato del diseño hidráulico de la unidad) = 10.19 mca.

Perdida de carga en el filtro de anillas = 2 mca.

Perdida de carga de puntos singulares = 2mca.

$H_m = 10.19 + 2 + 2 = 14.19$  mca.

- Calculo de la potencia del grupo de bombeo del cabezal

$$N = \frac{Q * Hm}{270 * \eta}$$

Donde:

$Hm = 14.19$  mca.

$Q = 5976$  l/h =  $5.976$  m<sup>3</sup>/h (caudal máximo que necesita el sistema)

Rendimiento ( $\eta$ ) = 70 % (rendimiento de la bomba)

$$N = \frac{5.976 * 14.19}{270 * 0.70} = 0.45 \text{ c. v.}$$

Entonces transformando los caballos de vapor a HP

$$0.45 \text{ cv} * \frac{0.986 \text{ HP}}{1 \text{ cv}} = 0.44 \text{ HP}$$

Por lo que asumimos una bomba de 1 HP, pero en el mercado se encuentra de 2 HP.

Y es una bomba de 2 HP que se recomienda utilizar en el cabezal.



Son las dos bombas que se cotizaron para colocar en el cabezal del sistema el de la izquierda es de 2 HP de marca LUTIAN y el de la derecha es de 2.5 HP de marca HONDA

#### 5.1.6 Operación y mantenimiento

Para aumentar su vida útil, todo sistema de riego requiere proteger y conservar sus obras y equipos mediante actividades de operación y mantenimiento. En sistemas tradicionales,

estas actividades suelen efectuarse como procedimientos rutinarios, de acuerdo con reglas no escritas que todo usuario conoce y está de acuerdo en cumplir.

En los sistemas de riego tecnificado, los requerimientos de operación y mantenimiento son más específicos y a la vez más importantes para el funcionamiento del sistema. Estos requerimientos deben formar parte de los cursos de capacitación a los usuarios.

Los procesos de operación y mantenimiento se definen de la siguiente manera:

**Operación:** es una labor permanente que realizan los usuarios en el manejo de las diferentes obras hidráulicas de una infraestructura de riego, con el fin de lograr la distribución de agua según los derechos y obligaciones que corresponde a cada usuario, acorde a los requerimientos de las plantas y tratando de optimizar la eficiencia del uso de agua.

Las actividades de operación más comunes en los sistemas de riego tecnificado son: apertura y cierre de válvulas, cargado de tubería, verificación de salida de aire, control de presiones, control de funcionamiento de emisores, evaluación de sectores de pérdidas.

**Mantenimiento:** es la tarea continua y/o periódica cuya finalidad es conservar y prolongar en buen estado el conjunto de obras hidráulicas y equipos de riego. En los sistemas colectivos, estas tareas deben ser coordinadas por la organización de regantes, con una buena definición entre las responsabilidades colectivas y las individuales.

Los problemas comunes que se presentan en los sistemas de riego tecnificado son: obstrucción de emisores (goteros, micro aspersores y aspersores), obstrucción de filtros (malla, anillas, grava), desajuste de válvulas y roturas y obstrucción de tuberías (principales, secundarias y laterales).

En los sistemas colectivos, en general, la organización de regantes asume la responsabilidad de la operación y el mantenimiento de las estructuras comunes (captación, red principal, cámaras de carga y de rompedor) hasta la entrega del agua a los hidrantes de los agricultores. La organización puede encargar las tareas al conjunto de usuarios o encargarlas a una persona en específico.



Desde el hidrante y dentro de la parcela, las actividades de operación y mantenimiento son responsabilidad del mismo agricultor.

Por naturaleza, las actividades de operación, se efectúan cada vez que se riega. Mientras que las actividades de mantenimiento se tienen que organizar de forma regular, de acuerdo con los requerimientos de cada componente.

El proceso de mantenimiento se debe planificar considerando los siguientes lineamientos:

- Un inventario de los componentes de la infraestructura que necesitan mantenimiento.
- La identificación del tipo, la complejidad y la periodicidad de los trabajos de mantenimiento necesarios, que pueden variar de acuerdo con la intensidad del uso y las fluctuaciones en la calidad del agua.
- La determinación de fechas de ejecución de trabajos de mantenimiento.
- La determinación de las necesidades de mano de obra para llevar a cabo el mantenimiento.
- La elaboración de un presupuesto y el establecimiento de prioridades pertinentes.
- La disponibilidad de recursos (propios o gestionados) para ejecutar procesos de mantenimiento.

