

1.1 INTRODUCCIÓN

El riego es el regulador más seguro que permite al agricultor la alternativa de años de superabundancia con otros de mucha escasez. Este aspecto impulsa a estimular su implantación con importantes inversiones colectivas, combinadas con medidas individuales, con subvenciones créditos y concejos técnicos.

Las necesidades de la agricultura son las que, finalmente, condicionan las acciones por las cuales debe ser considerada y coordinada la utilización del agua.

El riego con un suministro suficiente de agua, un suelo adecuado y una buena administración, debe asegurar con continuidad, un alto rendimiento, de las cosechas por unidad de superficie cultivada.

En la comunidad de **CHOCLOCA**, lugar donde se desarrolla el presente trabajo, el riego es regular, disponiendo de agua para riego, especialmente en los meses de mayor demanda, lo que hizo posible la ampliación de la producción agrícola, con el mejoramiento del nivel tecnológico de producción y un manejo sostenible de los recursos naturales.

El presente proyecto desarrolla en forma detallada, el diseño hidráulico de un "**SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO**" de una propiedad privada ubicada en la Comunidad de Chocloca, dedicada exclusivamente a la **producción de la vid**, actualmente tiene un sistema de riego por **gravedad** que capta las aguas por bombeo de un canal de H°C° de 0.65 por 0.45 (mts.) con un caudal de 0.127 (m³/seg) que pasa por la parte baja del terreno, que sus aguas provienen del Río Camacho.

Siendo el agua un elemento que tiende a disminuir por otros usos, y que están cada vez más contaminados, hemos visto la necesidad de plantear esta alternativa de riego que permite optimizar el agua, como es el "**SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO**", obtener mejores rendimientos de la producción de la vid.

El objetivo mayor del proyecto es favorecer el incremento del ingreso económico del productor, mediante la creación de mejores alternativas de riego para la producción agrícola y el mejoramiento del sistema de riego.

Los componentes del proyecto han sido analizados y definidos en forma conjunta con el productor que el mismo responde a las necesidades. Por sus características de tamaño de obras, nivel de inversión, área a regar y un solo cultivo beneficiado, es un proyecto de Micro Riego.

1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO

Geográficamente la provincia Avilés se encuentra situada al extremo Noroeste del departamento de Tarija, República de Bolivia, conformado los dos municipios de Uriondo y Yunchará.

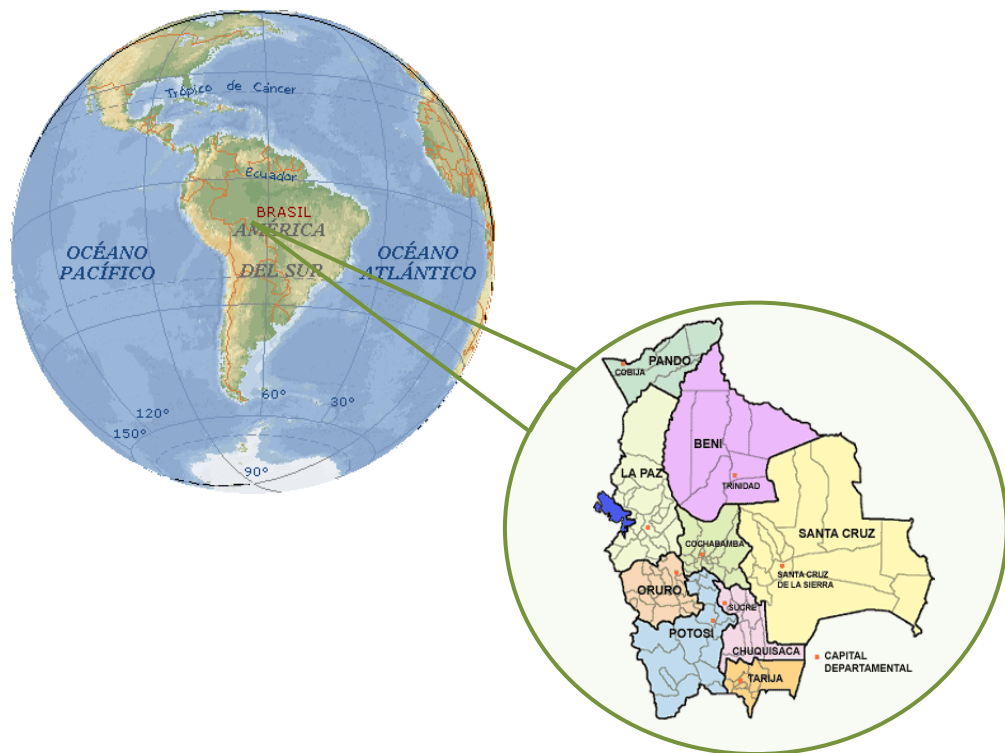
- **Latitud y Longitud del Proyecto**

El proyecto se encuentra ubicado en la coordenada 21° 44' 53" Latitud Sur y 64° 43'46" Longitud Oeste.

- **Límites Territoriales del Proyecto**

El proyecto limita, al Norte con la Comunidad de Saladillo, al Sur con Charaja, al Este con Barrientos y al Oeste con la Comunidad de Huayco Grande.

LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO EN EL PAÍS



UBICACIÓN DE LA ZONA DEL PROYECTO

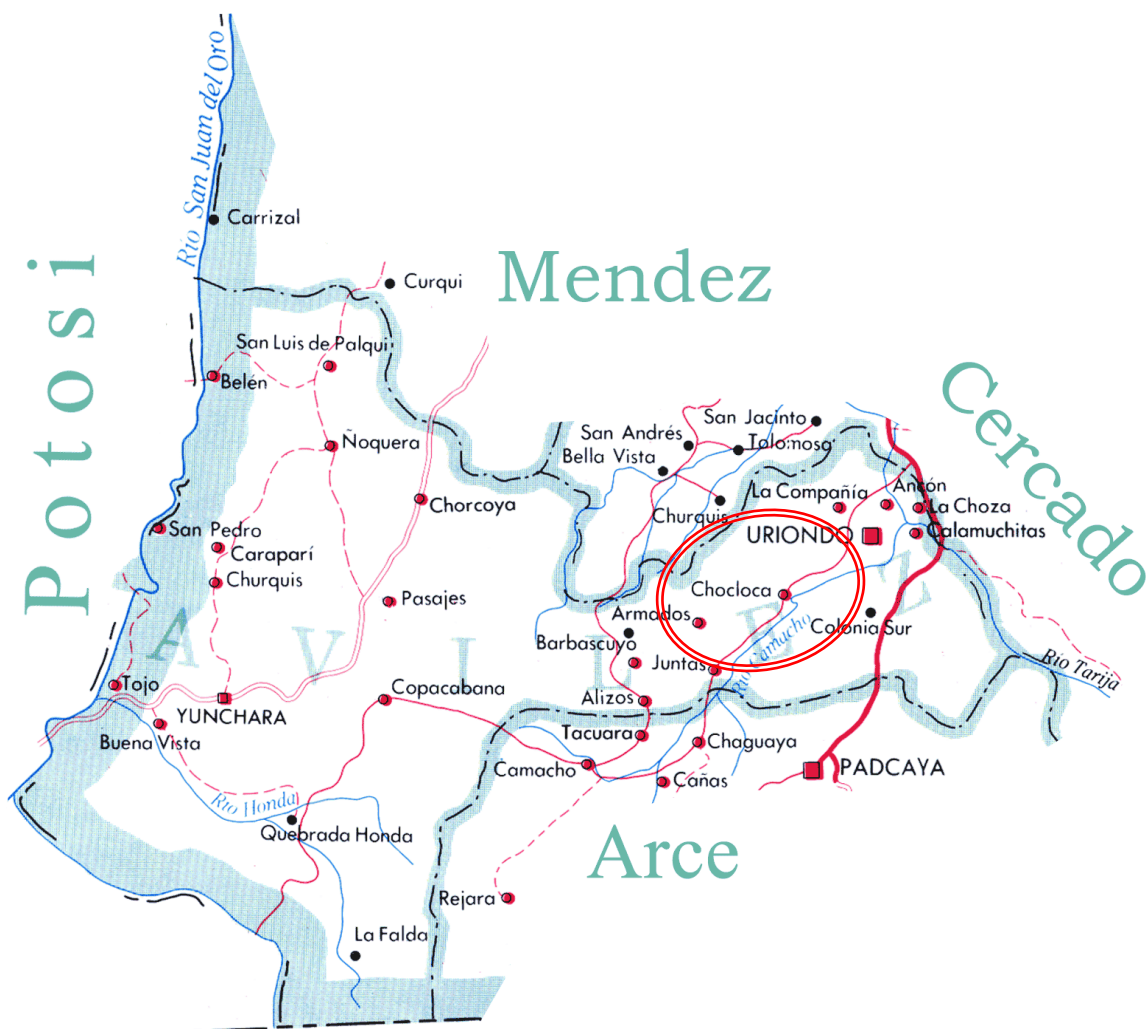


UBICACIÓN DEPARTAMENTAL DE LA ZONA DEL PROYECTO



1.2.1 Ubicación del Proyecto

Chocloca, se encuentra ubicada en el Distrito de Uriondo, primera sección municipal de la Provincia Avilés, en la coordenada 21° 44` 53” Latitud Sud y 64° 43` 46” Longitud Oeste, a una altura de 1795 m.s.n.m. a 36 Km. de la Ciudad de Tarija, Limita al Norte con la Comunidad de Saladillo, Al Sur con Charaja, al Este con Barrientos y al Oeste con la Comunidad de Huayco Grande.



1.3 ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

El área de influencia se limita a la propiedad del señor Justino Alcoba, que beneficia un cultivo de vid de la zona.

El señor Justino Alcoba Vilca tiene cuatro hijos, de los cuales dos son hombres y dos mujeres, teniendo un total de diez integrantes en la familia.

1.4 ANTECEDENTES

La economía del propietario; gira en torno a la producción agrícola de la vid; la comercialización de este producto demanda mejoras en el cultivo para el mercado de la ciudad de Tarija.

La producción agrícola se caracteriza por contar con suelos adecuados para cultivar viñedos.

La vid requiere de riego, para garantizarnos una buena vegetación y producción, porque esta planta es muy exigente en agua, especialmente durante la primera fase de desarrollo vegetativo.

1.5 JUSTIFICACIÓN

El valle central de Tarija es el principal productor de la vid en nuestro país, y siendo éste su principal rubro, es inconcebible que esta planta se la cultive regándola rústicamente, con grandes desventajas para su producción.

En nuestros días, la racionalización del agua, tanto para su mejor aprovechamiento por su escasez como por su costo, que día a día se convierte en un reto fundamental el buen aprovechamiento de este recurso, y no solo por su escasez, sino también por economía, puesto que al derrochar el agua, los productores encarecen la producción y no pueden disponer del agua adecuadamente para una óptima producción el cultivo.

Día a día la mano de obra se encarece. Mediante la utilización del riego por goteo, la mano de obra necesaria en la agricultura se reducirá, ya que la fertilización se automatizará dando una mayor eficiencia al sistema y menor costo de mano de obra. Además el conocido deshierbe en los cultivos se verá reducido, ya que al regarse únicamente la zona radicular y no todo el marco de plantación, hará posible la reducción del crecimiento de las malas hiervas, y por lo tanto menor necesidad de mano de obra para el deshierbe de las mismas.

En octubre de 2000, por convenios entre el Centro Nacional Vitivinícola con asiento en el Valle de la Concepción de Tarija, y los Viveros Rinconada de Chile, llegaron especialistas en riego y en fruticultura, los cuales en sus exposiciones mostraron fotografías de cómo los suelos marginales de hasta un 30% de pendiente son en la actualidad aprovechados gracias al sistema de riego por goteo.

Otro factor importante es el rendimiento, la calidad y la eficiencia, ya que al tratarse de cultivos con fines industriales, el rendimiento y sobre todo la calidad del producto son sumamente importantes, y con otros sistemas de riego, el estrés y la fatiga de la planta expresados como resultado en un pobre rendimiento y baja calidad, son casi inevitables.

La uniformidad que ofrece el riego por goteo, es otro factor importante que justifica su estudio, ya que permite que todas las plantas en la finca gocen de un mismo trato en riego y fertilización, reflejado en una igual producción y calidad de todos los viñedos.

Siendo Tarija un gran productor de vid, cuenta con empresarios que desde muchos años vienen preocupándose del tema, y ante su inquietud de mejorar sus viñedos, tuvieron que recurrir a profesionales extranjeros (Israelitas y Sudafricanos). Sin embargo, la falta de un buen y permanente asesoramiento local, ha hecho que sus sistemas de riego no cumplan adecuadamente su función, por lo que nuevamente llegamos al problema del mal aprovechamiento del agua y maltrato a los cultivos, reflejado en el aumento del costo de producción y sobre todo en una producción no óptima.

Por todo lo expuesto líneas arriba se justifica el presente estudio.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1. Objetivo general

El objetivo general del proyecto es: dotar de un sistema de riego para aumentar la calidad de vida del agricultor, para mejorar su producción y reduciendo su gasto.

1.6.2. Objetivos específicos

- Incrementar el área de cultivo bajo riego óptimo.
- Implementación de sistema de riego a goteo hasta su finca.
- Aprovechar óptimamente el caudal disponible de agua de riego.
- Optimizar el uso del agua de riego en la producción agrícola.

1.7 ALCANCE DEL PROYECTO

El presente proyecto abarcará el diseño a nivel de ingeniería de un sistema de riego localizado o riego por goteo para una propiedad privada en la “Comunidad de Chocloca”.

- Estudio topográfico
- Análisis del agua para riego
- Estudio de suelos
- Balance hídrico (ABRO 3.1)
- Ingeniería del proyecto
- Presupuesto de la obra
- Planos

2.1 ASPECTOS SOCIO ECONÓMICOS

2.1.1 Principales Actividades Económicas de la Comunidad de Chocloca

Las actividades económicas de los productores de la comunidad de Chocloca son: la producción agrícola y la ganadería.

➤ **Actividad Agrícola**

En la Comunidad de Chocloca y toda el área de influencia, la producción de sus principales cultivos de la zona son: el maíz, papa, cebolla, la vid, duraznos, tomate, arveja, zapallo, pimentón y maní.

La comunidad está vinculada principalmente, con la ciudad de Tarija, que está a una distancia aproximada de 36 Km. de camino asfaltado. El precio de los productos es fijado de acuerdo al comportamiento del mercado, que los provee, de mercadería de consumo familiar y algunas veces herramientas para la producción.

➤ **Actividad ganadera**

Los principales animales de los productores en la zona son: vacas, cabras, chanchos y gallinas.

El ganado vacuno: Las razas que se tiene son mejoradas como vacas holandesas y criollas, donde son utilizados para producción de leche, cría, etc.

Las principales enfermedades por las que se ven afectadas son: el carbúnculo, fiebre aftosa, piroplasmosis.

El ganado porcino: Es raza mejorada, donde en su mayoría son utilizados para auto consumo, cría, muy poco para la venta.

Las principales enfermedades que afecta a este ganado son: carbúnco, fiebre aftosa, piroplasmosis, pizzota.

El ganado caprino: Que son utilizados principalmente para la cría y autoconsumo, y muy poco para la venta, siendo la principal enfermedad el carbunco.

El ganado menor: Es la crianza de gallinas criollas, que son utilizadas para producción de huevos y autoconsumo. Las principales enfermedades que afectan a estos animales son: la diarrea blanca, moquillo.

2.2 ASPECTOS SOCIALES

Las principales actividades sociales de los productores de la comunidad de Chocloca y de toda el área de influencia es: la agricultura, ganadería, crianza de vacas holandesas, etc.

2.2.1 Servicios Básicos

Los servicios básicos que existen en la comunidad de Chocloca, se describen a continuación.

2.2.1.1 Agua Potable

El servicio de agua potable en Chocloca. Ya fue cumplido para abastecer de agua potable y satisfacer deficiencias y las demás que se tienen en época de estiaje.

2.2.1.2 Alcantarillado

Chocloca cuenta con un sistema de alcantarillado, que cubre al 95 % de la población.

2.2.1.3 Energía Eléctrica

La comunidad de Chocloca cuenta con el servicio básico de energía eléctrica que es utilizada para la iluminación de sus viviendas y el funcionamiento de aparatos electrodomésticos.

2.2.1.4 Educación

En educación se cuenta con el colegio de Chocloca (primaria y secundaria). Tiene una infraestructura nueva, cómoda y en buen estado.

Los estudiantes de las comunidades aledañas para culminar sus estudios de secundaria tienen que trasladarse al colegio de Chocloca, aumentando la población estudiantil.

2.2.1.5 Salud

Los servicios de salud que es, uno de los esenciales para la vida de los habitantes de la zona, son atendidos por un pequeño Hospital y una ambulancia.

2.3 ASPECTOS CLIMÁTICOS

Comportamiento de las condiciones climatológicas.

2.3.1 Precipitaciones Pluviales

La precipitación pluvial máxima diaria en la Comunidad de Chocloca, llega a 165.0 mm., con lluvias concentradas en los meses de diciembre a marzo (aproximadamente el 90 % del total), menos intensas en los meses de octubre y noviembre, bajas en marzo.

2.3.2 Temperatura

En Chocloca existen grandes diferencias de temperatura, según la Estación Climatológica (Chocloca). La temperatura media anual se encuentra alrededor de los 18 °C, la mínima

mensual extrema -7 °C (mes de junio). La máxima extrema mensual con 34°C (mes de octubre).

2.3.3 Humedad

El promedio anual de humedad relativa es 55 % y en época de lluvia alcanza hasta un 65.1 % promedio mensual y durante el resto del año a un 44.2 % en promedio.

2.3.4 Helada – Granizo

Las precipitaciones de granizo en Chocloca se producen con mínima frecuencia de 0 a 1 veces por año, principalmente durante los meses de noviembre a diciembre.

El cultivo de la vid es el más afectado, que depende de la intensidad de las granizadas y heladas.

Las heladas aparecen en el invierno, generalmente en los meses de junio y julio, provocando perjuicios en la vid, durante el crecimiento del follaje, que se tiene que esperar al año siguiente, para recuperar la planta del daño.

2.3.5 Vientos

Los vientos predominantes son de dirección sud – este con una velocidad máxima de 17 Km/hr. En el mes de Noviembre del Año 1997, según la Estación Climatológica (Chocloca). Sin embargo esto no ocurre con frecuencia y solo a veces se presentan en épocas de lluvia. La velocidad promedio mensual está en el orden de 7.5 Km/hr a 9.7 Km/hr.

2.3.6 Geología

El Valle de Tarija geológicamente está conformado por una cubierta sedimentaria cuaternaria, compuesta por arcilla, grava y arena de origen fluvio-lacustre con terrazas

aluvionales que dan al paisaje un aspecto relativamente llano. Ésta cubierta es atravesada por depresiones y lechos de ríos secos.

2.4 ASPECTOS EDAFOLÓGICOS

2.4.1 Topografía

La topografía del terreno es plana, con una pendiente máxima de 0.06 %, y tiene un buen acceso. Para este fin y el de ubicar las tomas y otras obras civiles, como el de cuantificar las áreas a regar se realizó un levantamiento topográfico a detalle, que se hizo en el área de estudio como se muestra en los planos. Se constató que presenta suelos con pendientes entre 0 % y 0.06 %, que se puede regar con facilidad con sistema de riego por gravedad y este no tiene problemas para transportar el agua.

2.4.1.1 Clases de Pendientes

Para el objetivo de riego, las pendientes que existen son:

- Los suelos con pendientes menores al 1 % no necesitan sistemas anti erosivos de protección, y se pueden regar por gravedad con una pendiente de 0.3 a 0.7 %, en particular en la zona del proyecto, contamos con estas características topográficas.
- Cuando la pendiente está comprendida entre el 1 % y 4 %, se cultiva plantas que permitan el riego por gravedad (por surcos). La red parcelaria de riego y drenaje está combinada con el sistema anti erosivo.
- En los suelos con pendientes comprendidas entre el 4 y 8 %, serán cultivados forrajeros asociadas en invierno con trigo, al interior del sistema anti erosivo.
- Los suelos con pendientes comprendidas entre el 8 % y 12 %, en las cuales se cultivan viñas y frutales, en las cuales el riego será realizado por gravedad, a partir de las zanjas de los sistemas anti erosivos.

2.4.1.2 Relieve y Altimetría

Otro factor importante en Chocloca, es el micro-relieve que existe en algunas áreas de fuerte erosión laminar, donde se encuentra montículos con vegetación natural que puedan ocasionar importantes gastos de nivelación.

Un análisis de los modos de abastecimiento de agua para riego a partir de las conducciones principales. La topografía, la erosión y la presión disponible, son factores muy importantes para elección de la forma de transportar el agua. En zonas poco erosionadas, no interrumpidas, con relieves regulares y pequeñas pendientes, es más económico transportar el agua por medio de canales. En zonas donde se encuentran muchas quebradas y/o fuertes variaciones de pendiente, es más económico transportar el agua por medio de tuberías, si se dispone de una presión suficiente.

2.4.2 Suelos

El estudio de la conductividad eléctrica de suelo con fines de riego se lo realizó en tomando muestras del lugar. Los resultados se muestran en el Anexo 5. Este levantamiento tiene los siguientes objetivos:

- Determinar las características edáficas que son predominantes, con la finalidad de clasificar las tierras de acuerdo a su aptitud para riego.
- Proporcionar la información necesaria para el manejo y conservación de los suelos.