Para los trabajos de mantenimiento y operación, hay que tomar en cuenta la accesibilidad hacia las obras, la disponibilidad de materiales y productos necesarios, los cambios en la calidad de agua, volúmenes disponibles y mano de obra local libre para las actividades planificadas. El manual de operación y mantenimiento se encuentra en el anexo “D”.

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CAPÍTULO VI

### 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 CONCLUSIONES

- Cuando se realizó la verificación del diseño hidráulico del sistema de riego Jailia se llegó a observar, que el ingeniero o profesional encargado fue muy conservador en el diseño de la altura del tanque. Se dio el rango de 10 metros de desnivel de altura de carga estática y 4 mca como altura mínima de carga dinámica del reservorio con respecto del cabezal de la parcela. Y como se pudo evidenciar esta altura de carga no fue suficiente y es que las especificaciones técnicas del gotero que usaron dicen claramente que la altura mínima en el inicio del lateral tiene que ser de 10 mca. Esto se podría haber realizado por la falta de desnivel en la zona o terreno.
- El proyecto no contaba con el diseño hidráulico. Por este motivo se lo realizó para verificar que las tuberías terciaria y lateral cumplan con respecto a las tuberías que pusieron en la construcción del sistema. Y si se pudo evidenciar que son las correctas, sólo en la lateral se colocó un diámetro menor por el tema de costos del proyecto.
- El proyecto no contaba con el diseño agronómico, así que se lo realizó y los resultados nos indican que según el diseño agronómico se debería colocar 2 goteros por planta, pero en el sistema se colocó solo un gotero por planta. Esto pudo ser por la nueva distribución de las laterales.
- El proyecto fue diseñado para una distribución específica de laterales y goteros que fue de 100 metros de longitud y separadas cada 3 metros con un total de 1500 goteros por parcela con caudal de 4 l/h. En cambio, se construyó con más laterales para no desperdiciar los espacios vacíos que dejan las laterales y es de 80 metros de longitud con una separación de laterales de 1 metro con un total de 3334 goteros con un caudal de 2 l/h.
- Se tiene una gran limitante al momento de decidir qué tipo de tuberías se deben colocar en el sistema, en este proyecto se colocaron mangueras de riego regulares por el costo que tienen ellas y por la cantidad de metros lineales que se van a

utilizar en este proyecto, además como son proyectos de apoyo estatal hay un poco de restricciones en los precios.

- Este proyecto para que funcione de una mejor manera se tiene que hacer diferentes cambios que fueron resultados del diagnóstico del sistema se presentan a continuación:
  - El aumento de la altura del reservorio es una de las opciones que se plantearon porque viendo la topografía se puede realizar este cambio y debería ser suficiente para que el sistema funcione mejor porque la presión es la clave en este tipo de sistemas, el cálculo es el siguiente:

Qnodo: 1,85 lt/seg.  
 Coef. C: 140,00  
 COTA-RES: 2626,00 msnm  
 Hmin: 10,00 mca

TRAMO	COTA I.	COTA F.	L(m)	N° EMIS./TURNO	Qdiseño (l/s)	D(pulg)	HF (m)	HF acum.	(mca)			
									PRESION DINAMICA		PRESION ESTATICA	
									ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
<b>TURNO 03</b>												
1-4	2618,00	2607,00	608,00	4,00	7,40	4,00	5,43	5,43	0,00	13,57	0,00	19,00
4-9	2607,00	2606,00	66,00	4,00	7,40	3,00	2,39	7,82	13,57	12,18	19,00	20,00
9-10	2606,00	2607,00	90,00	2,00	3,70	3,00	0,91	8,73	12,18	10,27	20,00	19,00

El punto 10 es donde encuentra el cabezal de la parcela y hay un cambio evidente de la presión de 2.27 a 10.27 mca.

El costo de esta solución es de 780,000.00 bolivianos este precio es referencial y no así un precio único. Y puede que esta opción no sea muy conveniente por el alto costo que tiene.