2.4.2.1 Clasificación de los Suelos Según su Aptitud de Riego

La clasificación de los suelos, se realiza para determinar la cantidad de nutrientes, sales, etc. de los mismos, con fines de aplicar riego permanente a los diferentes cultivos, viendo que los mismos estén ubicados en áreas que mejor se adapten y/o faciliten el riego.

Los suelos se clasifican agrupándolos básicamente en tres categorías que son las siguientes:

Categoría 1: Tierras aptas para riego:	Clase 1
	Clase 2
	Clase 3
Categoría 2: Tierras de aptitud imitada:	Clase 4
Categoría 3: tierras no aptas:	Clase 5
	Clase 6

En relación a las sub clases, se identificaron, las siguientes unidades según su orden de importancia.

t: Limitación por topografía

e: Limitación por erosión

s: Limitación por suelo

w: Limitación por humedad

- **Clase 1:** Son considerados como los de más alta calidad agrícola dentro del área de riego, son plantas con pendientes muy suaves y con textura de media a moderada fina.

Para mantenerlas en buenas condiciones de productividad, es necesario un programa de fertilización y de incorporación de abonos orgánico, acompañados de un riego eficiente.

- **Clase 2:** Estas tierras presentan limitaciones moderadas que lo hacen un tano inferior a los de la clase 1, su capacidad productiva es normalmente más baja y

requiere erogaciones para aumentar su productividad y dependiendo del tipo de riego, necesitan ligeras nivelaciones.

- **Clase 3:** Los suelos de esta clase poseen condiciones para el riego, aunque con mayor restricción que las anteriores, debido a que se acentúa más las deficiencias. Necesitan prácticas de manejo, conservación de suelos, y aguas más intensivas que las anteriores, necesitan por ejemplo pequeñas nivelaciones a fin de controlar la erosión hídrica, aplicación de métodos eficientes de riego, para evitar la salinización.

Dentro de esta clase se puede reconocer las limitaciones por: suelo (s), suelo-erosión (se), topografía (t), topografía-erosión (te) y suelo-topografía (st).

- **Clase 4:** Comprende suelos con aprovechamiento más limitado debido a deficiencias severas como: suelo-erosión (se), suelo-topografía (st), humedad (w), topografía-erosión (te).

En esta clase, se requiere de prácticas muy intensas a costos elevados, a fin de situarlos dentro de un marco económicamente favorable. Las prácticas aconsejables de manejo son: cultivos en fajas, en curvas de nivel, terrazas, y que los sistemas de riego sean eficientes.

- **Clase 5:** Las tierras incluidas a esta clase, se consideran marginales para el riego, porque las limitaciones son mayores y solo podrían utilizarse para pastizales y forestación. Las limitaciones de esta clase son: topografía-erosión (te), suelo-topografía (st), y humedad-suelo (ws).
- **Clase 6:** Son tierras no recomendables para fines de riego, por tener fuertes limitaciones de topografía y suelos muy erosionados, sin embargo son recomendables para propósitos forestales.

En nuestro proyecto se tomaron datos de estudios ya realizados en la zona por el IBTA (Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuario), obteniéndose las características físico-químicas del mismo.

Actualmente estos suelos están cultivados por la vid, estos suelos están representados por su textura franco arcilloso, limo arenosas y el color del mismo es pardo amarillenta, con una topografía casi plana.

En nuestro proyecto, para determinar la conductividad eléctrica del suelo, se hizo el ensayo en el Laboratorio de Suelos y Aguas del Servicio Departamental Agropecuario (SEDAG), y que está en función del tipo de cultivo a un 100% de humedad del suelo, a continuación se muestra los detalles del ensayo, ver Anexo nº 5.

2.5 ASPECTOS ECOLÓGICOS

Según el Mapa Ecológico de Bolivia (Ministerio de AA CC y Agropecuarios), el área del proyecto está ubicada en la zona de vida de Bosque Seco Templado a una altura de 1795 m.s.n.m., con biotemperatura media anual de 18 °C, variable estacionalmente en primavera, verano e invierno, las mismas imparten condiciones favorables para el crecimiento de las plantas.

El régimen hídrico del suelo, marcaba un déficit todo el año, la precipitación no era suficiente para abastecer los cultivos, porque el crecimiento de la vegetación nativa y la actividad agrícola a secano, estaba regulada más por el comportamiento hídrico del suelo.

Tomando en consideración este aspecto, la aptitud agroecológica es de regular a restringida en primavera y verano, y no apta en otoño e invierno para los cultivos agrícolas.

El manejo actual de los suelos bajo riego en Chocloca, se efectúa con maquinaria; en la preparación de los suelos y en otras prácticas de laboreo se utiliza el tractor agrícola, y en caso de no poderse utilizar maquinaria se lo realiza tradicionalmente con yuntas (bueyes) o mulas.

2.6 ASPECTOS PRODUCTIVOS

2.6.1 Tamaño, Tenencia y Uso Actual de la Tierra

El tamaño de la propiedad es de 1.42 ha., con su único dueño. Toda la superficie está cultivada a riego integral, es decir durante todo el año se riega a bombeo, destinada al cultivo de la vid.

Muchas áreas cultivadas, van mejorando gradualmente en un periodo de varios años. Muy a menudo, no obstante estas mejoras se van haciendo por tanteos, sin tener un plan. De ahí que debemos tener un plan que comprenda el uso máximo y más eficiente de los recursos de los suelos y del agua.

2.6.2 Producción Agrícola Actual

La **vid** es el cultivo principal de la zona, esta producción está orientada hacia las variedades de mesa, en vista a las ventajas demostradas en la comercialización, por lo que el producto se vende en mayor porcentaje de la producción en el mercado de la ciudad de Tarija. En base a estas preferencias, las variedades cultivadas son: Cereza, italiana, Moscatel de Hamburgo, Moscatel Rosada.

La actividad económica de la propiedad, radica básicamente en la producción de la vid, la que se presenta mejorar y ampliar, con la implementación de este proyecto. Se aplican productos agroquímicos para mejorar los rendimientos de la cosecha; se realiza una cosecha por año.

La **comercialización** de este producto se realiza en los mercados, y/o cuando la producción no es buena o es dañada por los fenómenos climáticos, esta se vende a las bodegas de la ciudad de Tarija.

El fenómeno que afecta la producción es la ocurrencia de heladas, granizadas, etc. En nuestro medio algunas veces se presentan heladas primaverales. En el mes de octubre, cuan

do las plantas se encuentran en pleno desarrollo vegetativo, las heladas queman las partes tiernas de la planta (brotes nuevos y racimos) y causan rajaduras en el tallo en el sentido vertical. Las heladas de otoño son frecuentes, produce caída de hoja y se detiene el crecimiento.

Cuando se presentan las granizadas, el fruto está en pleno desarrollo, le producen un daño irreversible a la planta, que esta tarda de dos a tres años recuperarse.

Es importante considerar que no hay deficiencia del agua de riego, factor que pueda ser que determina la producción al momento de la existencia de mayor demanda del mismo, pero que puede ser mejorada con la eficiencia de riego, para que así no se produzca pérdidas de ningún tipo, al contrario se mejore la producción.

CUADRO 2.1 Valor agregado de los cultivos sin proyecto

CULTIVO	UNI.	RENDI.	PRE. UNIT. Bs.	COS. PROD. Bs.
vid	cajas	2.500	90	225.000

Fuente: productor Justino Alcoba

CUADRO 2.2 Valor agregado de los cultivos con proyecto

CULTIVO	UNI.	RENDI.	PRE. UNIT. Bs.	COS. PROD. Bs.
vid	cajas	10.000	90	900.000

Fuente: productor Justino Alcoba

2.6.3 Sistema de Riego Actual

Actualmente durante los meses de lluvia no se llega a cubrir todas las hectáreas, por lo que se procede a regar con el caudal que trae el Río Camacho, durante todo el año, a través de un canal rectangular de H°C° que llega hasta la cabecera de la finca.

2.6.4 Infraestructura

La producción agrícola es semi-mecanizada utiliza durante el proceso productivo maquinaria agrícola, implementos agrícolas a tracción animal, herramientas manuales (azadón, pala, machete, etc.). Todo es de propiedad del productor.

2.6.5 Uso del Agua y Riego

El método de riego más utilizado es por surcos (rayas), utilizando un caudal por surco aproximadamente entre 2 a 4 l/s, dependiendo de la longitud del surco que generalmente está entre los 100 y 120 m. de longitud.

3.1 CLIMA Y RIEGO

En la superficie de la tierra, tanto la evapotranspiración como la lluvia están distribuidas de manera tal, que determinan regiones geográficas con características climáticas propias altamente diferenciadas

La evapotranspiración, en cuanto al régimen y a su valor anual, condiciona la actividad vegetativa y por ende la actividad agropecuaria y su distribución territorial, desde los climas donde es mínima y por lo tanto no es posible desarrollar cultivos, hasta aquellos que abarca todo el año.

Al comparar el régimen de la evapotranspiración potencial con el de la precipitación, nos permite definir globalmente la situación hidrológica de una región y sus posibilidades de desarrollo, por otra parte nos permite determinar el periodo de actividad vegetativa del cultivo, los déficits y excesos del agua, si los hubiese y el grado de intervención del hombre requerido para corregir tales irregularidades.

El riego permite compensar el déficit de agua y el drenaje eliminar el exceso. La facilidad de llevar a cabo obras y prácticas de riego para compensar el déficit, depende del o de los lapsos en que el mismo se extiende y de su significado económico y social. A tal fin se distinguen los siguientes tipos de riego: riego integral, riego complementario y el riego suplementario.

3.1.1. Riego Integral

Se considera riego integral cuando el periodo que comprende y la magnitud del déficit es significativo, y el aporte de la lluvia al proceso evapotranspiratorio es de escasa magnitud, de manera que puede despreciarse. Es este el caso de los sistemas de riego en las zonas áridas y donde a un periodo de intensa precipitación le sucede una extrema sequía, tal como ocurre en los climas tropicales.

3.1.2. Riego Complementario

Se considera riego complementario cuando el aporte de la lluvia al proceso evapotranspiratorio, durante un lapso ininterrumpido resulta significativo, digamos que es no menor del 30% y no mayor del 60% de la evapotranspiración, por lo tanto se trata de un recurso importante.

3.1.3. Riego Suplementario

Se considera riego suplementario cuando la lluvia representa la casi totalidad de la evapotranspiración, pudiendo inclusive superarla en parte del periodo. Sin embargo alguna irregularidad en el régimen hace que se presenten lapsos breves de una a tres semanas, de escasa o nula precipitación, lo que afecta la producción con las consiguientes consecuencias económicas desde el punto de vista económico.

Tanto en el riego integral y complementario, la producción depende íntegramente de la actividad del riego, en el primer caso puede decirse que sin riego no hay agricultura, en el segundo caso, son realizables sin riego algunos cultivos en secano. En ambos casos el riego permite intensificar la explotación y justifica la construcción de sistemas hidráulicos, la gran mayoría de los proyectos de riego construidos en el mundo corresponden en primer término a obras de riego integral y en segundo término a las de riego complementario.

El riego suplementario corresponde más a la necesidad de asegurar la producción que normalmente se alcanza con la precipitación media del área, dado que el lapso de utilización del riego en el año es mínimo, aun cuando pueda tener una gran incidencia económica, este tipo de riego se presta más para desarrollos individuales.

En cuanto a los excesos del agua, de acuerdo a su origen, estos son producidos por fuentes endógenas y exógenas, como asimismo se deberá diferenciar el drenaje interno o su superficial para eliminar el exceso de agua que satura el suelo del drenaje externo o superficial mediante la cual se evacua el agua en exceso que cubre la superficie del terreno.

El riego implica aportes adicionales a los que resultan de la lluvia y de las inundaciones a un área de terreno determinada, incrementando así el exceso de agua y por lo tanto la cantidad a evacuar por superar a la evapotranspiración, asimismo la presencia de sales en el suelo y en el agua de riego, lo que es común en áreas irrigadas en climas áridos y semi áridos, introduce un factor adicional a tener en cuenta, pues se requiere mantener en el suelo, a través del proceso de lavado un nivel salino que no afecte a los cultivos. Ello conduce al incremento de los excesos del agua a aplicar por medio del riego, cuando el contenido de sales es importante.

La presencia de sales tiene implicaciones especiales en el enfoque del problema de un área, en el diseño de las obras a llevar a cabo y en las prácticas culturales y de manejo del agua y del suelo, a fin de que las actividades agrícolas a implantar se mantengan a perpetuidad.

3.2 DEFINICIÓN DE RIEGO

Se lo define al riego como: “La aplicación artificial de agua al terreno, con el fin de suministrar a las especies vegetales la humedad necesaria para su desarrollo”

3.2.1. Objetivos de Riego

Los objetivos del riego se agrupan en las siguientes 3 categorías que son:

- a) a.- Compensar deficiencias de humedad en el suelo
- b) b.- mejorar las condiciones ambientales del suelo y del cultivo
- c) c.- aplicar nutrientes y medios protectores.

El objetivo fundamental del riego es, mejorar las condiciones de vida y la calidad de la vida. Ello implica perfeccionar las condiciones económicas y sociales de los beneficiarios, así como el ambiente en el cual desenvuelven sus actividades.

En las zonas áridas, de riego integral la transformación que el riego posibilita es sin duda de un efecto espectacular y puede decirse que allí los recursos agua y tierra están separados y el riego los une generando obras de infraestructura, asentamientos humanos, explotaciones agrícolas, pecuarias e industriales, servicios de todo tipo.

En zonas semi-áridas y húmedas, donde se aplica riego complementario o suplementario, existen actividades agropecuarias a las que el riego le da seguridad y a su vez permite incrementar su explotación.

La actividad de riego, donde se lleva a cabo, crea un polo de desarrollo de elevado potencial que promueve la migración hacia el área respectiva, permitiendo así ordenar la distribución de la población. También promueve el desarrollo regional en función de los recursos disponibles y de los planes vigentes de ordenación de territorio, logrando así una complementación o equilibrio para armonizar el desarrollo de las diferentes regiones y del país en su conjunto

3.2.2. Aspectos Negativos de Riego.

Es obvio que toda obra humana, que implica una intervención del hombre en la naturaleza, tiene que presentar algunos aspectos negativos, en contraparte a los muchos positivos, con las consecuencias que de ello deriva para el ambiente y la calidad del agua.

El desviar el curso de las aguas o extraerla del subsuelo, para una vez regulada conducirla a través de canales o tuberías y finalmente derramarla sobre la superficie del terreno o contrariamente controlar la inundación natural proveniente de áreas adyacentes o los excesos de precipitación local, representa una drástica intervención del hombre en lo que podríamos llamar el orden natural y el balance hidrológico.

Por otra parte, la introducción de cultivos que implican mayores labores culturales y uso de insumos, como fertilizantes, incuestionablemente asociadas a una actividad agrícola diversificada e intensiva, produce impactos ambientales negativos que deberán ser minimizados.

El aumento de la población rural, las aguas servidas de los centros poblados y de servicios, las excretas de los animales y las aguas efluentes de las agroindustrias, constituyen otra fuente de impacto ambiental negativo.

Lo expuesto permite identificar efectos desfavorables del riego que a los fines de su tratamiento los agruparemos así: a.- en el suelo b.- en el agua y c.- en la salud humana.

a.- Efectos en el suelo

Los efectos en el suelo comprenden esencialmente su encharcamiento y el incremento de su tenor salino, y en las características físicas: compactación, erosión, permeabilidad, aireación. Aunque se tratan de efectos evitables con un apropiado diseño de las obras y manejo del riego y del suelo y de evacuación de excedentes.

El problema de la salinidad, evidenciado por un aumento de sales solubles y de dosificación en los estratos superiores del suelo, generalmente está presente en gran parte de los perímetros irrigados en condiciones de aridez y semi-aridez, y es menos frecuente en las zonas sub-húmedas y húmedas.

El proceso de salinización de los suelos irrigados es tal, y el fracaso de algunos proyectos por dicho motivo ha tenido un efecto tan negativo, que se ha llegado incluso a dudar de la bondad del riego, al considerarlo un mal inexorable a presentarse tarde o temprano.

b.- Efectos en el agua

Siendo el agua un recurso renovable y a su vez circulante, de uso múltiple y sucesivo, es menester evitar el deterioro de su calidad. Los fertilizantes, insecticidas y herbicidas constituyen un peligro cuando los mismos pobladores usan el agua para fines domésticos, también lo son los efluentes provenientes de corrales y de las industrias agrícolas.

El cambio de las condiciones físicas, químicas y biológicas del agua, por la polución resultante de las actividades agrícolas modifica el ecosistema de los cauces de agua y afecta

la flora y la fauna con las consecuencias que de ello se derivan, además el hecho de que el flujo de agua en las redes de riego y drenaje se une la presencia de nutrientes disueltos en el agua que a su vez activa el crecimiento vegetal. Este proceso es aún más grave cuando los efluentes de un sistema de riego ingresan aguas abajo a una presa de regulación, produciéndose en la superficie del lago una gran actividad vegetativa por efecto del proceso de eutrofización.

c.- Efectos en la sanidad Ambiental.

La modificación de las condiciones hidrológicas que conduce en algunos casos a contar con áreas de terrenos saturados, encharcados, y a la formación de lagunas, constituye un medio favorable para la proliferación de insectos y vectores. Enfermedades como la malaria y la encefalitis son típicas de tales condiciones ambientales, que actúan deprimiendo la salud y la capacidad de trabajo del productor, así como también del poblador de las áreas rurales.

3.3 EL RIEGO EN EL MUNDO.

El riego ha tenido una gran significación en el desarrollo de la humanidad, dado el papel preponderante que ha desempeñado en hacer de la agricultura una actividad posible en determinadas regiones y segura en otras y sin duda alguna seguirá ocupando un lugar destacado para hacer la agricultura menos dependiente de los caprichos de la naturaleza.

La superficie regada en el mundo superaba, en 1995, los 271 millones de has., dos tercios de las cuales están localizadas en solo cinco países: China, India, Paquistán, la ex Unión Soviética y Estados Unidos. Estos 271 millones de Has. Representan cerca del 17% de la tierra agrícola del planeta, a pesar de lo cual contribuyen con más de un tercio de las cosechas agrícolas mundiales, siendo por lo tanto cerca de dos veces y media más productivas que las tierras de secano. En países como China, Egipto, Israel, India, Indonesia, Japón, Paquistán o Perú de las tierras regadas se cosecha más de 50% de su producción nacional de alimentos.

En 1991, los seis millones de Has. Bajo riego representaban 30% de las tierras cultivadas de México, pero contribuían con 50% del valor total de la producción agrícola mexicana y 65% de sus exportaciones agrícolas. El riego es fundamental en la producción de los seis principales cultivos mexicanos: más de 70% de arroz, trigo, algodón, 46% de la caña de azúcar y 30% de frijol se cultivan en tierras regadas, a su vez más de 20% de la producción de maíz, elemento básico de la dieta mexicana, se produce en tierras regadas, que son solo 11% de las tierras dedicadas a este cultivo.

Desde comienzos de siglo hasta 1950 la superficie regada en el mundo se duplicó, alcanzando a 94 millones de has. Entre 1960 y 1980 las tierras regadas se expandieron a una tasa anual promedio que fluctuó entre 2% y 4%; a partir de comienzos de la década pasada ese ritmo se ha reducido a 15, Según datos de la FAO entre 1980 y 1987 se incorporaron al regadío cerca de 16 millones de has. Equivalentes a la incorporación promedio anual de 2.3 millones de has. Igual a aproximadamente la mitad de lo que se incorporo en la década precedente. Más aun, en algunos países con o México y algunas zonas de Estados Unidos el área regada ha disminuido desde 1985.

Se estima que la agricultura absorbe entre 70% y 73% del agua consumida mundialmente, es decir aproximadamente unos 3.300 kilómetros cúbicos, estos porcentajes se elevan en algunos países, en especial en aquellos que se caracterizan por tener extensas zonas áridas o semiáridas. Así por ejemplo, en India el riego absorbe 97% del total de agua consumida en el país. Sin embargo el volumen efectivamente utilizado es muchísimo menor ya que la eficiencia mundial promedio de los sistemas de riego, que canalizan y distribuyen ese 70-73% de agua para uso agrícola, es apenas de 37% a 45%; en Asia la cifra es aún menor, solo 30%. Es decir, 60% del agua en principio destinada a la agricultura mundial se pierde o su calidad se deteriora, ya que a su paso por tierras cultivadas absorbe sales, fertilizantes, pesticidas u otros elementos tóxicos, de manera que aun cuando una parte importante regresa a sus flujos, aguas abajo o percola a los acuíferos, incorpora en ellos elementos contaminantes que reducen su calidad.

3.3.1 El Riego en Bolivia

De acuerdo al inventario Nacional de Sistemas de Riego del programa nacional de riego (año 2000), se dispone de la siguiente información.

Para el análisis de la información, los sistemas de riego inventariados, fueron agrupados siguiendo los siguientes criterios:

a.- Sistemas que se encuentran en funcionamiento y los sistemas que no funcionan

b.- Los sistemas de riego que funcionan a su vez se dividen en dos grupos: sistemas de riego para uso agrícola y pecuario. Los sistemas de riego de uso agrícola se dividen según el área regada en cinco categorías: familiares, micro, pequeños, medianos y grandes.

Los sistemas que existen a nivel nacional son:

Sistemas de riego inventariados	5.743		
Sistemas de riego en funcionamiento	5.459		
Sistemas de riego que no funcionan	284		
Sistemas de riego de uso agrícola	5.350		
Sistemas de riego de uso pecuario	109		
Sistemas de riego Micro	1.733	Sistemas de riego pequeños	2.616
Sistemas de riego medianos	326	Sistemas de riego grandes	49
Sistemas de riego familiares;	626		

Los sistemas de riego reportados son de 4.724, categorizados de la siguiente manera;

- Microsistemas: Son aquellos que presentan un área regada $>2 \leq 10$ ha. regadas
- Pequeños: Sistemas que cuentan con un área regada $>10 \leq 100$ ha regadas.
- Medianos; Sistemas con un área regada $>100 \leq 500$ ha. regadas.
- Grandes: Sistemas con áreas regadas mayores a 500 ha.

Los sistemas de riego familiares, que riegan un área menor a 2 ha. A pesar de contar con un número significativo, están restringidos al riego de parcelas de autoconsumo y sus características no son analizadas con el mismo detalle que los restantes sistemas de riego.

3.4. MÉTODOS DE RIEGO

3.4.1 Introducción

- El uso de un método de riego u otro depende de numerosos factores, entre los que es preciso destacar los siguientes:
- La topografía del terreno y la forma de la parcela.
- Las características físicas del suelo, en particular las relativas a su capacidad para almacenar el agua de riego.
- Tipo de cultivo, del que es imprescindible conocer sus requerimientos de agua para generar producciones máximas, así como su comportamiento en situaciones de falta de agua.
- La disponibilidad de agua y el precio de la misma.
- La calidad del agua de riego.
- La disponibilidad de la mano de obra.

- El coste de las instalaciones de cada sistema de riego, tanto en lo que se refiere a inversión inicial como en la ejecución de los riegos y mantenimiento del sistema.
- El efecto en el medio ambiente.

A su vez, una vez elegido el sistema de riego, existen bastantes tipos de sistemas o variantes, cuya elección se realizará teniendo en cuenta aspectos más particulares.

Los cultivos agrícolas, como todas las plantas, precisan para desarrollarse y ofrecer cosechas comerciales el aporte de agua y nutrientes además de buenas condiciones de suelo y prácticas de manejo.

Hay zonas donde el aporte de las precipitaciones es suficiente para cumplir con los requerimientos de los cultivos, en esos lugares se hace lo que se denomina **agricultura de “secano”**, es decir sin riego y es el tipo de agricultura que más superficie representa en la agricultura mundial, en estos casos no se interviene aportando agua a los cultivos y se depende exclusivamente de aportes naturales como las lluvias.

La agricultura bajo riego se diferencia de la agricultura de “secano” en que precisa la aplicación de agua a los cultivos ya que el aporte natural de las lluvias no es suficiente para cumplir con los requerimientos de los cultivos que se realicen en ella.

El riego puede ser de carácter “complementario”, esto es cuando el déficit se presenta solo durante un período del cultivo o durante una época del año, toda explotación agrícola supone el riego durante todo el ciclo del cultivo ya que el aporte que hacen las lluvias es muy escaso.

El riego lo podemos definir como la aplicación “artificial” de agua a los cultivos a efectos de compensar déficits de agua en su ciclo productivo con el objetivo de lograr cosechar la producción y calidad adecuada.

Si bien la agricultura bajo riego supone mayores costos en el cultivo, la mayor cantidad de producción de vid, frutales, hortalizas y otros cultivos intensivos en el país y el mundo se realizan bajo riego. Esto es debido a que si bien el aporte de agua es necesario el clima árido promueve el desarrollo de los cultivos intensivos con mayor sanidad y calidad.

3.4.2. Suelo, Como Reservorio de Agua

En agricultura tradicional, el suelo además de ser el soporte de las plantas es el proveedor de agua y de nutrientes (que ingresan en forma de sales, compuestos simples disueltos en el agua). Si bien las hojas pueden cumplir también con estos fines, normalmente lo hacen en una proporción muy pobre comparado con las raíces. Dado esto, el riego consiste en reponer al suelo la humedad o el agua que las plantas extraen.

3.4.3. Eficiencias en el Sistema de Riego

Las prácticas de riego racionales buscan reponer en el momento adecuado la humedad en el suelo que es explorado por las raíces. Bajo este concepto, podemos definir las pérdidas en el sistema de riego como toda cantidad de agua infiltrada o escurrida que no logre ser reservada en el suelo que exploran los cultivos a los que deseamos regar.

A nivel externo de la finca

Toda pérdida por infiltración o derivación indeseada de los cauces de riego que evite que sea entregado al destinatario. El porcentaje del agua derivada que es efectivamente entregado a los usuarios es:

$(\text{Volumen derivado cabecera} / \text{Volumen entregado a los usuarios}) \times 100$

3.4.3.1. A Nivel Interno de las Propiedades

- Percolación profunda: es la porción de agua que sobrepasa la profundidad del suelo explorado por las raíces, esto es variable según el cultivo y la edad o desarrollo que este tenga.
- Infiltración fuera del cuadro del cultivo: Suceden en regueras o conducciones dentro de la finca pero fuera de los cuadros del cultivo.
- Escurrimiento al pie de la parcela: Especialmente se presenta en los riegos superficiales con pendiente, es el volumen que escurre al pié del cuadro que estamos regando, este volumen se suele reducir “aguas abajo”.

El volumen de agua que se infiltra depende de la permeabilidad del suelo y del tiempo en que esté infiltrando. Del mismo modo que anteriormente podemos definir la eficiencia de aplicación en la parcela como:

$(\text{Volumen recibido por el usuario} / \text{Volumen almacenado en el suelo que exploran las raíces}) \times 100$

3.5. SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO

3.5.1 Riego por Aspersión

La aspersión es un sistema de riego que distribuye el agua en forma de lluvia sobre el terreno. El agua no se transporta a cielo abierto, como en el caso del riego por surcos, en el cual el agua a medida que avanza se va infiltrando poco a poco.

El agua va en conducciones cerradas, a presión, hasta llegar al aspersor, y desde éste se dispersa al aire desde donde cae en forma de lluvia sobre la parcela, infiltrándose sin desplazarse sobre el suelo. Para poder ser distribuida en forma eficiente es necesario que

alcance una cierta presión, denominada presión de trabajo del aspersor. Para lo cual se instalan tuberías, aspersores y grupo de bombeo necesarios.

Este sistema presenta un avance en la tecnología del riego, ya que transforma tierras no aptas para riego tradicional, debido a su topografía y propiedades físicas, en aptas para riego bajo sistema de aspersión.

Como todo sistema presenta sus ventajas y sus inconvenientes, los cuales se pasan a detallar.

FIGURA N° 3.1 Riego por aspersión



3.5.1.1. Ventajas del Riego por Aspersión.

- **Permite el riego de terrenos muy ondulados**

Permite sin necesidad de sistematización de los mismos, como es el caso de riego por gravedad. A veces la nivelación del terreno presenta graves inconvenientes, sobre todo si la capa fértil del suelo es poco profunda o el subsuelo presenta condiciones impropias para el cultivo.

- **Permite el riego de terrenos que no se pueden nivelar**

La conductividad hidráulica no aconsejan el riego por gravedad, debido a las cuantiosas pérdidas que se producen por escorrentía y arrastre de terrenos en el primer caso y por percolación profunda en el segundo. La eficiencia de este sistema suele ser mayor que la del riego por gravedad, lo que permite un ahorro de agua, que es muy importante para zonas en donde este recurso es escaso.

- **Permite una disminución de la mano de obra necesaria en el riego**

En comparación con los sistemas tradicionales. Este ahorro es muy variable depende del tipo de instalación diseñada, o se saque, se puede considerar como mano de obra el traslado de ala móviles de aspersores a sucesivas posiciones de riego, existiendo diferentes sistemas con necesidades variables. En general, la disminución de la mano de obra va acompañada de una mayor inversión inicial. Además el regante no necesita ninguna especialización, ya que el sistema no requiere manejo de agua, y por lo tanto, la eficiencia de manejo no influye en la eficiencia de riego.

- **Evita la construcción de canales y acequias**

Evita tanto provisionales como definitivos, sobre el terreno, y no presenta obstáculos para una fácil mecanización del riego, ni tampoco para las maquinarias de uso agrícola.

- **Desaparecen los trabajos de conservación**

Dichas redes de distribución, que tan necesarios son para una buena eficiencia en el uso del agua.

- **Conserva las propiedades físicas óptimas del suelo**

Al no necesitar movimientos de tierras que destruyen su estructura. Al distribuir el agua en forma de lluvia no se producen, estando bien diseñado el riego, compactaciones ni costras. Todo esto favorece el desarrollo de los cultivos, pudiendo incrementar su producción.

- **Posibilita la distribución en el agua de riego de sustancias fertilizantes**

También de tratamientos químicos, con una mejor dosificación de dicho elementos. Asimismo, produciendo un ahorro de productos usados, mano de obra y maquinaria necesarios para la distribución de los mismos.

- **Produce una gran oxigenación del agua**

Por lo que se pueden emplear aguas ácidas y cierto tipo de aguas residuales, que no es posible usar en riego por gravedad.

- **En casos de tierras nuevas**

La transformación se puede realizar modulada, de modo que se puede obtener una inmediata puesta en marcha por sectores, obteniendo resultados en forma rápida, y por consiguiente una rentabilidad económica mayor.

- **Tiene buena aplicabilidad para cultivos sembrados al voleo**

También para los cultivos de hortalizas en espacios reducidos.

3.5.1.2. Desventajas del Riego por Aspersión.

- **Elevado costo de instalación**

Es debido a la necesidad de disponer, salvo raras excepciones en que exista una gran presión de agua disponible, de un equipo de bombeo, así como de tuberías y aspersores.

Para pequeñas explotaciones el límite económico es muy difícil de determinar, pues intervienen factores de muy diversa índole. En general se puede aceptar la superficie de 10 has., superficies menores podrían agruparse para utilizar este método con instalaciones totalmente móviles tomando agua de diferentes puntos.

- **Mayores costos de funcionamiento**

Esto debido que necesita una presión de trabajo a la salida del aspersor, como mínimo del orden de los 20 m.c.a.. Lo que implica que en cabeza de instalación la presión necesaria es mayor, debido a las pérdidas de carga que se producen en las tuberías.

- **Necesidad de una adecuada calidad de agua usada**

Ya que en casos de que contenga elementos disueltos o sustancias en suspensión, los equipos pueden resultar dañados por las posibles reacciones químicas o desgastes que se pueden producir. En estos casos los gastos de conservación aumentan, necesitándose dispositivos de protección y produciéndose un deterioro de los accesorios del equipo de riego. Se acorta la vida útil de la instalación y disminuye la calidad del riego, debido a una mala uniformidad de la distribución del agua.

- **Necesidad de un suministro de agua en forma continua**

Al menos lo más prolongada posible. La distribución discontinua del agua, caso típico de los turnos de riego, obliga a aumentar el equipo con el fin de poder utilizar toda la dotación durante el horario en que ésta se recibe, o bien a la construcción de un depósito de almacenamiento. En ambos casos se produce un aumento de los gastos de instalación.

3.5.1.3. Recomendaciones Generales.

De todo lo dicho anteriormente se puede considerar que, con carácter general, la aspersión se puede recomendar en los siguientes casos:

- **Terreno con topografía muy ondulada**

La sistematización del mismo para riegos por gravedad puede resultar muy costosa.

- **Suelos poco profundos**

La nivelación de los mismos puede ser perjudicial o para evitar perjuicios su correcta ejecución puede ser muy costosa.

- **Terrenos poco o muy permeables**

La aspersión permite obtener buenas eficiencias de riego y apreciables ahorros de agua.

- **Agua como factor limitante o muy cara**

Es conveniente la utilización de un sistema de mayor eficiencia en el uso del agua.

- **Agua obtenida en pozos profundos**

Son necesarias grandes elevaciones de agua con potencias de bombeo importantes. El aumento de energía que requiere la aspersión no tiene grandes repercusiones económicas.

- **Ausencia de mano de obra especializada**

En el manejo del agua de riego. Esta circunstancia puede producirse en zonas de nuevos regadíos donde, para riego por gravedad es necesario capacitar al regante.

De igual manera la aspersión se puede desaconsejar en los siguientes casos:

- **Suministro de agua discontinuo**

El riego está sujeto a horarios o turnos de cortos espacios de tiempo y gran caudal, que obliga a instalaciones de aspersión muy grandes, con mucho material de riego, o a la construcción de depósitos para la regulación del agua.

- **Agua con sustancias disueltas o en suspensión**

El material puede sufrir corrosión o erosión.

- **Cuando el costo de una instalación de aspersión supere al más clásico**

Para lo cual es necesario un estudio económico, pero según diversos autores se puede considerar como aceptable un aumento del 25%.

Son métodos que simulan de alguna manera el aporte de agua que realizan las lluvias. Consiste en distribuir el agua por tuberías a presión y aplicarla a través de aspersores en forma de lluvia. Se busca aplicar una lámina que sea capaz de infiltrarse en el suelo sin producir escorrentía. Si el equipo está bien diseñado respecto al tipo de suelo que deseamos regar obtendremos una lámina muy uniforme sin que se presente escurrimiento.

Van desde equipos autopropulsados como los cañones regadores o los equipos de avance frontal, hasta equipos de diferentes dimensiones de alas móviles

3.5.2 Riego por Goteo

El agua se conduce a presión por tuberías y luego por mangueras de riego que recorren las hileras del cultivo. El emisor, externo o incorporado a la manguera de riego es un “gotero” de caudal y separación variable, según el suelo y los cultivos, aplica el agua en forma de gotas que se van infiltrando a medida que caen.

El riego por goteo es un método por el cual se aplica agua a los cultivos entregando la cuota en forma de gotas, hasta completar la necesidad diaria calculada. La aplicación se lleva a cabo usando una serie de emisores llamados *goteros*.

O sea que, es un sistema que para mantener el agua en la zona radicular en las condiciones de utilización más favorables para la planta, aplica el agua gota a gota. De este modo el agua es conducida por medio de conductos cerrados desde el punto de toma hasta la misma planta, a la que se aplica por medio de los goteros.

El sistema por goteo nos proporciona muchas eficiencias, el agua puede ser dotada con mayor eficacia con base en una baja tensión y una alta frecuencia, con lo que se puede crear un medio ambiente óptimo de humedad necesario para el suelo. Debido a la alta frecuencia que existe en los riegos localizados se pueden conseguir altas eficiencias, ya sea por eficiencia de entrega como en eficiencia del rendimiento del cultivo por unidad de agua aplicada.

Según estudios realizados por Howell y Hiler en 1972, nos muestran que la eficiencia con el uso del agua puede ser aumentada hasta un 50 %, utilizando un riego localizado en lugar de un riego por gravedad.

Las primeras aplicaciones del riego localizado en parcelas se realizaron en zonas desérticas, en donde los métodos antiguos de riego daban resultados poco placenteros debido a la naturaleza de los suelos (arenosos) y al de las aguas que contenían en exceso la salinidad.

En esas condiciones el riego por goteo localizado ha dado mayores resultados en estos tipos de suelo, al igual que la eficiencia en relación a los otros sistemas de riego de superficie o aspersión.

Pasaron más de 25 años de investigación y ensayos, lo cual nos da una perspectiva mejor del método de riego localizado, el cual puede ser considerado una práctica mejor a los métodos tradicionales como el riego por superficie y de riego por aspersión. Este método de riego localizado es más eficiente en llevar el agua a las plantas y al mismo tiempo este

método nos permite suministrar mejor los elementos fertilizantes. Sin embargo en cada caso particular, conviene evaluar las ventajas y desventajas con relación a los métodos clásicos.

FIGURA N° 3.2 Riego por goteo



Las características principales son:

- **El agua se aplica al suelo**

Se aplica desde una fuente que puede considerarse puntual, se infiltra en el terreno y se mueve en dirección horizontal y vertical. En esto difiere del sistema tradicional en el que predominan las fuerzas de gravedad, y por lo tanto el movimiento es vertical.

- **No se moja todo el suelo, sino sólo la parte del mismo**

Dicha parte varía con las características del suelo, el caudal del gotero y el tiempo de aplicación. En esta parte húmeda la planta concentra sus raíces y es allí donde se alimentarán.

- **Al existir zonas secas no exploradas por las raíces y zonas húmedas**

Se puede considerar en cierto modo un cultivo en fajas o surcos, pero con un sistema radical inferior al normal. Esto significa que sobre una faja de goteo habrá más plantas que en una de riego tradicional, por lo que se trata de un cultivo intensivo, que requerirá por lo tanto, un abonado adecuado para responder a las extracciones de las cosechas.

- **Mantenimiento de un nivel óptimo de humedad en el suelo**

Esto implica una baja tensión de agua en el mismo. El nivel de humedad que se mantiene en el suelo es inferior a la capacidad de campo, lo cual es muy difícil conseguir con otros sistemas de riego, pues habría que regar diariamente y se producirían encharcamientos y asfixia radicular.

- **Requiere un abonado frecuente**

Esto como consecuencia del movimiento permanente del agua, en el bulbo puede producirse un lavado de nutrientes.

Este sistema de riego localizado no es aplicable a cualquier cultivo, su utilización es bastante amplia por lo general es utilizado en invernaderos, para este método se utilizan líneas laterales que corren a lo largo de cada hilera del cultivo.

Los emisores que están ubicados a la línea lateral los cuales suministran las necesidades de agua para cada cepa. El método de riego localizado cubre en un principio un conjunto de métodos aplicables que implican el humedecimiento para una parte del suelo, pero este

sistema se lo puede aplicar solamente a las técnicas que llevan particularmente el agua al pie de la planta, en la cual se encuentran sus raíces.

La principal característica que tiene este sistema es el de aportar pequeños caudales y pequeñas dosis de agua y aplicando muy eficazmente los fertilizantes en la zona de las raíces de los cultivos por medio de los emisores, los cuales pueden ser: goteros, boquillas, tubos, etc. los cuales pueden estar ubicados por debajo o encima de superficie del terreno.

En el presente proyecto se aplicara el método de sistema de riego localizado por goteo el cual nos definirá las condiciones de mantenimiento de humedad a nivel óptimo en la zona radicular de la planta, el cual aplica el agua desde un punto de gota a gota, la cual es previamente filtrada y fertilizada al momento de producirse el riego. El riego por goteo se basa en dos parámetros muy importantes que es mantener la humedad óptima y que es la zona radicular.

3.5.2.1. Ventajas del Riego por Goteo

En los siguientes incisos se mencionaran las principales ventajas y desventajas del método riego por goteo.

Hay muchas referencias de este método localizado de riego con respecto a sus ventajas y la comparación con otros métodos de aplicación de agua. En los siguientes puntos se muestran algunas ventajas de este método:

- **Control de agua y de abonos**

Se puede fijar de manera muy precisa el nivel de aporte de agua y de fertilizantes, así como la frecuencia de estos aportes. La posibilidad de aportar directamente a las raíces de los cultivos, cantidades controladas de agua y abono no hace más que aumentar el crecimiento y el vigor de las plantas jóvenes y acrecienta los rendimientos de las plantas adultas. Sin embargo, no cabe operar superando más del 10 al 20% el rendimiento de sistemas de riego tradicionales bien explotados.

El aporte directo del agua a las raíces por una red tuberías herméticas, entraña una economía de agua muy importante en las zonas donde los recursos en agua son limitados o caros. Sin embargo no hay que esperar economías espectaculares.

Cabería esperar que un sistema de riego localizado use un 20 o 30% de agua que un sistema tradicional bien manejado, y quizá más del 50% de ahorro de agua que un sistema de riego por gravedad de baja eficiencia. Sin embargo los ahorros que se han registrado son solo el 5% en riegos localizados que no son manejados correctamente.

La razón principal dada para el ahorro del agua es la pequeña porción de volumen de suelo a mojar, la disminución de la superficie evaporante, la mínima escorrentía en el campo y la controlada percolación debajo de la zona radicular.

El fertilizante puede ser aplicado a través de un equipo personal especial en los sistemas por goteo, asimismo al alto control que se ejerce sobre el agua, la aplicación de fertilizantes puede ser controlada y dar buenos resultados.

- **Disminución del trabajo**

Hay economía de tiempo y de mano de obra en comparación a los métodos tradicionales. Esto es muy importante en países donde la mano de obra es escasa y cara. De hecho una instalación puede funcionar con muy poca mano de obra, pero solo si está bien forjada, correctamente colocada y si el agua está limpia y bien filtrada.

- **Explotación más fácil**

Es una ventaja innegable del riego por goteo el no perjudicar en nada las otras operaciones del cultivo. Por ejemplo, los tratamientos, la recolección, etc., pueden hacerse en el transcurso del riego. Esto incluye una gran ventaja para los huertos y viñedos, muchos agricultores que utilizan ahora esta técnica estiman que el aspecto “facilidad de explotación” o “acceso a la parcela en todo momento” constituye una de las principales ventajas del sistema.