- Al aumentar las dimensiones de las tuberías de distribución se podría aumentar un poco la presión al comienzo del cabezal de 2.27 a 7.67 mca esto podría mejorar el funcionamiento de los goteros y de la uniformidad de la parcela. Sólo se tendría que cambiar dos tramos del sistema el tramo 1-4 de 4 a 5 pulgadas y el tramo 4-9 de 3 a 4 pulgadas como se muestra en la tabla de cálculo. Y la tubería a cambiar sería de 5 pulgadas 608 metros y 66 metros de 4 pulgadas con un costo aproximado de 95000 bolivianos.
- El cambio de los filtros podría ser una opción de 120 mesh que está actualmente a 200 mesh, pero es sólo una recomendación porque no se sabe cuánto mejoraría el sistema porque no se realizó el cambio del filtro, pero por las características del filtro nuevo se pondría que tendría que haber un

poco de mejora, pero sólo en la obstrucción de los goteros y no así en la presión de sistema. Se propuso este cambio por la obstrucción de varios goteros del sistema que se observaron en la visita de campo. Y esto se debería porque no hay tratamiento de aguas y poco mantenimiento del sistema de filtrado.

- El cambio de gotero sería una opción de mejorar el sistema, pero como es un sector campesino no sería tan conveniente por el alto costo que lleva colocar goteros de primera y no sería una buena opción desde el punto de vista económico, pero del punto de vista técnico si sería una buena opción porque son goteros Autocompensantes integrados y ayudarían a la baja presión del sistema.
- El colocar una bomba en el cabezal del sistema se ve que es una de las opciones más viables por el costo que lleva realizarla. Porque sería de comprar una bomba de 2 HP con todos sus accesorios y el costo sería de 2900 bs una bomba Honda de 2.5 HP. O también una bomba Lutian más económica de 1800 bs de 2 HP.

Pero se recomendaría colocar la Honda por la mejor calidad de la bomba.

- Se llegó a la conclusión de que un diagnóstico y la evaluación de un sistema vienen acompañados, porque si la evaluación está por debajo del rango bueno, quiere decir que no solo con la evaluación y las recomendaciones de la misma se podrá dar un buen resultado. Se tendría que hacer el diagnóstico para así poder tener un mejor resultado, más amplio, preciso y completo para el mejoramiento del sistema.

VALOR DE LA UNIFORMIDAD DE DISTRIBUCIÓN	CALIFICACIÓN	DIAGNÓSTICO
Mayor de 95 %	EXCELENTE	NO
De 85 a 95 %	BUENA	NO/SI
De 80 a 85 %	ACEPTABLE	SI
De 70 a 80 %	POBRE	SI
Menor de 70%	INACEPTABLE	SI

En nuestro caso estamos en el rango de inaceptable menor al 70% del valor de uniformidad porque nuestro resultado fue 54.025 %. Y si se recomienda realizar un diagnóstico del sistema.

- Cuando se reciba un sistema de riego hay que hacer la calibración y evaluación del mismo para verificar que el diseño se cumple con lo que se construyó, y verificar como esta funcionando tendría que estar funcionando al 100% de cómo se diseñó, porque es nuevo.
- Con una mala operación y manteniendo del sistema no va funcionar bien, vamos a tener estos problemas de baja uniformidad que se nos presentó en este sistema de riego.
- Planteamos lineamientos de operación y mantenimiento de sistemas de riego, son los siguientes:
  - Primeramente, tiene que crearse su comité de riego en el cual tiene que haber un sub comité de mantenimiento del sistema ya que la operación se realiza de manera frecuente y para esto se les capacita a todos los beneficiarios.
  - El reservorio tiene que tener un buen mantenimiento y operación porque depende de la calidad de agua que se reparta para que los emisores se tapen. Mediante una limpieza cuando este medio vacío mediante una tubería de desagüe del reservorio para botar arenas limos e impurezas del reservorio.
  - El sistema de filtrado que se encuentra después de la salida del reservorio debe ser limpiado por lo menos una vez al mes.
  - Se debe recorrer el sistema de tuberías para poder verificar que éstas no tengan fallas, se puede observar estas fallas mediante lugares humedecidos cercanos al sistema de tuberías (primarias, secundarias y terciarias). Si se encontrase fallas se debe realizar las correcciones respectivas.
  - El cabezal tiene que estar protegido para que no se arruinen sus componentes por las condiciones climáticas externas, tiene que tener una pequeña caseta. Se recomienda limpiar el filtro del cabezal antes y de cada turno de riego.