- **Crecimiento de los cultivos**

Con este sistema se puede tener un alto promedio de nivel de humedad junto con una buena aireación del suelo, por lo cual se aumentarían los rendimientos y la calidad de ciertos cultivos así como la producción.

Se puede usar en todos los cultivos, ya sea en los de línea, frutales, forrajeras, pero en general, se recomienda para frutales y viñedos debido a que determina una menor concentración de líneas y emisores y reduce el costo del equipo por hectárea.

Asimismo se reduce el crecimiento de malezas y plantas no beneficiosas ya que solo se moja una fracción del suelo. Cabe mencionar también que se reduce la incidencia de hongos y otras plagas que dependen del medio ambiente, evitando de esta manera la utilización de pesticidas con lo que se tendrá un mayor control en las enfermedades de las plantas.

- **Utilización de agua salina**

Este sistema es un equipo que realiza aportes de agua, permite mantener en el suelo una tensión de agua muy baja, además de mantener la concentración de sales en el agua del suelo debajo de los límites peligrosos para los cultivos. Este resuelve la dificultad que encontramos en los métodos tradicionales donde en dos o tres semanas la humedad del suelo varía, se evita también las quemaduras ocasionadas por una aspersión con agua salina.

Sin embargo, no hay que tener un exagerado optimismo en cuanto al riego localizado con un agua salina, ya que se podrían acumular sales tóxicas en lo que se refiere al suelo y se perdería su estructura por acumulación de las sales del sodio.

- **Mejor utilización de los suelos**

Se puede usar en distintos tipos de suelos aunque en general, se recomienda para los extremos o sea arenosos o arcillosos. Los suelos muy densos son difíciles de regar por aspersión y por otro lado los suelos ligeros no pueden ser regados por métodos tradicionales. En estos dos tipos de suelos el riego localizado ha sido utilizado con éxito.

- **Aprovechamiento de terrenos**

Posibilidad de regar cualquier tipo de terrenos, por accidentados o pobres que sean. La pendiente del terreno no es un obstáculo a este tipo de riego, por la regulación de caudales que puede conseguirse. Asimismo, los suelos pobres o de poco espesor tampoco presentan inconvenientes, pues en cierto modo el goteo es una forma de hidroponía en que el suelo actúa como sostén.

- **Reducción de gastos de energía y utilización de caudales**

El riego localizado es un riego que funciona a baja presión por lo que se presenta un ahorro en la explotación del sistema comparado con un sistema de riego por aspersión. Además el caudal utilizado es generalmente pequeño, además permite el uso directo de puntos de agua con pequeño caudal de fuentes o manantiales y pozos pobres. Asimismo permite la automatización del sistema de riego.

- **Importante ahorro de agua y mano de obra**

Como se ahorra el agua también se ahorra la mano de obra, abonos y productos fitosanitarios. Los ahorros comunes de agua son del 50% respecto a los sistemas convencionales y, en ocasiones, cifras superiores a éstas.

- **Aumento de la producción**

Adelantamiento de cosechas y mejor calidad de los frutos como consecuencia de tener a la planta satisfecha en sus necesidades en agua y nutrientes en cada instante.

- **Presenta las mejores ventajas para la automatización del mismo**

Ya que colocando sensores de humedad, el control es automático.

- **No hay proliferación de malezas**

Porque la humedad está muy localizada.

3.5.2.2 Desventajas del Riego por Goteo

Por otro lado las desventajas que tiene este método localizado de riego se señalaran a continuación:

- **Salinización**

Como con cualquier otra técnica de riego, hay peligrosos potenciales de salinización, pero se puede hacer mucho manejando adecuadamente el suelo y el agua para evitar los daños de la salinidad.

Si no se toman medidas, las sales se acumulan en ciertas zonas, particularmente en la periferia del volumen del suelo humedecido y una ligera lluvia puede arrastrar las sales en profundidad a la zona radicular causando a veces serios daños a los cultivos con enrasamiento superficial. Cuando la pluviometría es suficiente, se puede hacer además riegos superficiales o por aspersión, con el fin de realizar un lavado y evacuar el exceso de sales.

- **Obturación de los emisores**

La principal desventaja reside en la facilidad con que obturan las finas secciones de los emisores. La causa de dicha obturación es la presencia de arena, limo, materia orgánica, algas, los geles bacterianos, la precipitación de abonos o los abonos disueltos, la presencia de hierro, coloidal o en solución concomitante con la presencia de bacterias ferruginosas, la presencia de materias coloidales y la precipitación de carbono calcico a altas temperatura. Una encuesta realizada por la FAO, revela que la obstrucción se debe a las siguientes causas: biológicas en el 37% de los casos, química en el 22% de los casos, física en el 31% de los casos, e inciertas en el 10% de los casos.

Una buena filtración que utilice filtros de succión autolimpiables y filtros con arena, puede eliminar la arena, el limo y los abonos no disueltos, y puede reducir de manera acentuada la materia orgánica, las algas y los geles bacterianos. La protección contra la precipitación de los productos químicos o el desarrollo de bacterias ferruginosas, necesita un tratamiento químico del agua. El riego localizado debe destacarse allí donde el tratamiento químico es indispensable y no puede por razones prácticas o económicas.

El problema de la obturación de los emisores, en la década de los noventa se ha reducido notablemente con el avance de la tecnología y como indica Robert Kourik en su libro publicado en los Estados Unidos de América y titulado Drip Irrigación que, en español quiere decir riego por goteo, el problema de la obturación se refiere más que todo a emisores antiguos y fuera de circulación que dieron a la industria del goteo una mala reputación. En la actualidad se cuenta con emisores que con una adecuada filtración son muy resistentes a las obturaciones.

- **Desarrollo radicular demasiado limitado**

En el riego localizado, las raíces se concentran en la zona húmeda. Si esta zona es demasiado pequeña el enrasamiento puede ser insuficiente. Los rendimientos disminuyen y los árboles pueden ser desenraizados por un viento fuerte. De todas formas, una posición correcta de los distribuidores puede prevenir este riesgo.

Otro inconveniente en un sistema radicular poco desarrollado es que necesita un aprovechamiento regular de agua, y que si el abastecimiento falta por algún problema, la planta sufre más que si se hubiera desarrollado con un riego tradicional.

Por tanto, aunque el caudal necesario en riego localizado puede ser más reducido que, un riego tradicional, su suministro debe ser garantizado. Aunque los cultivos pueden desarrollarse en un suelo parcialmente húmedo, un mínimo de área mojada es necesario para un crecimiento óptimo. El volumen de suelo humedecido es función de la dosis aportada en cada riego.

- **Climatización atmosférica**

Las instalaciones de riego por aspersión con cobertura total se usan a menudo para proteger de las heladas los árboles frutales y las verduras. Se usan también, para proteger de las quemaduras del sol al jengibre y para aumentar la humedad ambiente de los cultivos florales hortícolas. El riego localizado en zonas frías y con cultivos sensibles a las heladas, el riego por goteo no protege contra las mismas, por lo que su uso debe descartarse. Además existe la posibilidad de alteraciones fisiológicas por el gran desarrollo que adquieren, llegando a disminuir su resistencia a factores adversos

- **Es un sistema muy caro de instalar**

Por lo que existe una limitación de tipo económico en su aplicación a los cultivos. No todos los cultivos son tan rentables como para justificar las fuertes inversiones que el sistema de goteo supone. Si se proyecta o se instala mal, puede ocasionar la pérdida de la cosecha por falta de agua o nutrientes.

- **En zonas áridas en que no existe la posibilidad de lavado**

El uso sistemático y durante varios años de aguas de mala calidad puede arruinar los terrenos de cultivo si no se riega de forma adecuada.

- **Capacitación de los usuarios**

Es necesaria una mayor capacitación de los usuarios con respecto a cualquiera de los otros sistemas de riego.

- **Frecuente uso del método**

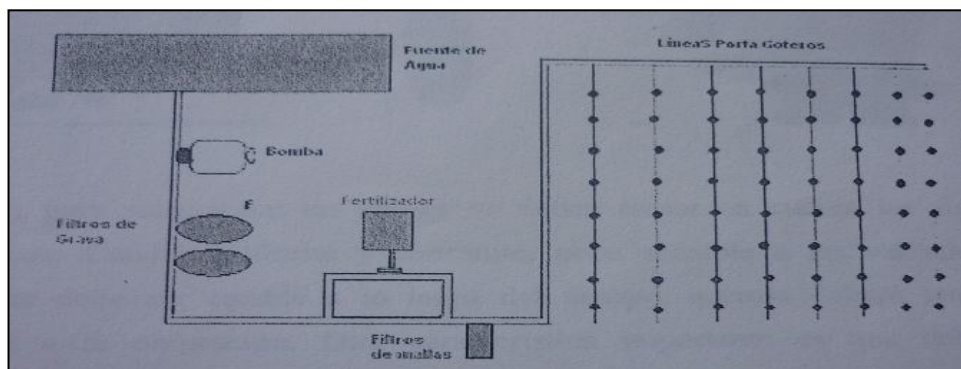
El uso continuo de este método deteriora la acumulación salina en profundidad con probable deterioro de las condiciones físicas y fertilidad del suelo, sería necesario lixiviar el suelo luego de cierto uso.

3.5.3. Componentes del Sistema

De una manera general de un sistema de riego por goteo está compuesto por las siguientes partes:

- Emisores
- Tuberías
- Centro de control o cabezal

FIGURA N° 3.3 Esquema de un Tipo de Sistema de Riego Localizado



3.5.3.1. Emisores o Goteros

Son los elementos que permiten la salida del agua en forma de gota.

El gotero emite el agua en base a la presión y en base a su sección. Se pueden dividir en dos grupos: los de salida directa, en los cuales no se puede regular el caudal, y los de salida controlada.

Los primeros emiten agua en función de la presión y de su sección transversal. Lo más que se puede hacer es variar la longitud del mismo para variar el caudal. Llamados “micro tubos” están formados por un tubo plástico de 0.9 mm de diámetro, regulan su caudal y carga por medio de su longitud, mientras más corto más caudal, menos carga. Este tipo de goteros tiene el inconveniente que el caudal que eroga cada uno no tiene gran uniformidad y por lo tanto, la uniformidad se la obtiene con un muy buen diseño hidráulico de la red terciaria.

El segundo grupo de goteros, el de salida controlada, tiene mayores posibilidades de regulación del caudal en forma individual. Tienen una serie de bocas que dejan caer mayor o menor caudal dependiendo del orificio que se abra. La longitud más larga, desde la entrada hasta el gotero más alejado, es la que determina la mayor pérdida de carga, y por lo tanto el caudal. El mayor gasto estará en las bocas más cercanas a la entrada, pero tendrán la menor presión.

El uso de estos goteros determina sea más fácil y rápido el cálculo hidráulico de la línea terciaria debido a que la regulación del caudal depende de la abertura que se seleccione en el gotero.

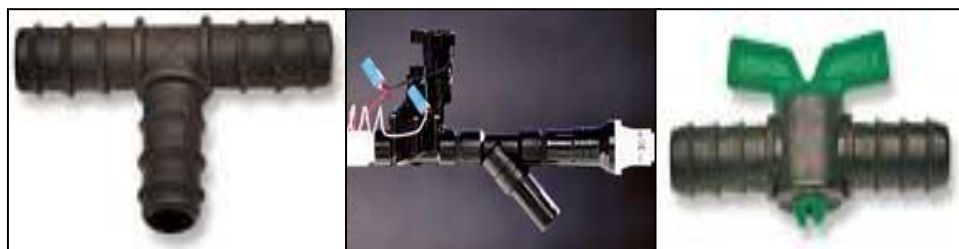
Los emisores son los dispositivos a través de los cuales, sale al exterior de forma controlada el agua que circula por las tuberías laterales.

Los emisores deben proporcionar un caudal bajo, de manera que las tuberías que los alimentan sean de diámetros reducidos. La presión de funcionamiento de los emisores no debe ser muy baja a fin de minimizar los efectos que sobre la uniformidad de riego tienen los desniveles de terreno y la pérdida de carga a lo largo de la terciaria y laterales, ni debe

ser muy elevada la presión a fin de disminuir al máximo los costos energéticos. Para el caso de emisores no compensan tés la presión normal de funcionamiento suele ser de unos 10 m.c.a. en el caso de los micro aspersores y divisores esta puede variar entre 10 y 30 m.c.a..

Otra característica importante de un emisor eficiente, es que el emisor aparte de tener una descarga baja, debe ser uniforme y constante.

FIGURA N° 3.4 Componentes de un Sistema de Riego



En general, para seleccionar un emisor se deben tomar en cuenta las siguientes características: caudal uniforme y constante, poco sensible a las variaciones de presión, este debe ser estable a lo largo del tiempo, además deberá tener poca sensibilidad a la obturación. Otra característica importante es que, deberá ser económico y compacto, además de ser resistente a la contaminación química y ambiental.

3.5.3.1.1. Clasificación de Emisores

Los emisores o distribuidores pueden clasificarse desde muchos puntos de vista, en el presente trabajo se muestran las siguientes tres clasificaciones:

FIGURA N° 3.5 Diferentes Tipos de Goteros



- Clasificación según su forma de distribución del agua
- Clasificación según el tipo de conexión al lateral
- Clasificación según su principio de funcionamiento

1) Según la forma de distribución del agua

Dentro de esta clasificación se pueden distinguir los siguientes grupos:

- **Goteros**

Los goteros son los emisores que distribuyen el agua con caudales inferiores a 20 litros por hora. En ellos se produce una disipación de energía, que para caudales menores a 8 litros por hora es casi total, por lo que el agua sale gota a gota.

FIGURA N° 3.6 Distribución de Agua en los Goteros

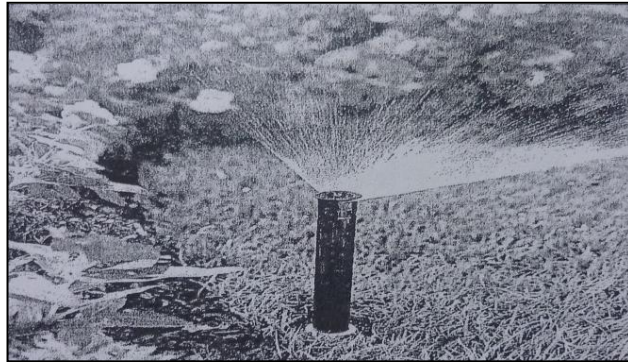


- **Difusores o micro jets**

Los difusores o micro jets, son emisores por cuyo orificio de salida el agua se proyecta al exterior con la suficiente carga y velocidad para permitir su difusión a través del aire, tras incidir el chorro en un deflector fijo.

De acuerdo al área que mojan estos deflectores fijos tendremos varios tipos de difusores, entre los que se encuentran los de 180°, los de 2x140°, los de 90° y otros.

FIGURA N° 3.7 Difusor de 90°



Los difusores se utilizan en suelos arenosos o gravosos, donde el número de emisores por metro cuadrado sería muy elevado, en cultivos de invernadero, ornamentales, en jardines y parques.

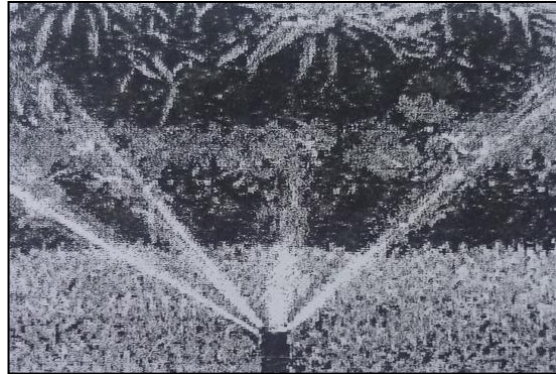
La conexión de estos dispositivos a la tubería se realiza siempre mediante conexión en derivación ya sea directamente a la tubería o por micro tubo de polietileno. Las presiones usuales de funcionamiento son superiores a las de los goteros (entre 15 a 20 m.c.a.).

El caudal es también superior a la de los goteros, estando siempre por encima de los 60 litros por hora y siempre menor a los 120 litros por hora. Este tipo de emisores son afectados por el viento.

- **Micro aspersores**

Los micros aspersores son dispositivos a través de los cuales sale el agua al exterior con cierta energía, que a diferencia de los difusores, los micros aspersores utilizando un elemento móvil, producen la expansión del flujo cubriendo una determinada superficie de sección circular o sectorial. Con la excepción de su elemento móvil para la expansión del agua, los micros aspersores tienen las mismas características que los difusores.

FIGURA N° 3.8 Micro Aspersor



2) Emisores según su tipo de conexión lateral

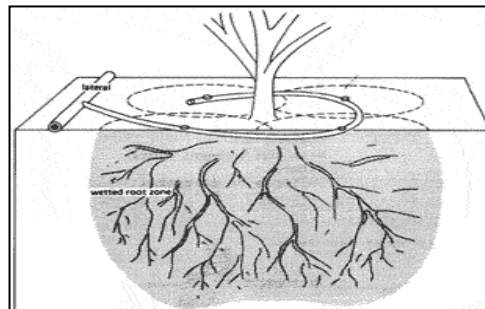
Los emisores según su tipo de conexión a la tubería lateral se pueden clasificar en tres categorías:

- **Emisores interlinea**

Los emisores o distribuidores de interlinea, son aquellos que nos conectan en serie entre dos tramos de lateral, es decir, cuando el emisor forma parte de la alineación de la tubería lateral.

Una vez insertados a la tubería, la forma en que quedan estos emisores, se hallan en una misma línea. Estos emisores pueden ser insertados directamente en la línea lateral, pero también muchas veces son instalados en tubería de $\frac{1}{4}$ "', es decir en micro tubo. Esto generalmente sucede cuando se necesitan varios emisores en una sola planta, entonces primero se deriva un micro tubo de la tubería lateral, y en esta se puede ya instalar emisores en línea, para cubrir las demandas de la planta.

FIGURA N° 3.9 Emisores en Línea, Tipo Cola de Cerdo



- **Emisores integrados**

Los emisores integrados son aquellos que vienen integrados dentro de la tubería. Estos emisores casi no se los distingue a simple vista, por lo general solo se nota un ensanchamiento en la tubería.

Estos emisores son emisores de laberinto, tienen un flujo turbulento. El costo de estos emisores es más económico ya que son instalados mecánicamente en fábrica, teniendo la ventaja de que ya no necesitan ser instalados manualmente en la finca. Sin embargo, también tienen la desventaja de que la distancia entre ellos viene estándar no pudiendo acomodarse fácilmente a la demanda de las plantas según su crecimiento.

- **Emisores de derivación**

Los emisores en derivación, son aquellos que son adosados por medio de una protuberancia a un orificio que se hace en la pared de la tubería lateral. Estos emisores sin formar parte de una alineación son insertados a la tubería lateral. Existe una gran variedad de goteros que están dentro de esta clasificación, de los cuales se pueden mencionar las autocompensantes, las no compensantes, de botón, los planos, los regulares, los de tipo de bandera y muchos otros.

3) Emisores según su principio de funcionamiento

Los emisores también se pueden clasificar según su funcionamiento en las siguientes categorías:

- **Los que se basan en un pérdida de carga a lo largo de una conducción de pequeño diámetro (circuito largo)**

Los emisores de circuito largo están basados esencialmente en la pérdida de carga que ocurre en una suave y larga tubería de diámetro pequeño. El flujo en la sección del micro tubo es laminar, siendo sensibles a las diferencia de presión del sistema.

- **Los formados esencialmente por un pequeño orificio (circuito corto)**

Los emisores de circuito corto están formados esencialmente por un pequeño orificio, el flujo en estos emisores es turbulento. Dentro de este tipo, se encuentra los emisores tipo goteros, cuya salida de agua es a través de uno o varios orificios de diámetro pequeño, con una mayor pérdida de carga. Estos emisores son muy sensibles a las obturaciones.

- **Los que disipan la energía por la acción de un vórtice**

El medio bastante sencillo de aumentar la resistencia al paso del agua. El agua entra en forma tangencial en una cámara cilíndrica donde se ve obligada a seguir un movimiento torbellino intenso, generador de una pérdida de carga importante. A continuación el agua se ve obligada a salir a gran velocidad por un orificio situado en el eje de la cámara.

La ventaja de un distribuidor tipo vórtice está en que su diámetro para un mismo caudal y una misma presión, puede ser de alrededor de 1.7 veces más grande que el de un emisor tipo orificio.

Por otro lado se halla la dificultad de que es muy difícil conseguir caudales pequeños que estén entre 2 o 3 litros por hora a una presión de 10 m.c.a..

Otra desventaja de estos emisores es que son relativamente caros y se hace necesaria una puesta punto sobre todo en materia de fabricación para reducir el costo. Los valores del coeficiente de descarga de estos emisores varían por lo general de 0.35 a 0.40.

3.5.3.1.2. Tipos de Emisores y sus Características

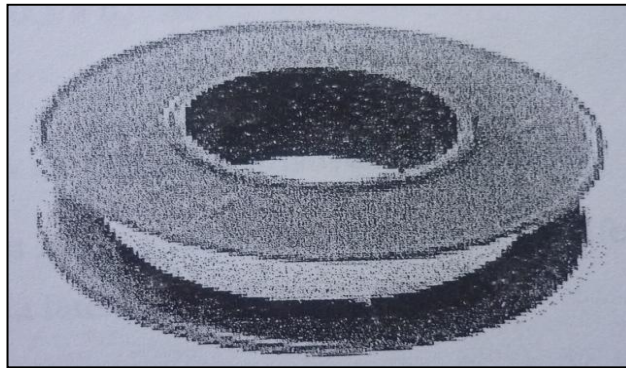
Todos los emisores existentes pueden ser enmarcados dentro de las clasificaciones recién expuestas. A continuación se explicarán algunos tipos de emisores y sus respectivas características principales.

- **Micro tubos**

Los micro tubos son emisores de circuito largo, su diseño es el más sencillo de todos, es el más barato y además es el primero que se utilizó.

En la actualidad el micro tubo prácticamente solo se utiliza para conectar tuberías laterales los emisores o emisores entre sí.

FIGURA N° 3.10 Micro Tubo



El micro tubo consiste en un tubito muy fino de polietileno de diámetro interior entre 0.5 y 2 mm., su caudal varia la presión de servicio, diámetro interior y longitud. Si se mantiene constante el diámetro se puede lograr una buena uniformidad disminuyendo la longitud del micro tubo a medida que nos alejamos sobre la tubería lateral.

Para caudales pequeños el régimen tiende a ser laminar, lo que origina que las variaciones en la temperatura influyan sobre el caudal. Sobre todo cuando el suelo está cubierto de vegetación, éstas variaciones pueden ser importantes. De acuerdo a investigaciones realizadas en México con micro tubos de diferentes longitudes (cuyo diámetro fue de 1 mm y gasto nunca mayor a 17 l/h) y sometidos a diferentes temperaturas, se pudo comprobar que para una carga constante, al aumentar la longitud del micro tubo, este se hace más sensible a los cambios de temperatura, y esta afección se incrementa con el aumento de la carga.

Los micro tubos pueden trabajar a muy bajas presiones, tienen baja uniformidad de emisión y además son sensibles a la presión. El coeficiente de variación del fabricante fluctúa alrededor del 4%, pero se dan también valores más altos sobre todo en los diámetros pequeños (0.5 a 0.7 mm.).

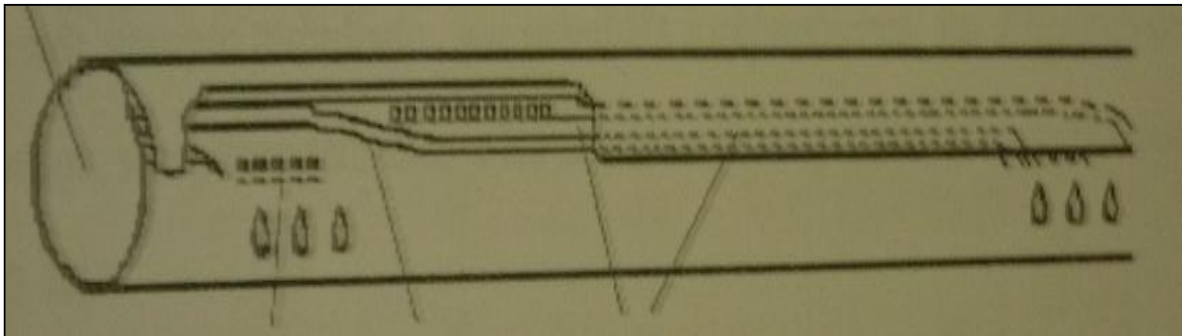
- **Micro tubos enrollados en hélice o emisores helicoidales**

Son emisores que funcionan igual a un micro tubo, pero su diferencia estriba en que están enrollados en la tubería lateral.

- **Emisores con hélice incorporada o de laberinto**

Son emisores de circuito largo, pero no tienen micro tubo. Pertenecen también al tipo de emisores integrados, aunque también existen en derivación. Son moldeados en plástico, en los cuales el paso de rosca forma un circuito largo y estrecho que controla el paso de un caudal pequeño. La rosca es equivalente al micro tubo, tienen unas pérdidas de carga puntual grandes, no es afectado por la temperatura y pueden estar en línea o derivación.

FIGURA N° 3.11 Emisor de Laberinto



Son emisores de régimen turbulento, su exponente de descarga es $x = 0.5$ y son poco sensibles a obturaciones. Algunos de estos emisores pueden ser autocompensantes y auto limpiantes.

Una ventaja del distribuidor moldeado en plástico es que se incorpora totalmente al lateral, sin ningún tipo de saliente o relieve, lo que resulta muy cómodo en los cultivos de huerta

cuando se retiran las tuberías al final de la estación. Otra ventaja importante, es que también es muy fácil fabricar tuberías laterales estándares con emisores colocados en fábrica. Los distribuidores laterales pueden tener varias salidas. La elección final debe hacerse considerando las características específicas y las garantías que nos da el fabricante.

- **Tuberías perforadas**

Es el más sencillo de los sistemas de circuito corto, en ocasiones la distribución de agua no es aceptable por la uniformidad en el tamaño de las perforaciones, la longitud de tubo perforado no debe ser mayor de 60 m., ya que las pérdidas de carga que se producen son elevadas.

FIGURA N° 3.12 Tuberías Perforadas



- **Orificios calibrados**

También conocidos como emisores de orificio. Este emisor trata de resolver los problemas de la tubería perforada. Consiste en un orificio calibrado de geometría fija, insertado en el lateral, se conocen como goteros, pues el agua sale primero en forma de pequeños chorros y rápidamente se convierte en gotas.

El régimen es casi siempre turbulento, son sensibles a obturaciones, sus diámetros de paso son pequeños, son pocos sensibles a los cambios de temperatura y su coeficiente de variación es bajo.

- **Tubos porosos**

Otra técnica para disminuir el caudal por metro lineal de tubería lateral, es la de usar un tubo con pared porosa. Actualmente se fabrican varios tipos de tubos porosos. El plástico utilizado es el ABS o el PE o el PVC micro poroso. Estos tubos porosos generalmente se los en tierra y se los considera como un sistema de riego subterráneo que no es objeto de estudio de este trabajo.

- **Autocompensantes y auto limpiantes**

Tiene problemas de envejecimiento del elastómero (elemento regulador), su coeficiente de variación no es muy bajo, su principal característica es que al variar la presión dentro de un rango (0.5 a 35 m.), su caudal permanece constante. Existen en el mercado distribuidores auto limpiables que disminuyen el problema de obturación de los pequeños orificios. Cada riego comienza y acaba con una fase de desagüe, estos son los emisores de geometría variable. A baja presión, el agua circula libremente limpiando el orificio y cuando la presión aumenta, un disco, una bola o un resorte cierran el orificio a un nivel de presión dada. En los emisores autocompensantes, el coeficiente x de la presión en la fórmula que da el caudal es inferior a 0.5 llegando hasta $x = 0$ para un distribuidor perfectamente regulado.

- **Goteros autocompensantes y auto limpiantes**

Los goteros han mejorado mucho con la tecnología, cada vez se los fabrica con mayor precisión, más resistentes a las obturaciones y mas económicas.

También existen muchos tipos de goteros autocompensantes y auto limpiantes, estos pueden estar en línea, derivación e inclusive integrados.

FIGURA N° 3.13 Goteros Autocompensantes



Se lo usa en la derivación y puede ser colocado directamente sobre la tubería lateral o sino en un extremo de un micro tubo. Estos goteros ofrecen gran precisión en el caudal de entrega y están disponibles para caudales, desde ½ galón hasta 4 galones por hora.

Sus características son la típica de un gotero autocompensante, son los mejores de su tipo y para el sistema de compensación de presión usan una membrana de silicona para darle mayor vida en condiciones más difíciles.

- **Goteros autocompensantes de cabeza plana**

Estos goteros tienen la misma característica que el anterior, su mayor diferencia radica en su geometría, ya que estos tienen la cabeza plana y permanecen planos en la tubería lateral, evitando que puedan ser golpeados y sacados durante el mantenimiento o por animales del lugar. Estos goteros son más económicos que los anteriores y tienen un excelente desempeño.

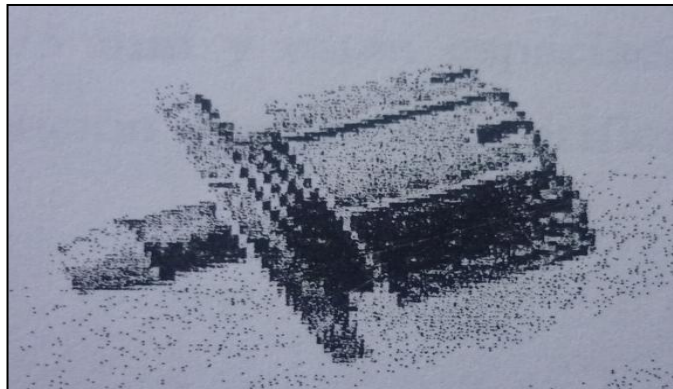
FIGURA N° 3.14 Gotero Cabeza Plana



- **Goteros ajustables**

La principal característica de estos goteros es que el caudal que arrojan puede ser modificado individualmente para cada planta. Estos goteros pueden ser ajustados desde un caudal de 1 galón hasta 10 galones por hora, según la necesidad de la planta, además de que pueden ser colocados directamente sobre una estaca, estos goteros son no compensantes.

FIGURA N° 3.15 Gotero Ajustables



3.5.3.2 Tuberías

Los tubos que se usan para el riego por goteo generalmente, son de plástico o de PVC. El PVC es más económico, pero presenta el inconveniente del deterioro del plástico frente a los rayos ultravioletas. Para evitar este deterioro se agregan negro de humo en la fabricación de los tubos en una proporción de alrededor del 2 al 3 %.

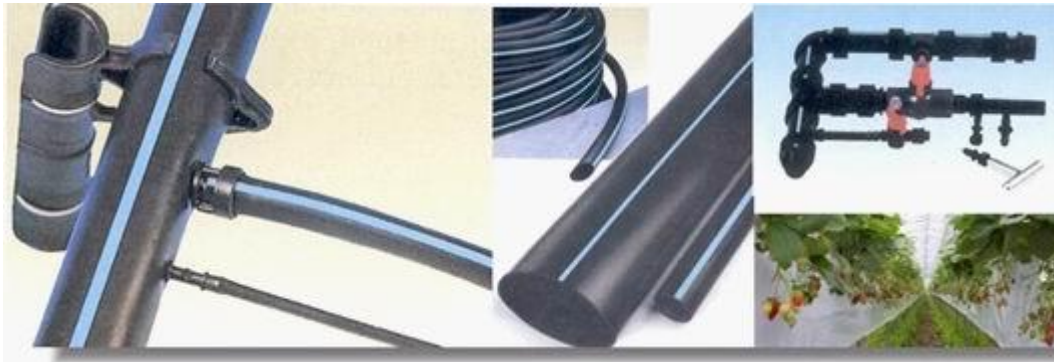
Otro material a usar, es el polietileno con una densidad media de 0.94 gr/cm³.

Los diámetros interiores de las cañerías varían de acuerdo a las funciones que desempeñan en el sistema y se pueden considerar dos grupos:

- 1) Tuberías abastecedoras de goteros: diámetros de $\frac{1}{4}$ " , $\frac{3}{8}$ " , $\frac{1}{2}$ " , $\frac{3}{4}$ " .
- 2) Tuberías de distribución: diámetros de $\frac{3}{4}$ " , 1" , 1.25" , 1.5" , 2" , 3" .

Se clasifican las tuberías de acuerdo a su posición en la unidad de riego, teniendo las siguientes tuberías, principal, secundaria, terciaria y posiblemente laterales. El uso de materiales para esta tubería depende mucho de los caudales y presiones que se utilicen.

FIGURA N° 3.16 Tuberías



- **Tubería principal**

La tubería principal es la encargada de transportar el agua desde la fuente hasta las unidades o sub-unidades.

Estas tuberías para el riego localizado son semejantes a las que se usan en aspersión clásica, pero pueden ser más pequeñas y con una presión inferior debido al uso de caudales y presiones más reducidas.

En las redes pequeñas, se pueden usar tubos de polietileno (PE), pero es más frecuente en redes de mayor magnitud utilizados de PVC o de amianto cemento.

- **Tuberías Secundarias**

Las tuberías secundarias son aquellas que llevan el agua desde la tubería principal a la tubería terciaria que también es conocida como tubería distribuidora.

En sistemas muy pequeños, esta tubería puede no aparecer por ser de muy poca longitud, o la tubería principal puede abastecer directamente a la tubería distribuidora.

Las tuberías secundarias generalmente son de polietileno o de PVC y van de diámetros de 20 a 80 mm., un criterio económico plantea que cuando los diámetros son menores a 50 mm., se utilizaran tuberías de polietileno (PE), y para diámetros mayores se recomienda la utilización de PVC.

En caso de usar PVC, hay que enterrar a la tubería, ya que esta no resiste la radiación ultravioleta.

- **Tubería distribuidora o terciaria**

La tubería distribuidora o terciaria es la encargada de distribuir el agua a las tuberías laterales, algunos autores en sistemas de riego pequeños, las denominan también tuberías secundarias.

Por lo general es de polietileno, y tienen las mismas características que la tubería secundaria.

- **Tuberías laterales**

Las tuberías laterales son las encargadas de distribuir el agua a los emisores. El conjunto de tuberías laterales son de polietileno negro de baja densidad (PEBD). Este material es flexible y poco sensible al sol, lo que es muy importante, ya que las tuberías laterales se colocan en la superficie del suelo.

Los diámetros interiores van de 5 a 25 mm., pero los más corrientes son de 10, 12.5 y 15 mm., el espesor de las paredes es de 1 a 4 mm., según la presión.

La presión del agua en tubo reduce el riesgo de fisuras, pero es preciso poner atención durante la colocación ya que es muy fácil estropear los tubos cuando se desarrollan. Las grietas o fisuras de los tubos de polietileno en forma de hendiduras longitudinales se producen cuando los acoples o los emisores en línea tienen el diámetro exterior demasiado grande en comparación con el diámetro interior del tubo utilizado para formar la tubería lateral. En otros términos el plástico está excesivamente forzado cuando se coloca alrededor un acoplamiento acanalado. El tubo puede también ceder por el calor y a las reacciones químicas. Las tuberías laterales también pueden estropearse por lo acción de los roedores y

El cabezal de riego es el conjunto de elementos que permiten un tratamiento y control del agua de riego, es decir en él se filtra el agua y se la puede tratar en los casos indicados, se le pueden incorporar fertilizantes, controlar la presión del sistema, medir la dosis de riego, etc. Por lo tanto, entre sus componentes, dependiendo del tipo de instalación, pueden incluirse equipos de filtrado y fertilización, válvulas, manómetros, ventosas y equipos de control y medidas entre otros.

Una unidad de control consta de varias partes, a continuación se señalan las más importantes:

- **Una bomba central**

Que junto a los demás elementos, se coloca en la parte más alta del terreno debido a la presión que debe realizarse para el funcionamiento total y se conecta a los tanques de almacenamiento de agua, pudiendo ser automatizada para su constante aprovisionamiento desde una fuente del recurso.

- **Depósitos de agua**

Que varían según su volumen y los requerimientos. Esta capacidad y forma de almacenamiento es uno de los factores de ahorro de agua, además pueden existir depósitos de distintas calidades de agua.

- **Tubo de conducción central**

Con un diámetro adecuado al flujo y a las presiones necesarias, generalmente su diámetro es mayor de 5 cm., este tubo central conecta la bomba con los depósitos de agua.

- **Medidor de volumen de agua**

Con una regulación constante del flujo indispensable.

- **Filtros de acuerdo a las características del agua**

Pueden instalarse filtros que combinen el filtrado de partículas de mayores y menores.

- **Un rompedor de vacío**

Que evita los cambios internos de presión que alterarían el flujo constante y medido.

- **Un manómetro**

Que mida las variaciones de presión.

- **Tanque fertilizante**

Su volumen es variable según los requerimientos, la conexión del tanque de fertilización generalmente es de plástico transparente con un diámetro interior de 10 a 15 mm.

- **Válvulas de no retorno**

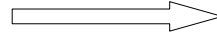
Válvulas que controlan la salida normal hacia los ramales.

3.5.3.4. Cabezal de Control Venturi

El cabezal de control es un conjunto de elementos altamente especializados cuya función es:

Filtrar el Agua de Riego

Control de Caudales de Entrada y Salida



Dosificación de Fertilizantes o Pesticidas administrados con el agua de riego



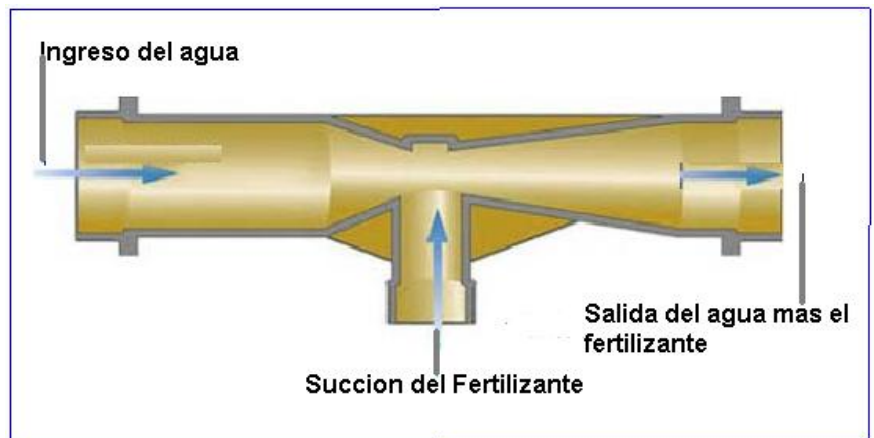
Filtro.

FIGURA N° 3.19 Filtro de anilla



- El filtro no permite que la suciedad o sólidos en suspensión lleguen a los goteros o aspersores, evitando así posibles taponamientos.
- Se usa el filtro de anillas para filtrar aguas con contaminantes orgánicos como algas y hojas e inorgánicos como arenas.
- En un filtro de anilla se debe hacer la limpieza cuando las pérdidas de carga varían entre 0.5 a 1 m.c.a. (verificable en los manómetros) Los filtros deben revisarse y limpiarse diariamente si fuera necesario. Una malla obstruida puede limpiarse con agua.

FIGURA N° 3.20 Inyector de Fertilizantes Venturi



- El inyector Venturi se utiliza en un sistema de riego presurizado para poder inyectar fluidos en la red de riego y de esta manera realizar labores de fertilización y aplicación de pesticidas.

- Su mantenimiento se realiza justo antes de utilizar el dispositivo, donde se verifica la no obstrucción de conductos debido a la precipitación de sales provenientes de fertilizantes y pesticidas.
- Bajo este sistema de inyección se deben utilizar fertilizantes y pesticidas de alta solubilidad.

FIGURA N° 3.21 Manómetros



- Los manómetros son dispositivos que sirven para medir la presión del agua en el sistema de riego.
- En el manómetro se lee la presión de trabajo en forma directa. Las unidades de medida son el BAR y las PSI (libras por pulgada cuadrada).
- La presión de trabajo de las cintas de riego no deben exceder las 15 PSI.
- La presión de Trabajo en los Goteros Botón no debe ser menor a las 15 PSI.
- Existen Manómetros de aire y de glicerina, en ambos casos los manómetros vienen regulados de fábrica, por lo que no se puede hacer ningún tipo de mantenimiento.

Válvula Purga Aire

- La Válvula Purga Aire es un dispositivo que sirve para la expulsión de aire acumulado.
- Existen Manómetros metálicos y de PVC, en ambos casos las válvulas de aire vienen regulados de fábrica, por lo que no se puede hacer ningún tipo de mantenimiento.
- Las válvulas purgadoras de aire son automáticas, es decir que no se necesita operar manualmente para su funcionamiento.

FIGURA N° 3.22 Controlador de la unidad de riego



3.5.3.5. Reductor o Regulador de Presión

Los emisores de riego por goteo necesitan muy poca presión de agua para funcionar. Mira o pregunta a las características técnicas del modelo que compres. Incluso el agua de la red general de abastecimiento a la casa tiene mucha presión para este tipo de riego o si riegas con una bomba que toma el agua de pozo o depósito.

Por esta razón hay unos dispositivos llamados reductores o reguladores de presión. Si no se ponen y la presión es alta, saldrán disparados los goteros.

Un sistema más sencillo para controlar la presión, pero menos exacto, es una **llave de paso colocada antes de la electroválvula.**

4.1 DATOS DE PARTIDA

4.1.1 Características del Terreno

- a) Extensión.- La propiedad tiene una extensión aproximada de 14,200 m², y se regaran los 14.200 m² de la propiedad.
- b) Características topográficas.- La propiedad se encuentra ubicada al lado de la carretera Tarija-Concepción-Chocloca. Su topografía, en todo el terreno, tiene una pendiente no mayor al 1%.
- c) Comunicaciones.- La propiedad está bien comunicada y se vincula con la carretera principal Tarija-Chaguaya.

4.1.2 Características del Cultivo

a) Tipo de cultivo

El único cultivo que será regado con el sistema de riego localizado en este proyecto es la vid.

b) Marco de Plantación

En el proyecto existe una sola área de marco de plantación, en la cual permanece como una constante la separación entre hileras que es de 3 m y entre plantas 1m.