- Por lo menos una vez al mes realizar la limpieza de las laterales abriéndolas al final para que se salgan las impurezas fuera de la unidad de riego, se la realiza hasta que el agua que salga sea clara.
- Los goteros en este caso no se pueden limpiar por separado porque son integrados a las mangueras de riego, así que se tiene que hacer limpieza con productos químicos.
- El resultado de la evaluación técnica del coeficiente de uniformidad del sistema de riego Jailia fase-3 nos dio un resultado de 54.025 % de uniformidad lo que nos clasifica el sistema como inaceptable por su mal funcionamiento y operación.

VALOR DE LA UNIFORMIDAD DE DISTRIBUCIÓN	CALIFICACIÓN
Mayor de 95 %	EXCELENTE
De 85 a 95 %	BUENA
De 80 a 85 %	ACEPTABLE
De 70 a 80 %	POBRE
Menor de 70 %	INACEPTABLE

- No se tomará en cuenta la obra de toma de este proyecto, porque la misma fue una primera fase del proyecto junto con la aducción. Y como no se pudo conseguir no se logró hacer los análisis respectivos.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- Mayores capacitaciones en operación y mantenimiento de sistemas de riego por goteo al momento de la entrega de la obra y no así después de años de su funcionamiento.
- Los filtros a la salida del reservorio no son constantemente limpiados se debería realizar la limpieza de manera periódica.
- Controlar las fugas en la salida del reservorio porque en la cámara de llave se pudo evidenciar que existe fugas de agua mediante un buen sellado de la tubería en la cámara.
- Existe evidentemente la obstrucción de los goteros porque se pudo observar en la visita que existía blanqueamiento en la salida de los goteros y además de algunas

algas en las muestras tomadas en el momento de aforar los caudales. Las recomendaciones para el mantenimiento y limpieza de los goteros es la siguiente: La manera más fácil de limpiar el sistema es la utilización de cloro con las consideraciones siguientes:

- Con pH superiores a 7.5 en el agua los requerimientos de cloro son mayores y en nivel del cloro libre al final de los laterales debe ser del orden de 2 a 3 partes por millón (ppm).
  - Niveles mayores de cloro no aumentan la eficacia del cloro libre, pero si puede dañar a plantas susceptibles a estas como ser (frutilla y frambuesa).
  - La inyección de cloro debe realizarse antes de los filtros para evitar los crecimientos bacterianos.
  - La muerte de microorganismos requiere un tiempo como mínimo de contacto de 30 minutos.
  - La inyección de ácidos para reducir el pH del agua a un valor cuando menos ligeramente ácido, puede aumentar la efectividad de un tratamiento de cloro. (el pH del agua del sistema de riego es de 7)
  - Cuando se acidifica el agua de riego en forma simultánea a la aplicación del cloro, utilice por separado. Nunca utilizar el mismo estanque para la mezcla ya que existen riesgos de intoxicación del operador por liberación de gases venenosos.
  - Siempre adicionar el cloro al agua y no así al revés.
- Se recomienda la limpieza inmediata del sistema para aumentar la uniformidad de riego en el sistema.
  - Para una buena toma de datos se recomienda que se deje una media hora funcionando el sistema para que no exista fallas en la toma de muestras y recopilación de datos.
  - Si no se puede medir presiones por que el sistema no deja o porque el dueño no lo permite, no se tenga problema porque con la lectura de la presión en el cabezal de riego se puede saber con cuanta presión se mantiene las laterales de riego. Y si cumple el mínimo establecido por el gotero tendría que estar funcionando correctamente el sistema de riego en función a esa presión.



- Para realizar una buena evaluación se recomienda hacer una limpieza de la unidad si son goteros desmontables sería más rápida y sencilla la limpieza, si no fuese el caso basta con limpiar las laterales dejando salir el agua acumulada al momento del regado para mejorar resultados de la evaluación del sistema de riego.
- Se debería crear una organización técnica especializada para este tipo de seguimientos, que sólo se encarguen de operación y mantenimiento. Además de las evaluaciones de estos sistemas de riego que tanta falta hacen a los campesinos y productores.
- Se recomienda realizar más diagnósticos y evaluaciones al sistema para tener un resultado general del sistema de riego por goteo Jailia.
- Se debería realizar diagnósticos y evaluaciones a otras zonas campesinas para saber si están funcionando de la misma manera o tienen mayor conocimiento de estos sistemas de riego.
- Se debería mejorar el componente de ATI asistencia técnica integral porque al parecer no es suficiente o tal vez mejorarlo para así tener mejores resultados, porque este componente del proyecto es muy importante en la parte de la capacitación del buen manejo y operación del sistema, como también de la producción agrícola.