CUADRO N° 4.1 Marco de Plantación

Unidad de riego	Esparcimiento entre hileras (Eh)	Esparcimiento entre plantas (Ep)	Área de marco de plantación (Am)
Distribuidora 1	3.00 m	1.00 m	3.00 m ²

Fuente: Dado por el agricultor Justino Alcoba

c) Área que ocupan las raíces activas de la planta Ac.

El volumen que ocupan las raíces activas de la planta, es el volumen comprendido por las raíces que influyen directamente en el crecimiento y rendimiento de la planta. Por lo general, para este valor se toma un 80% a 90% del total de las raíces.

El área que ocupan las raíces activas de la planta, es la proyección en un plano horizontal del volumen más importante que ocupan las raíces activas de la planta.

Algunos autores determinan esta área midiendo la fracción del suelo realmente cubierto por el follaje de las plantas, vista en la proyección sobre el plano horizontal.

Al no tener este dato de la bibliografía consultada, se recurrió a un Ingeniero Agrónomo que, por su experiencia, en la raíz de la vid, su longitud de la raíz en ocasiones llega a superar los 2 m, lo cual es entendible, ya que en muchas zonas de Tarija no se riega por métodos presurizados, y en algunos casos simplemente se echa agua, y las raíces por naturaleza tienden a buscar el agua y al no encontrarla crecen exageradamente.

Según el centro nacional Vitivinícola, el diámetro de raíces activas es de más o menos de 50 cm. Sin embargo, el volumen de raíces activas de la vid está circunscrito por una circunferencia de diámetro de 80 cm. aproximadamente. Además, hay que resaltar que el riego localizado incrementa más el volumen de raíces activas dentro de dicho diámetro.

d) Profundidad radical activa

El Programa de Desarrollo Integral en la Zona Andina y el Valle Alto de Tarija, en su Manual de Riego, propone para la vid una profundidad efectiva de sus raíces que varía de 75 a 180 cm. En los estudios realizados en el área del proyecto se estableció una profundidad radical activa de 80 cm.

e) Necesidades de Fertirrigacion

Una de las cualidades más importantes del riego localizado es la fertirrigacion, que no es más que la fertilización a través del riego, que es determinado a través de estudios físico químicos realizados en el Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA), donde se determinarán los fertilizantes que se deben usar para mejorar la calidad del suelo y la nutrición de la planta.

4.1.3 Calidad del Agua

El agua que se utilizará para el riego localizado, ha sido obtenida del canal de riego que pasa por la parte baja del terreno, que es alimentado por las aguas del rio Camacho, se hizo un análisis minucioso para obtener la conductividad eléctrica que contiene el agua, el análisis se realizó en el laboratorio de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho (CEANID), la interpretación de dicho estudio dio como resultado un agua apta para riego. Ver Anexo N° 5.

CUADRO N° 4.2 Estudio del Agua

parámetro	Método	Unidad	Muestra 1080 FQ 923	Límites Max. Permitidos	Referencia Límite
Conductividad Eléctrica (24,5 °C)	SM 2510-B	μs	0,299	(agua de riego) 3,00	FAO 1987

Fuente: Elaborado por el CEANID

La (FAO), indica que hay cuatro problemas que pueden producirse por la calidad del agua en suelos y cultivos, el cual es relativo a la salinidad del agua, a la permeabilidad, la toxicidad y problemas diversos.

La salinidad del agua se la puede evaluar por la conductividad eléctrica (CE), que es expresada en (milimhos/cm), (mmhos/cm), o por el contenido de sales (Ts), expresada en (mg/l), (mm/cm * = ppm = mm/l).

Cuando la salinidad es menor a (C.E. = 0.75 mmhos/cm., Ts = 480 ppm), no provoca generalmente ninguna dificultad. Pero cuando se encuentra entre 0.75 y 3 (mmhos/cm), existen riesgos, para numerosos cultivos, por lo que el cultivo necesita un mejor manejo. Cuando la (CE), excede el valor de 3 (mmhos/cm), existen mayores dificultades en muchos cultivos y llegan a tapar los emisores; la solución es cultivar especies resistentes.

Es importante averiguar, en cada caso, la razón generadora de las obstrucciones, ya que de esta forma facilita su prevención y es posible efectuar un control más eficiente en los casos ya declarados.

Probabilidad de ocurrencia de obstrucciones según contenido de partículas y sustancias disueltas en el agua (Bucks y Nakayama, 1987).

CUADRO N° 4.3 Obstrucciones de los Emisores

Tipo de obstrucción	Baja	Media
Físicas		
Materiales en suspensión (ppm)	50	50-100
Químicas		
Ph	7	07-ago
Hierro	0,1 mg/l	0,1-1,5 mg/l
Manganeso	0,1 mg/l	0,1-1,5 mg/l
Calcio	10 mg/l	10-50 mg/l
Carbonatos	100 mg/l	100-200 mg/l
Biológicas		
Bacteria por cm ³	10	10.000 - 50.000

Fuente: Elaborado por Bucks y Nakayama, 1987

La permeabilidad del suelo se reduce cuando el agua lleva algunos constituyentes químicos. Si la permeabilidad es pequeña, es muy difícil proporcionar el agua necesaria al cultivo.

También se pueden formar costras y encharcamientos en la superficie con todas sus consecuencias. Esto puede ocurrir cuando se riegan con aguas que contengan un contenido muy bajo en sales, además un alto contenido en sodio con respecto al calcio y al magnesio (S.A.R.= Coeficiente de absorción del sodio). *De los estudios realizados se obtuvo que la conductividad eléctrica del agua es: 0.299 (mmhs/cm.), y por lo tanto el agua es totalmente apta para riego.*

4.1.4 Características del Suelo

Para saber las características del suelo, se tomaron datos de estudios ya realizados en la zona por el IBTA (Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuario), obteniéndose las características físico-químicas del mismo.

Actualmente estos suelos están cultivados por la vid, estos suelos están representados por su textura franco arcilloso, limo arenosas, y el color del mismo es pardo amarillenta, con una topografía casi plana.

La conductividad Eléctrica del suelo se puede obtener de la siguiente tabla que está en función del tipo de cultivo a un 100% de humedad del suelo, a continuación se muestra los detalles de la tabla.

CUADRO N° 4.4 Conductividad del Suelo

Cultivo	a	B	Valores de CEe (mmhos/cm) para una P(%) de:				
			100	90	75	50	0
FRUTALES							
Palmera datilera (<i>Phoenix dactilifera</i>)	4.0	4.5	4.0	6.8	10.9	17.9	32.0
Granado (<i>Punciagranatum</i>)							
Higuera (<i>Ficus carica</i>)	2.7	8.77	2.7	3.8	5.5	8.4	14.0
Olivo (<i>Olea europaea</i>)							
Vid (<i>Vitisspp</i>)	1.5	9.62	1.5	2.5	4.1	6.7	12.0
Pomelo (<i>Citrus paradisi</i>)	1.8	16.13	1.8	2.4	3.4	4.9	8.0
Pera (<i>Pyruscommunis</i>)							
Manzano (<i>Malussylvestris</i>)							
Naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	1.7	16.13	1.7	2.3	3.3	4.8	8.0
Limonero (<i>Citrus limon</i>)							
Nogal (<i>Juglans regia</i>)							
Melocotonero (<i>Prunuspersica</i>)	1.7	20.83	1.7	2.2	2.9	4.1	6.5
Ciruelo (<i>Prunus domestica</i>)	1.5	17.86	1.5	2.1	2.9	4.3	7.0
Almendro (<i>Prunusdulcus</i>)	1.5	19.23	1.5	2.0	2.8	4.1	7.0
Albaricoquero (<i>Pyrusarmaniaca</i>)	1.6	23.81	1.6	2.0	2.6	3.7	6.0
Zarzamora (<i>Rubusssp</i>)	1.5	21.74	1.5	2.0	2.6	3.8	6.0
Aguacate (<i>Persea americana</i>)	1.3	20.83	1.3	1.8	2.5	3.7	6.0
Frambuesa (<i>Rubusidoeus</i>)	1.0	22.73	1.0	1.4	2.1	3.2	5.5
Fresa (<i>Faggariaspp</i>)	1.0	33.33	1.0	1.3	1.8	2.5	4.0

Fuente: Elaborada por el IBTA 2002.

Análisis químico y físico

Estos análisis están respaldados por el IBTA, con los siguientes datos

CUADRO N° 4.5 Resumen del Análisis Químico del Suelo.

PH 1:5	C.E. Extracto (mmhs/cm.)	CATIONES SOLUBLES me/l.L.				M.O. (%)	N.T. (%)
		Ca**	Mg**	K*	Na*	CO3	HCO3
	7.66	0.24	2.49	1.81	0.76	1.14	1.17

Fuente: Elaborada por el IBTA 2002.

CUADRO N° 4.6 Resumen del Análisis Físico del Suelo.

Prof. (cm)	Da (gr/cc)	CH (cm/hr)	CC (%)	PMP (%)	A (%)	L (%)	Y (%)	Textura
30-60	1.54	4.43	18.23	10.10	55.00	27.50	17.50	FA

Fuente: Elaborada por el IBTA 2002.

Donde:

Da: Densidad del suelo

CH: Conductividad hidráulica

CC: Humedad del suelo a capacidad de campo

PMP: Humedad del suelo en el punto de marchites

A: Arena

L: Limo

Y: Arcilla

FA: Franco arenosa

Donde la Conductividad Eléctrica (CE) del suelo para nuestro proyecto se la hizo en el Laboratorio de Suelos y Aguas del Servicio Departamental Agropecuario (SEDAG).

CUADRO N° 4.7 Resumen del Análisis Químico del Suelo

N° de LAB.	IDENTIFICACIÓN	PRF. (cm.)	C.E. Extracto mmohs/cm
9145	M-1	0-60	0.507

Fuente: Elaborada por el SEDAG

4.1.5 Datos Climáticos

Para la obtención de los datos climáticos de la zona, se recurrió al SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). Se eligió la estación climatológica de la Comunidad de Chocloca, que contiene registros muy importantes por la cercanía a la zona del proyecto, encontrándose a 1 km. de la misma, es muy relevante mencionar que para el dato de la evapotranspiración, esta estación climatológica está ubicada en la Comunidad de Chocloca.

4.2 DETERMINACIÓN DEL RÉGIMEN DE RIEGO

La determinación del régimen de riego es una parte muy importante para el diseño de todo proyecto de riego, en el cual se decide las necesidades netas de riego, el número de emisores por planta o metro cuadrado, la separación entre emisores, dosis y turno de riego, todos estos datos son básicos para un posterior diseño hidráulico y manejo racional de la instalación.

Para la determinación del mismo, se debe empezar con el concepto de que un riego localizado es un riego de alta frecuencia, existiendo la tendencia de satisfacer el déficit diario de humedad. Debido a que es un riego que humedece solamente una porción de la zona radicular activa, se debe establecer valores de límite productivo muy próximos al valor de la capacidad de campo.

El régimen de riego lo conforman, la evapotranspiración, la norma parcial de riego, la norma total de riego, el número y fechas de los riegos, así como los intervalos de los mismos que se requieren durante todo el ciclo vegetativo de un cultivo, y tienen como finalidad mantener en la capa del suelo un balance de aire y agua capaz de proporcionar al cultivo, en combinación con labores culturales.

4.2.1 Balance Hídrico

Para establecer el régimen de riego es necesario realizar el balance hídrico por medio de la utilización del programa (ABRO 3.1), donde se podrá observar el balance que indica los ingresos y egresos del agua para el proyecto, así también nos indica el déficit de agua para el riego de nuestro cultivo.

Es importante mencionar que el programa obtiene tanto la evapotranspiración referencial como la del cultivo con sus respectivos coeficientes ya estandarizados, a continuación se detallan todos los parámetros que intervienen en el cálculo del balance hídrico.

4.3 EVAPOTRANSPIRACIÓN (ET)

La evapotranspiración (ET), es el fenómeno conjunto de la transpiración de la planta y la evaporación del agua del suelo.

ET: (E+T), siendo (E), la evaporación directa desde el suelo la atmósfera y (T), la transpiración, que es la evaporación desde los estomas de las plantas del agua que estas han absorbido del suelo.

La magnitud de la evaporación depende de la superficie a mojar. En el riego localizado, tan solo al mojarse una fracción del suelo, la evaporación disminuye, lo que se interpretaría como un ahorro eficaz de agua.

Por el contrario, al mojarse sólo una fracción del suelo, se produce un calentamiento de la superficie del mismo, emitiendo radiación de onda. Parte de esta radiación es captada por la masa foliar del cultivo, lo que equivale a un aumento de transpiración.

Otro factor que aumenta la transpiración de la planta en el riego localizado, es el aire sobre el suelo, ya que este se calienta más que cuando el suelo está totalmente húmedo, y por

fenómenos de micro abvención aporta también energía al follaje, produciendo el aumento de transpiración de la planta.

Los factores que intervienen en la evapotranspiración son los siguientes: **Clima** (radiación solar, viento, humedad atmosférica, temperatura, luminosidad, lluvia, etc.), **Suelo** (textura y estructura, fertilidad, salinidad, capacidad de retención y profundidad del suelo), **Cultivo** (especie, ciclo vegetativo, fase de desarrollo), y **Agua** (calidad, practica de riego y eficiencia de aplicación).

4.3.1 Cálculo de la Evapotranspiración

El cálculo de las necesidades de agua puede hacerse a partir de los datos que suministra la experiencia local o por medio de métodos empíricos, que en general evalúan la evapotranspiración a partir de registros climáticos y otros factores.

4.3.2 Evapotranspiración Potencial (Eto)

La evapotranspiración potencial (Eto), en (mm/día), fue definida por Doorembos y Pruit (FAO, 1975), como: “La pérdida de agua de un cultivo extenso y uniforme de Gramíneas de 8 a 15 cm de altura, en crecimiento activo, que sombrea completamente la superficie del suelo y que dispone de agua abundante”. Esta (Eto), también se denomina evapotranspiración del cultivo de referencia.

4.3.3 Evapotranspiración Real de un Cultivo (Etr)

En la práctica, los cultivos se desarrollan en condiciones de humedad muy lejanas de las óptimas. Por este motivo para calcular por ejemplo la demanda de riego se ha de basar en la evapotranspiración real de un cultivo (Etr), la cual toma en consideración al agua disponible en el suelo y las condiciones ambientales en las cuales se desarrollan un cultivo determinado.

Siempre y cuando el cultivo en consideraciones disponga de agua en abundancia (después de un riego o de una lluvia intensa) y en condiciones de buena aireación del suelo, (**Etr**), **equivale a evapotranspiración de cultivo (Etc)**.

La evapotranspiración real (Etr), nunca será mayor que la evapotranspiración de cultivo (Etc). Al aumentar la tensión del agua en el suelo, disminuye la capacidad de las plantas para obtener el volumen de agua requerida al ritmo impuesto por las condiciones del ambiente. Bajo estas condiciones disminuye la transpiración del cultivo por lo tanto evapotranspiración real (Etr), es inferior que la evapotranspiración de cultivo (Etc), y también inferior que evapotranspiración potencial (Eto).

La evapotranspiración real de un cultivo, en cierto momento de su ciclo vegetativo, puede expresarse como:

$$Etr = Eto * k$$

Donde:

k : Coeficiente que corrige por la fase vegetativa del cultivo, y por el nivel de humedad en el suelo.

En un suelo sin limitación alguna para la producción, en lo que respecta a condiciones físicas, y de salinidad, k puede expresarse así:

$$k = kc * kh$$

Donde:

kc : Coeficiente de cultivo.

kh : Coeficiente de humedad del suelo.

4.3.4 Coeficiente de Cultivo (kc).

El coeficiente de cultivo (K_c), depende de las características anatomorfológicas y fisiológicas de la especie, y expresa la variación de su capacidad para extraer agua del suelo durante el ciclo vegetativo. La especie vegetal y el tamaño de la planta, representada por su volumen foliar y radical, gobierna el coeficiente de cultivo (k_c).

La información necesaria que se deberá tener sobre los cultivos para la determinación del coeficiente de cultivo es:

- ❖ La fecha de siembra
- ❖ La duración de la estación vegetativa total
- ❖ La duración de la fase inicial, que empieza desde su germinación hasta el 10% de la cobertura del terreno.
- ❖ La duración de la fase de desarrollo del cultivo que va del 10% al 80% de cobertura de terreno.
- ❖ La duración de la fase de finales del periodo que va desde el comienzo de la maduración hasta la recolección.

Para la mayoría de los cultivos el valor de (K_c), aumenta desde un valor reducido en el momento que nace el cultivo, hasta un valor máximo durante el periodo en que el cultivo alcanza su pleno desarrollo y declina a medida que madura el cultivo. A continuación se muestra un cuadro con los coeficientes de cultivo propuesto para algún cultivo durante sus diferentes etapas.

CUADRO N° 4.8 Coeficiente de Cultivo (Kc)

Cultivo	FASES DEL DESARROLLO DEL CULTIVO					
	Inicial	Desarroll o del cultivo	Mediados del periodo	Finales del periodo	Recolecci ón	Periodo vegetativo total
Banana tropical	0.4-0.5	0.7-0.85	1-1.10	0.9-1	0.75-0.85	0.7-0.80
Banana sub- tropical	0.5-0.65	0.8-0.90	1-1.20	1-1.15	1-1.15	0.85-0.95
Frijol verde	0.3-0.40	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9-0.95	0.85-0.95	0.85-0.90
Frijol seco	0.3-0.40	0.7-0.80	1.05-1.20	0.65-0.75	0.25-0.30	0.7-0.80
Col	0.4-0.50	0.7-0.80	0.95-1.10	0.9-1.0	0.8-0.95	0.7-0.80
Algodón	0.4-0.50	0.7-0.80	1.05-1.25	0.8-0.90	0.65-0.70	0.8-0.90
Vid	0.35-0.55	0.6-0.80	0.7-0.90	0.6-0.80	0.55-0.70	0.55-0.75
Cacahuete	0.4-0.50	0.7-0.80	0.95-1.10	0.75-0.85	0.55-0.60	0.75-0.80
Maiz dulce	0.3-0.50	0.7-0.90	1.05-1.20	1-1.15	0.95-1.10	0.80-0.95
Maiz grano	0.3-0.50	0.7-0.85	1.05-1.20	0.8-0.95	0.55-0.60	0.75-0.90
Cebolla seca	0.4-0.60	0.7-0.80	0.95-1.10	0.85-0.90	0.75-0.85	0.80-0.90
Cebolla verde	0.4-0.60	0.6-0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.80
Guisante fresco	0.4-0.50	0.7-0.85	1.05-1.20	1-1.15	0.95-1.10	0.8-0.95
Arroz	0.4-0.50	0.7-0.80	1.10-1.30	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.20

Fuente: Elaborada por el ABRO 3.1

Para la mayoría de los cultivos el valor de (Kc), para el periodo vegetativo total está entre 0.85 y 0.90, con excepción de la banana, el arroz, el café y el cacao que tienen un valor mayor, y la vid, el sisal y la piña tropical que tienen un valor inferior.

4.3.5 Coeficiente de Humedad del Suelo (kh).

El coeficiente de humedad del suelo (kh), es una expresión del mecanismo de transporte de agua a la atmósfera a través del suelo y de la planta, que depende del grado de disponibilidad de agua del gradiente de potencial hídrico, entre el suelo y la atmósfera, y de la capacidad de dicho sistema para conducir agua. Cuando el suelo se va secando, se

incrementa la resistencia a la difusión a través de los estomas de la vegetación, y del espacio poroso del suelo.

4.3.6 Procedimiento de Cálculo

Determinación de la evapotranspiración del cultivo de referencia o evapotranspiración potencial (ETP).

Para la determinación de la evapotranspiración potencial, se debe recoger y evaluar los datos disponibles, meteorológicos y de cultivos. Analizando los datos disponibles, se elegirá el método de cálculo. Utilizando los datos meteorológicos medios, se calculará la evapotranspiración potencial para cada periodo de 10 a 30 días.

Método de Penman Monthain

Para el cálculo de la (ETP), por el método de Penman, se necesitan los siguientes datos climáticos: temperatura media (T en °C), humedad relativa media (RH en %), viento total (U en km/día a 2m de altura), y la duración media real del tiempo de insolación (n en hora/día), o radiación media (Rs o RN evaporación equivalente, en mm/día). También debe disponerse de datos medidos o estimados sobre el promedio de la humedad relativa máxima (Rhmax en %), y sobre la velocidad media del viento durante el día (U dia en m/seg a 2m de altura). La evapotranspiración del cultivo de referencia (ETP), que represente el medio en (mm/día), para un periodo considerado, se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$ETP = c * (W * Rn + (1 - W) * f(U) * (ea - ed))$$

Donde:

(ea - ed) = Déficit de presión de vapor, es decir la diferencia entre la presión de saturación del vapor (ea), a la T° media, en milibares, y la presión real del vapor (ed), en milibares donde $ed = ea * (RH/100)$.

f(U) = función del viento $f(U) = 0.27 * ((1+U)/100)$ con (U), en (Km/día), medido a 2m. de altura.

R_n = Radiación neta en (mm/día), o $R_n = 0$ m, $(75R_s - R_{n1})$ donde (R_s) , es la radiación percibida en onda corta en mm/día ya sea medida u obtenida a partir de $R_s = (0,25 + 0,50/N) * R_a$, R_a es la radiación extraterrestre en mm/día, n es la duración media real de insolación en horas/día y N es la duración máxima posible de insolación en horas/día, R_{n1} es la radiación neta de onda larga en (mm/día), y es una función de temperatura, $f(T)$ de la presión real de vapor, $f(e_d)$ y de la duración del tiempo de insolación, $f(n/N)$, o $R_{n1} = f(T) * f(e_d)$.

W = Factor de ponderación dependiendo de la temperatura y de la altitud.

c = Factor de ajuste para la relación (Udía/Unoché), (R_{hmax}) , y para (R_s) .

4.4 DISEÑO AGRONÓMICO

Es una parte fundamental del proyecto, es la parte en la cual se debe tener mucho cuidado en los parámetros a utilizar, ya que éstos tienen una incidencia muy importante en el diseño hidráulico.

El diseño agronómico es una parte, realmente importante, para el proyecto, que se toma muy en cuenta y se decide una serie de elementos de instalación tales como número de emisores, disposición de los mismos, etc. Además proporciona datos básicos para el diseño hidráulico, como por ejemplo el caudal por emisor por planta, duración de riego, etc.

El diseño agronómico se desarrolla en dos partes:

1. Cálculo de necesidades de agua
2. Determinación de la dosis, frecuencia y tiempo de riego. Número de emisores por planta y caudal del emisor.

4.4.1 Necesidades de Agua

La necesidad de agua es un parámetro muy importante para el proyecto que depende del cultivo en estudio, nos interesa conocer la necesidad de agua en su valor punta, que permite posteriormente determinar las dimensiones de las instalaciones del riego. Una vez obtenida la evapotranspiración referencial del cultivo por medio de la utilización del programa **ABRO 3.1** (área bajo riego óptimo), a partir del cual se empezaran los cálculos respectivos.

4.4.1.1 Cálculo de la Evapotranspiración Real E_{Tr} de Cultivo (mm/día), ó (mm/mes).

La evapotranspiración del cultivo se lo calcula a partir de la (E_{To}), según:

$$E_{Tr} = E_{To} * k_c * k_h$$

Donde:

E_{Tr} = Evapotranspiración real de cultivo (mm/día) ó (mm/mes).

E_{To} = Evapotranspiración potencial (mm/día) ó (mm/mes).

k_c = Coeficiente del cultivo.

k_h = Coeficiente de humedad del suelo

Este coeficiente de cultivo es diferente para cada especie de cultivo, también intervienen las fases de crecimiento de cada cultivo, mes del año, cultivo con o sin laboreo en algunos árboles, en la tabla mostrada anteriormente se mostró algunos valores de coeficientes de cultivos para diferentes especies.

4.4.1.2 Corrección de la Evapotranspiración por Efecto de de “Localización” (E_{Trl}).

Este riego localizado se utiliza principalmente para cultivos en línea y huertos, en lo cual solo una parte de la superficie está ocupada por las plantas, el follaje de estas plantas cuando son jóvenes y están muy separadas, no intercepta más que una parte de la radiación

incidente. En otro tipo de riego, como ser de superficie o por aspersión, la superficie que no cubre el cultivo y es mojada por el riego, este sufre una pérdida de agua debido a la evaporación y a la transpiración de malas hierbas, el cual no tiene ningún beneficio para el cultivo. Los valores de necesidades de agua determinados por los métodos de riego tradicionales incluyen pérdidas. Para calcular estas necesidades de agua de los cultivos en el riego localizado, se debe aplicar, a estos valores, coeficientes por efecto de localización y por correcciones por condiciones locales que se detallaran posteriormente.

$$ET_{rl} = E_{tc} * K1 * K2 * K3$$

Donde:

ET_{rl} = Evapotranspiración del riego localizado

K1 = Coeficiente por efecto de localización

K2 = Coeficiente por variación climática

K3 = Coeficiente de variación por advección

Efecto de Localización K1

Se tiene una serie de métodos para corregir la (E_{tr}), por efecto de localización, entre los que tenemos los más prácticos que se basan en la fracción de área sombreada del cultivo: a la cual denominamos (**A**), y definimos como la fracción de la superficie del suelo sombreada por la cubierta vegetal a medio día en el solsticio de verano, respecto a la superficie total. A efectos de cálculo se puede hacer coincidir la superficie sombreada con la proyección sobre el terreno del perímetro de la cubierta vegetal.

Fracción del área mojada

$$A = \frac{(\pi * a^2) / 4}{a * b} = \text{Área sombreada}$$

a = Separación entre planta }
 b = Distancia entre hileras } *Marco de plantacion*

Estos métodos que se aplicaran se suponen que a efectos de evapotranspiración el área sombreada se comporta casi igual que la superficie del suelo en riegos no localizados, mientras que el área no sombreada elimina agua con una intensidad mucho menor. Con el objeto de cálculos se obtuvieron las siguientes fórmulas:

Aljibury et al..... $K1 = 1.34 * A$
 Decroix..... $K1 = 0.1 + A$
 Hoare et al..... $K1 = A + 0.5 * (1 - A)$
 Keller..... $K1 = A + 0.15 * (1 - A)$

De estas cuatro fórmulas se saca el valor medio que, se tomará para el cálculo de la evapotranspiración del riego localizado.

Efecto por variación climática K2

Cuando la evapotranspiración real de cultivo (Etr), utilizada en cálculo equivalente al valor medio del valor estudiado, debe mayorarse multiplicando por un coeficiente, considerando que aproximadamente la mitad de los años el valor calculado, sería insuficiente.

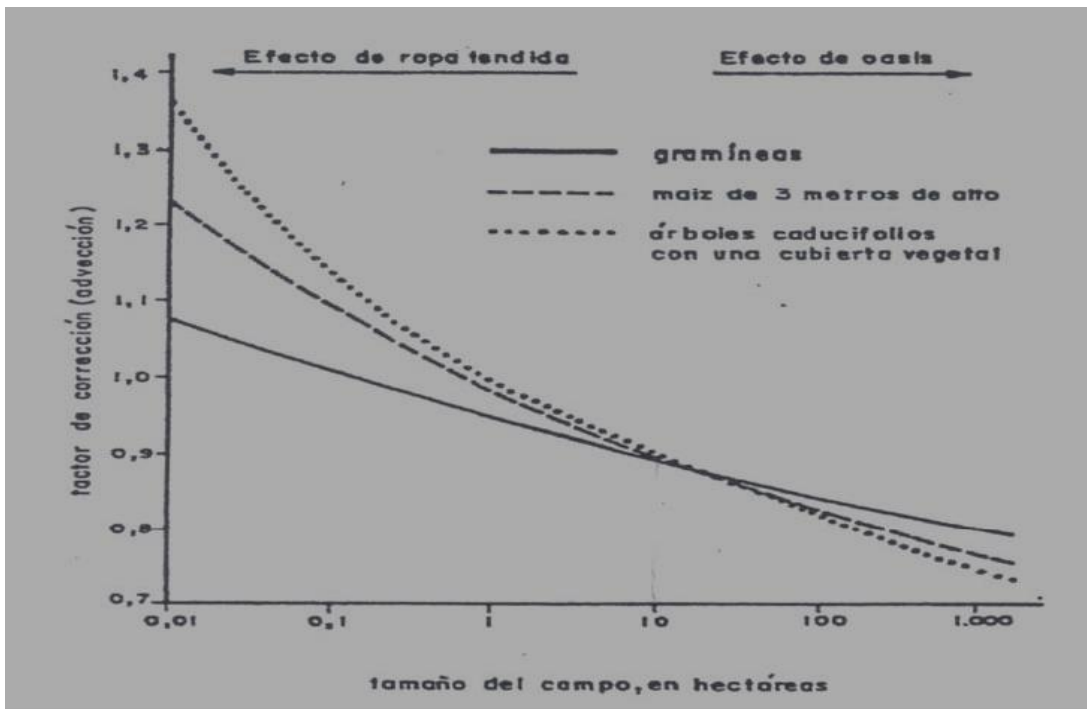
Para paliar este inconveniente, la (Etr), se mayor a multiplicándola por un coeficiente que siempre es mayor que la unidad, que depende del tipo de clima, y de la profundidad de agua disponible en el suelo en cada riego.

En los riegos convencionales el coeficiente de mayoración mayor es menor al coeficiente de mayoración. En riegos localizados de alta frecuencia, (RLAF), el volumen de suelo mojado es reducido y por tanto los coeficientes son siempre elevados.

Adoptamos el criterio de Hernández Abreu de aplicar siempre un coeficiente comprendido entre 1.15 y 1.20. Para el cálculo adoptamos el valor de (**K2=1.20**).

Efecto de variación por advección K3

La corrección a aplicar depende del tamaño de la zona de riego, como se muestra en la aplicación de la FAO y del tipo de cultivo. Para el proyecto se toma un valor de (**K3=0.95**).



4.5 NECESIDADES NETAS N_n (mm/mes)

Cuando se calcula la (ET_{rl}) (evapotranspiración del riego localizado afectado por todas las correcciones, tanto localizadas como por condiciones locales) las necesidades netas de riego de los cultivos se calculan:

$$N_n = ET_{rl} - Pe - G_w - A_w$$

Donde:

Pe = Es la precipitación efectiva, es decir, la parte de la lluvia que puede ser utilizada por los cultivos.

G_w = Es el aporte por capilaridad a la zona radicular, cuando hay una capa freática próxima.

A_w = Es la variación en el almacenamiento de agua del suelo.

Aunque estadísticamente en el mes de máximas necesidades, se produzca una cierta lluvia media que dé lugar una precipitación efectiva P_e , esta no debe tenerse en cuenta. En cuanto al aporte capilar (Q_w), puede ser importante en los casos en que la capa freática este próxima, el cálculo es difícil.

La variación de almacenamiento de agua del suelo (A_w), generalmente, no se lo toma en cuenta, para el cálculo de las necesidades de punta: los RLAF pretenden mantener próximo a cero el potencial hídrico del suelo, lo que consiguen reponiendo con alta frecuencia el agua extraída. Si se permiten que las necesidades de los cultivos se satisfagan con el agua almacenada, la humedad del suelo y el potencial hídrico irán disminuyendo y posiblemente alcancen valores alejados del óptimo. Por lo tanto para tomar el caso más desfavorable y crítico que se pueda presentar en el riego es cuando las necesidades de riego son iguales a la evapotranspiración del riego localizado ($N_n = E_{Trl}$).

$$N_n = E_{Trl}$$

4.6 NECESIDADES TOTALES N_t . (mm/mes)

Para el cálculo de las necesidades totales, a partir de las necesidades netas, hay que tener en cuenta tres hechos:

1. Pérdida de agua por percolación
2. Necesidades de lavado
3. Falta de uniformidad de riego

$$N_t = \frac{A}{CU}$$

Donde:

A = Coeficiente por las necesidades de lavado

CU = Coeficiente de uniformidad (este se asume el 90%)

Las pérdidas de agua en parcela en los riegos de alta frecuencia se debe a la percolación, las pérdidas por escorrentía solo se pueden presentar en casos extremos de manejo muy deficiente, por lo las tomamos en cuenta.

Llamando **Pp** a las pérdidas por percolación

$$A = Nn + Pp$$

Eficiencia de aplicación

$$Ea = Nn / A$$

$$Pp = A * (1 - Ea)$$

Las necesidades de lavado (R), son un sumando que, hay que añadir a las necesidades netas para mantener la salinidad del suelo a un nivel no perjudicial. Ahora, si suponemos que por el momento no hay pérdidas por percolación, resulta:

$$A = Nn + R$$

Necesidades de lavado (coeficiente)

$$LR = R / A$$

$$A = \frac{Nn}{(1 - K) * f}$$

$$\left. \begin{array}{l} K = 1 - Ea \\ K = LR \end{array} \right\}$$

De estos dos se elige se el valor más alto de K

Eficiencia de aplicación (Ea): Este valor depende de los climas y la profundidad de las raíces.

CUADRO N° 4.9 Valores de (Ea) en Climas Áridos

Profundidad de las raíces (m)	TEXTURA			
	Muy porosa (grava)	Arenosa	Media	Fina
< 0,75	0,85	0,9	0,95	0,95
0,75 – 1,50	0,9	0,9	0,95	1
> 1,50	0,95	0,95	1	1

Fuente: Elaborada por Fernando Pizarro

CUADRO N° 4.10 Valores de (Ea) en Climas Húmedos

Profundidad de las raíces (m)	TEXTURA			
	Muy porosa (grava)	Arenosa	Media	Fina
< 0,75	0,65	0,75	0,85	0,9
0,75 – 1,50	0,75	0,8	0,9	0,95
> 1,50	0,8	0,9	0,95	1

Fuente: Elaborada por Fernando Pizarro

Necesidades de lavado (LR): Se lo calcula mediante la siguiente fórmula:

$$LR = \frac{CEi}{2CEe}$$

Donde:

CEi = Conductividad eléctrica del agua de riego

CEe = Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo

4.7 NÚMERO DE EMISORES

El número de emisores por planta, se determina una característica agronómica que es muy importante para los riegos localizados: el porcentaje de superficie mojada. Este número se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$e \geq \frac{Sp * P}{100 * Ae}$$

Donde:

Sp = Marco de plantación

Ae = Área del emisor (sacado de las especificaciones de los catálogos)

Diámetro de la superficie mojada

$$A_e = \pi * r^2$$

Jaime Rabiza, en función del tipo de suelo y caudal arrojado por el emisor, propone las siguientes fórmulas para el cálculo del diámetro mojado (d).

- Textura fina $D_s = 1.2 + 0.1 * q_a$
- Textura media $D_s = 0.7 + 0.11 * q_a$
- Textura gruesa $D_s = 0.3 + 0.12 * q_a$

Se determina la superficie mojada por el emisor (A_c), a la proyección horizontal del volumen mojado del suelo. Suponiendo que es circular esta superficie, se define entonces el diámetro mojado (d).

Porcentaje de superficie mojada (P)

Es una de las características de los RLAF, ya que el agua solo se aplica a una parte del suelo, En la práctica del diseño, el concepto de porcentaje de suelo mojado se sustituye por el porcentaje de superficie mojada, que aunque menos significativo, es más fácil de manejar

y medir. Este parámetro fue definido por Keller y Karmeli (1974), como la relación expresada en tanto por 100, entre el área mojada por los emisores y el área total.

El parámetro de superficie mojada denominado (P), Keller recomienda los siguientes valores mínimos en el caso de los árboles:

Pmin

- Clima húmedo.....20 %
- Clima árido.....33 %

$$P = \frac{Ame}{a * b}$$

Donde:

Ame = Área mojada del emisor (m²)

a = Separación entre planta (m)

b = Separación entre hileras (m)

Condición de solape Se (Separación entre emisores).

Donde:

$$Se = Rme * (2 - a / 100)$$

Se = Separación entre emisores (m).

a = Porcentaje de solape (%).

Rme = Radio mojado del emisor (m).

Condición de solape Se (Separación mínima entre goteros).

A = Porcentaje de solape entre el 15% y 20%

$$Se = Rme * (2 - a / 100)$$

Cálculo de Ame con los solapes.

$$\alpha = \text{actg} \sqrt{\frac{1}{(1 - a/200)^2} - 1}$$

$$Ame = [\pi - 2 * (\alpha - (1 - a/200) * \text{sen} \alpha)] * Rme^2$$

Cálculo del porcentaje de humedad (verificación).

Una vez que se ha establecido la condición de solape entre los emisores debemos verificar que el porcentaje de humedad asumido sea realmente el que tendría el cultivo, mediante la siguiente fórmula:

$$P = \frac{100 * Ne * Ame}{Sp}$$

Donde:

Ne = Número de emisores.

Sp = Área del marco de plantación (a*b),(m²).

4.8 DOSIS Y FRECUENCIA DE RIEGO (Intervalo de Riego).

4.8.1 Frecuencia de Riego.

El intervalo de riego consiste en la frecuencia de riego, es decir la continuidad con la que se va a regar el cultivo. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$I = Ve * e / Nt$$

Donde:

I = Intervalo de riego en días

V_e = Volumen del emisor m^3

e = Número de emisores

N_t = Necesidades totales

4.8.2 Tiempo de Riego (T_r).

El tiempo de riego se refiere a la dosis que tendrá de riego el cultivo, es decir horas necesarias para satisfacer sus necesidades del mismo, la fórmula utilizada es la siguiente:

Donde:

$$T = N_t / e * q_a$$

T = Tiempo de riego.

N_t = Necesidades totales.

e = Número de emisores.

q_a = Caudal del emisor obtenido del catálogo.

4.8.3 Caudal Requerido (Q_r).

El caudal requerido al orión de la instalación será:

$$Q_r = \frac{N_e * q_a * I * Area_{riego}}{a * b}$$

Donde:

N_e = 1 emisor por planta.

q_a = 2 l/hr caudal del emisor.

I = 1 día de intervalo de riego.

$Área_{riego}$ = 14,200.00 m^2 Área de riego.

a = 1m separación entre plantas.

b = 3.0m separación entre hileras.

4.9 NÚMERO DE SUB-UNIDADES

El número de sub-unidades se obtiene mediante la ecuación mencionada anteriormente, tomando en cuenta el tiempo de riego como también las horas de riego de las que se disponga ya sea por turnos o de otra manera.

$$N_{subun} = Hr / tr$$

Donde:

Hr = Horas de riego

tr = Tiempo de riego

5.1 DISEÑO HIDRÁULICO

5.1.1 Coeficiente de Uniformidad

La uniformidad es una magnitud que caracteriza a todo sistema de riego y que además interviene en su diseño, tanto en el agronómico, pues afecta al cálculo de las necesidades totales del agua (N_t), como en el hidráulico, pues en función de ella se definen los límites entre los que se permite que varíen los caudales de los emisores.

El coeficiente de uniformidad de Christiansen, propuesto por su autor en 1942 y ampliamente utilizado en riego por aspersión, sin embargo se utiliza criterios más exigentes y se define un nuevo coeficiente de uniformidad (CU), según la siguiente expresión:

$$CU = \frac{q_{25}}{q_a}$$

Donde:

q_a = Es el caudal medio de todos los emisores de la instalación.

q_{25} = Es el caudal medio de los emisores que constituyen el 25 por 100 de más bajo caudal.

- **Valores recomendados**

La elección del (CU), es una cuestión económica en la que se debe comparar costos (y la posibilidad), del mayor consumo de agua y la mayor inversión inicial en la instalación. En la tabla 5.1 Se muestran algunos valores orientativos:

CUADRO N° 5.1 Valores Recomendados para (CU).

Emisor	Pendiente	Clima	Clima
		Árido	Húmedo
Emisores espaciados más de 4 m en cultivos permanentes	Uniforme (i<2%)	0,90-0,95	0,80-0,85
	Uniforme (i>2%) u ondulado	0,85-0,90	0,75-0,80
Emisores espaciados menos de 2,5 m en cultivos permanentes o semipermanentes	Uniforme (i<2%)	0,85-0,90	0,75-0,80
	Uniforme (i>2%) u ondulado	0,80-0,90	0,70-0,80
Mangueras o cintas de exudación en cultivos anuales	Uniforme (i<2%)	0,80-0,90	0,70-0,80
	Uniforme (i>2%) u ondulado	0,70-0,85	0,65-0,75

Fuente elaborado por Fernando Pizarro

- **Fórmula de absoluto a emplear en el diseño (CU).**

En un diseño hidráulico de una instalación se deben tener muy en cuenta los factores constructivos como los hidráulicos, y la acción conjunta de estos factores origina una uniformidad que es el coeficiente (CU):

$$CU = \left(1 - \frac{1,27 * CV}{\sqrt{e}} \right) * \frac{1}{2} * \left(\frac{q_{\min}}{q_a} + \frac{q_a}{q_{\max}} \right)$$

Fórmula a utilizar para el diseño que permite calcular q_{25} a partir de (CU), (cuyo valor se establecerá en el diseño agronómico), y en función de (CV), y q_a ; asimismo el coeficiente de uniformidad asumido en el diseño agronómico debe ser verificado en el diseño hidráulico.

5.2 COEFICIENTE DE VARIACIÓN

Una variable continua es la que puede tener un valor y su inmediato superior o inferior, oscila por tanto en intervalos infinitesimales. Un ejemplo de variable continua es el caudal que se obtiene al aplicar la misma presión a distintos emisores del mismo modelo, es decir considerando como únicos factores de variación los de tipo constructivo. La dispersión que se produce entre los distintos valores del caudal se puede medir de varias formas; la más usada es sin duda la *desviación típica*:

La desviación típica se define como la raíz cuadrada de la media aritmética de los cuadrados de las desviaciones respecto de la media.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - q_a)^2}{n}}$$

σ = Desviación Típica

q_i = Caudal del emisor (l/h)

q_a = Caudal medio

n = Número de emisores

Sin embargo, la desviación típica tiene el inconveniente de ser una medida de la dispersión absoluta y a nuestros efectos interesa expresar de alguna forma la dispersión relativa, para lo cual se emplea el *coeficiente de variación*, (CV), que se define como el coeficiente entre la desviación típica y el valor medio.

$$CV = \frac{\sigma}{q_a}$$

Donde:

σ = Desviación típica

q_a = Caudal del emisor

El coeficiente de variación es un término estadístico característico. En los RLAF, al referirlo a los emisores se suele ampliar su nombre, llamándolo *coeficiente de variación de fabricación*.

Hay varias clasificaciones de emisores en función del (CV), nosotros vamos a seguir las especificaciones de la norma ISO, relativa a emisores, que se clasifican en dos categorías:

- Categoría A, Emisores de elevada uniformidad: $CV < 0.05$
- Categoría B, Emisores de baja uniformidad: $0.05 < CV < 0.10$

La norma a que cada emisor lleve una indicación clara especificando su categoría A ó B.

El coeficiente de variación es prácticamente independiente de la presión de la prueba, dentro del entorno de trabajo normal del emisor. Los emisores son piezas móviles o desmontables, que suelen tener valores elevados de (CV), igual ocurre con los microtubos.

Para la determinación experimental de (CV), las normas ISO establecen que se estudie un mínimo de 25 emisores, midiendo el caudal que arroja a la presión nominal.

5.3 CÁLCULO DE LA SUB-UNIDAD DE RIEGO

Para el diseño de las sub-unidades es necesario tener en cuenta tres tipos de presiones que se muestran a continuación:

- Presión media
- Presión mínima
- Presión de ingreso

5.3.1 Tolerancia de Caudales y Presiones

Relaciona el coeficiente de uniformidad de riego (CU), con el caudal medio (q_a), y mínimo (q_{min}), de la sub-unidad:

$$CU = \left(1 - \frac{1,27 * CV}{\sqrt{e}}\right) * \frac{q_{min}}{q_a}$$

Donde:

CV = Coeficiente de variación de fabricación del emisor (dato conocido en el diseño agronómico).

e = Número de emisores que suministran agua a una misma planta.

De esta manera se despeja q_{ns} , el caudal medio de todos los emisores:

$$q_{ns} = \frac{CU * q_a}{1 - \frac{1,27 * CV}{\sqrt{e}}}$$

Conocidos q_{ns} y q_a así como la ecuación del emisor ($q=kh^x$), se calculan las presiones medias (h_a), y mínima (h_{ns}).

$$CV = \left(\frac{q}{k}\right)^{1/x}$$

La diferencia de presión en el conjunto de la sub-unidad, ΔH , es proporcional a ($h_a - h_{ns}$).

$$\Delta H = M(h_a - h_{ns})$$

Donde (M), es un factor que depende del número de diámetros que se vayan a emplear en una misma tubería, ya sea terciaria o lateral. Keller recomienda los siguientes valores de (M):

	M
Diámetro constante.....	4.3
2 diámetros.....	2.7
3 diámetros.....	3.0

No obstante, como en esta fase de cálculo es difícil saber el número de diámetros, se recomienda utilizar el valor **M=2,5**.

La fórmula permite calcular la diferencia de presión admisible en la sub-unidad, que se reparte entre terciaria y lateral.

$$\Delta H = \Delta H_t + \Delta H_l$$

Donde:

ΔH_t = Variación de presión admisible en la terciaria

ΔH_l = Variación de presión admisible en cada lateral

Hay que señalar que esas variaciones de presión incluyen no solo las pérdidas de carga en las tuberías, sino también los desniveles topográficos. En terrenos de poca pendiente se suele hacer:

$$\Delta H_t = \Delta H_l = \frac{\Delta H}{2}$$

Asimismo en esta tolerancia de presiones y caudales en la sub-unidad, se deben verificar las siguientes condiciones:

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

$$\Delta h = \frac{\Delta P_s}{\gamma} = \frac{P_{\max}}{\gamma} - \frac{P_{\min}}{\gamma} \leq 0,10 \frac{P_s}{\gamma}$$

Aceptando como criterio que la máxima variación de caudales en la sub-unidad es del 10%, la máxima variación de presiones será:

$$\Delta H = \frac{0,10}{x} * h_a = \frac{\Delta P_s}{\gamma}$$

Siendo h_a la altura de presión del emisor elegido.

- Pérdida de carga en la Sub-unidad.

$$\Delta h_s = \frac{\Delta P_s}{\gamma} \pm z_l \pm z_t$$

- Reparto óptimo de la pérdida de carga.

$$CF = \frac{Ll}{Lt} \quad ; \quad R = \frac{\Delta h_s}{\Delta h_s \Delta hl}$$

Laterales alimentados por un extremo:

$$R = \frac{0.842 * CF^{0.1577}}{Sl^{0.060}}$$

Con este cálculo, es posible hallar la variación de presión de la tubería lateral para luego poder hallar la variación de presión de la tubería terciaria y proceder a sus respectivos dimensionamientos.

5.3.2 Cálculo de Laterales

Dentro del cálculo de las laterales existen diversas condiciones según la topografía del terreno, sin embargo se detallarán a continuación las fórmulas generales para el diseño de tuberías laterales alimentadas por un extremo.

- Condición de la pendiente $S_o > S$

- Pérdida de carga admisible: $\Delta Hl = \Delta hl \pm Zl$

Para este cálculo es necesario conocer la pendiente del terreno.

- Caudal al comienzo de la Lateral: $QL = N^{\circ} \text{ de emisores} * Qe$

Donde Qe es el caudal del emisor.

- Pérdida de carga de la Lateral: Para la obtención de esta pérdida de carga se hace uso de la fórmula de Blasius que es la siguiente.

$$hl = (L + N * le) * F * C * \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}$$

Donde (F), es el factor de Christiansen generalizado, la misma que se obtiene mediante el cuadro 5.2, que depende de la pendiente del terreno y el número de emisores. Asimismo puede ser obtenido mediante la siguiente fórmula:

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2n} + \frac{\sqrt{m-1}}{6n^2} \quad le = \frac{18.91}{D^{1.87}}$$

Donde:

m = Pérdida de carga adoptada.

n = Número de derivación o emisores (que son derivadores).

C = Coeficiente que depende de la temperatura.

Q = Caudal al comienzo de la tubería en litro/hora.

D = Diámetro interior de la tubería en mm.

le = Longitud equivalente.

CUADRO N° 5.2 FACTOR DE CHRISTIANSEN

n	Exponente m					
	1	1.75	1.8	1.85	1.9	2
1	1.000	1.008	1.006	1.005	1.003	1.000
2	0.750	0.650	0.644	0.639	0.634	0.625
3	0.667	0.546	0.540	0.535	0.529	0.519
4	0.625	0.498	0.491	0.485	0.480	0.469
5	0.600	0.569	0.463	0.457	0.451	0.440
6	0.583	0.451	0.445	0.438	0.433	0.421
7	0.571	0.438	0.432	0.425	0.419	0.408
8	0.563	0.428	0.422	0.416	0.410	0.398
9	0.556	0.421	0.415	0.408	0.402	0.391
10	0.550	0.415	0.409	0.402	0.398	0.385
11	0.545	0.410	0.404	0.398	0.392	0.380
12	0.542	0.406	0.400	0.394	0.388	0.376
13	0.538	0.403	0.396	0.390	0.384	0.373
14	0.536	0.400	0.394	0.387	0.381	0.370
15	0.533	0.398	0.391	0.385	0.379	0.367
16	0.531	0.395	0.389	0.383	0.377	0.365
17	0.529	0.394	0.387	0.381	0.375	0.363
18	0.528	0.392	0.385	0.379	0.373	0.362
19	0.526	0.390	0.384	0.378	0.372	0.360
20	0.525	0.389	0.383	0.376	0.370	0.359
22	0.523	0.387	0.380	0.374	0.368	0.356
24	0.521	0.385	0.378	0.372	0.366	0.354
26	0.519	0.383	0.377	0.370	0.364	0.353
28	0.518	0.382	0.375	0.369	0.363	0.351
30	0.517	0.380	0.374	0.368	0.362	0.350
35	0.514	0.378	0.372	0.365	0.359	0.348
40	0.513	0.376	0.370	0.363	0.357	0.346
45	0.511	0.375	0.368	0.362	0.356	0.345
50	0.510	0.374	0.367	0.361	0.355	0.343
55	0.509	0.373	0.366	0.360	0.354	0.342
60	0.508	0.372	0.366	0.359	0.353	0.342
70	0.507	0.371	0.364	0.358	0.352	0.341
80	0.506	0.370	0.363	0.357	0.351	0.340
90	0.506	0.369	0.363	0.356	0.350	0.339
100	0.505	0.369	0.362	0.356	0.350	0.338
125	0.504	0.368	0.361	0.355	0.349	0.337
150	0.503	0.367	0.360	0.354	0.348	0.337
200	0.503	0.366	0.360	0.353	0.347	0.336
250	0.502	0.366	0.359	0.353	0.347	0.335
300	0.502	0.365	0.359	0.353	0.346	0.335
∞	0.500	0.364	0.357	0.351	0.345	0.333

Fuente: Elaborada por Christiansen (1942)

Mediante una iteración se obtiene el diámetro de la tubería.

5.4 DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERÍA

El cálculo es igual al de la tubería lateral con la variante de la condición topográfica en la que la pendiente inicial es mayor a la del terreno.

- Condición de la pendiente $S_o = S$

Diferencia de presiones: $\Delta H_t = \Delta h_s - \Delta h_l$

Diámetro de la Terciaria: Se debe calcular el diámetro siguiendo el mismo procedimiento que para la tubería lateral, con las siguientes diferencias que mencionamos a continuación:

- Pérdidas de carga en la terciaria

$$J = 0.473 \cdot \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \quad h = (L + N_e * l_e) * F * j$$

Donde:

F= Coeficiente de Christiansen de Tabla o por fórmula.

Le= Longitud equivalente o coeficiente de mayoración de la terciaria.

$$Le = 0.10 * Q_l^{0.36} * N_l^{0.26}$$

a = 1.15 (pérdidas localizadas).

Qt= Caudal al comienzo de la terciaria

$$Q_t = N_{laterales} * Q_l$$

Después de realizar este diseño, se debe proceder al estudio de presiones en la sub-unidad más crítica, para así obtener las presiones máximas y mínimas con los cuales obtendremos

caudales máximos y mínimos mediante la ecuación del emisor verificando así nuestro coeficiente de uniformidad para el sistema de riego.

5.5 DISEÑO DE LA RED

5.5.1 Tubería Secundaria y Cabezal de Riego

Para el diseño de estas dos tuberías solo se toma en cuenta las pérdidas de carga tanto localizadas como por fricción, mediante la utilización de las siguientes ecuaciones en las que se tantea con diámetros asumidos que deben cumplir con las siguientes condiciones:

- La pérdida J(%) debe ser menor al 5%.
- La velocidad debe estar dentro de un rango de 0.5 – 2 m/seg.

$$J = \left(0.473 * \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right) * 100$$

$$h = a * F * L * J$$

Donde:

Q = Caudal de todas las laterales para la secundaria y caudal de la secundaria para el cabezal.

D = Diámetro asumido

a = Coeficiente por pérdidas localizadas

F= Factor de Christiansen igual a 1 por que no hay salidas

L= Longitud de la tubería

5.5.2 Tubería de Conexión

Para el dimensionamiento de esta tubería no se presentó mayor dificultad, ya que el cálculo es igual al interior de la tubería principal, esta se conecta al tanque de almacenamiento elevado que servirá el agua al cultivo dentro de la propiedad.

- Determinación del diámetro

$$D = \left(\frac{4 * Q}{1.5 * \pi} \right)^{0.5}$$

Donde:

Q = Caudal de demanda

Aquí se debe asumir una velocidad que después será verificada mediante la siguiente fórmula.

- Velocidad

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2}$$

- Determinación de la pérdida de carga

Fórmula de Christiansen

$$hf = 0.000778 \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} * L$$

5.6 UNIDAD DE BOMBEO

5.6.1 Capacidad de Bombeo

La capacidad del bombeo es la combinación del caudal y de la presión que hay que obtener en un grupo de bombeo para abastecer de modo satisfactorio toda la red de riego. La primera fase para calcular, esta capacidad, es determinar el caudal. Este es la suma de los caudales de todos los distribuidores que funcionan al mismo tiempo en un sector de riego o eventualmente.

En la segunda fase, se determina la presión total a la que debe ser transportado este caudal. Comprende la presión en servicio de los emisores, la pérdida de carga debido al rozamiento

en el conjunto de la red, las pérdidas de carga particulares debidas a los acoples y piezas específicas y por último, a la diferencia de nivel entre la altura de la fuente de agua y del terreno a regar. Si la red tiene varias unidades caracterizadas por diferentes capacidades de bombeo, conviene calcular la capacidad máxima y la capacidad mínima.

5.6.2 Potencia Necesaria de la Bomba y del Motor

La potencia es la capacidad de hacer un trabajo mecánico en un tiempo dado y se expresa en caballos (75 kg m/seg.) o en Kilovatios (102 kg m/seg.).

Cuando funciona una bomba elevada un cierto peso de agua por unidad de tiempo, es decir, un caudal a cierta altura, realizando un trabajo por unidad de tiempo. La potencia expresada en caballos, es según las unidades utilizadas igual a:

$$(\text{Caudal en litro/seg.} \times \text{altura geométrica en m.})/75$$

$$(\text{Caudal en m}^3/\text{hr} \times \text{altura geométrica en m.})/270$$

Entre caballo vapor y kilovatio existen las siguientes relaciones:

$$1 CV = 736 W ; 1 HP = 745.7 W$$

Las bombas y los motores no rinden siempre al **100%**. En los equipos modernos podemos admitir los siguientes rendimientos:

- Bomba: 82%
- Motor de combustión interna: 60%
- Motor eléctrico: 90%

Y para grupos motobombas:

- Con motor eléctrico: 73%

- Con motor térmico (diesel): 50%

5.6.3 Elección de la Bomba y del Motor

En riego localizado se puede utilizar cualquier tipo de bomba, pero lo más frecuente es utilizar bombas centrífugas. Una bomba centrífuga con velocidad constante (motor eléctrico), es lo más indicado, ya que este tipo de bombas se caracteriza por una curva presión-caudal relativamente plana para una velocidad dada. Por el contrario, si en los distintos sectores hay una variación considerable de presión y caudal, será preferible un grupo de bombeo con velocidad variable (abastecido por un motor a gasolina), y si en todos los sectores hay el mismo caudal pero obviamente con diferentes presiones en cada punto, es posible emplear una bomba a pistón, aunque solo es para redes pequeñas.

5.7 REGULACIÓN EN LA PRESIÓN Y CAUDAL EN LAS TUBERÍAS

Dado que la variación de la presión en las tuberías laterales debe estar comprendida entre límites muy estrechos, a veces es necesario, colocar en la pared reguladores de presión o de caudal para reducir la presión al nivel deseado en la tubería principal. La regulación se obtiene por un resorte que abre o cierra la válvula, de manera que la presión aguas abajo permanezca constante cualquiera que sea el caudal. Cuando la velocidad aumenta, el orificio del diafragma disminuye y el caudal permanece constante. La capacidad del limitador del caudal debe corresponder exactamente al caudal que se desea en la tubería lateral, cuando las tuberías laterales se esquipan con reguladores, la presión en la tubería principal puede variar entre límites más amplios. Cuando la presión fluctúa en una tubería lateral hay que usar en cabeza, un regulador de presión, ya que él mantiene automáticamente una presión constante en los distribuidores, cuales quiera que sea las variaciones de presiones en cabeza, se deben usar válvulas de descarga y disipadoras de presión, las válvulas “anti-vacío”, se usan en tuberías principales con fuerte pendiente descendente, que impiden el vacío que podría producirse y provocaría la rotura de la tubería.

6.1 DISEÑO AGRÍCOLA

Aforo de la fuente de agua

El aforo se realizó por el método de flotadores realizando 10 aforos, teniendo una línea inicial y línea final separada en 3 metros.

Aforos	Tiempo
Aforo 1	5,05 seg.
Aforo 2	5,30 seg.
Aforo 3	5,55 seg.
Aforo 4	5,51 seg.
Aforo 5	5,92 seg.
Aforo 6	5,86 seg.
Aforo 7	5,56 seg.
Aforo 8	5,68 seg.
Aforo 9	5,90 seg.
Aforo 10	5,51 seg.
Promedio	5,584 seg.

Cálculo de la velocidad en el centro del flujo.

$$V = 0.8 * d/t = 0.430 \text{ m/seg.}$$

Cálculo del área de flujo.

$$A = b * h = 0.293 \text{ m}^2$$

Cálculo del caudal.

$$Q = V * A = 0.126 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

El caudal de $0,126 \text{ m}^3/\text{seg.}$ es para la época seca y/o de estiaje, y para la época lluviosa, según aforo del canal de H°C° con dimensiones de: $0,65 \times 0,45 \text{ mts.}$

Época seca: Mayo a Octubre: 184 días.

Época de lluvia: Noviembre a Abril: 181 días.

Volumen época seca: $2.003.097,60 \text{ m}^3$

Volumen época de lluvias: $1.970.438,40 \text{ m}^3$

Volumen anual: $3.973.536,00 \text{ m}^3$

Volumen mensual: $3.973.536,00/12 = 331.128,00 \text{ m}^3$

El caudal de diseño de $0.126 \text{ m}^3/\text{seg}$, es el caudal de aforo del canal de H°C°. Se informa al lector que el tiempo de riego es 3.10 horas/día. Con este tiempo de riego el Volumen del tanque es muy alto, por ende se incrementa el costo considerablemente.

Se incrementa el tiempo de riego, y el Volumen del tanque baja.

Para no tener problemas aguas abajo, se construirá un depósito de bombeo con capacidad de 10 m^3 . Paralelo al canal de H°C°.

Datos:

Caudal de aforo $0.126 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Área mojada del canal 0.293 m^2 .

Cultivo a regar La Vid.

Área de riego 1.42 Ha .

Esparcimiento entre planta 1 m .

Esparcimiento entre hilera 3 m .

Evapotranspiración potencial

CUADRO N° 6.1 Evapotranspiración Potencial.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Eto(mm/mes)	156,88	136,23	133,97	119,87	111,9	108,87

	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Eto(mm/mes)	110,09	127,12	138,55	153,84	149,61	160,39

Evapotranspiración real de cultivo

$$E_{tr} = E_{to} * k_c * k_h$$

Donde $k_h = 1$

CUADRO N° 6.2 Evapotranspiración Real de Cultivo.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Eto(mm/mes)	156,88	136,23	133,97	119,87	111,9	108,87
Kc	0,7	0,63	0,63	0,65	0,65	0,65
Etr(mm/mes)	109,82	85,83	84,40	77,92	72,74	70,77

	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Eto(mm/mes)	110,09	127,12	138,55	153,84	149,61	160,39
Kc	0,45	0,45	0,7	0,8	0,8	0,8
Etr(mm/mes)	49,54	57,20	96,99	123,07	119,69	128,31

6.1.1 Necesidades de Agua.

6.1.1.1 Necesidades Netas.

a) Corrección por efecto de Localización de la Evapotranspiración Real de cultivo (Etr).

$$ET_{rl} = E_{tc} * K_1 * K_2 * K_3$$

b) Efecto de localización K₁

Este coeficiente es un efecto de localización (K₁). Para obtener, este coeficiente, se tomó un valor medio de sombreadamiento, en base al criterio de cuatro autores que obtienen un valor de (K₁); por lo mismo el valor del área sombreada se encuentra entre valores $0,75 \geq A \leq 0,80$. En el presente estudio, se considera un valor medio de 70 %, de área sombreada para el cultivo de la vid.

Con un valor de área: Sombreada de $A = 70\% = 0.70$

Aljibury et al..... K1 = 1.34*A

Decroix.....K1 = 0.1+A

Hoare et al..... K1 = A+0.5*(1-A)

Keller.....K1 = A+0.15*(1-A)

CUADRO N° 6.3 Coeficiente de Localización

Aljibury et al	0,94
Decroix	0,80
Hoare et al	0,85
Keller	0,75
Promedio	0,84

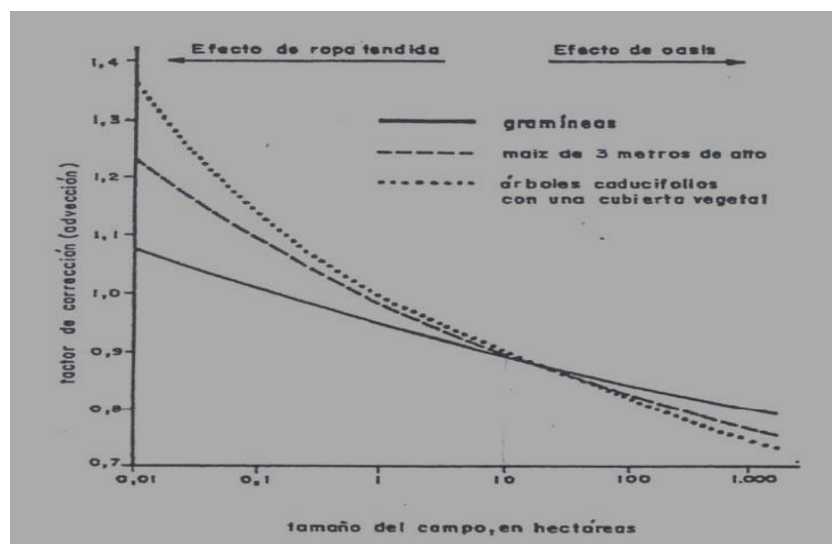
Fuente: Elaboración propia

c) Corrección por variación climática (Ka).

El coeficiente Ka, como criterio el autor Hernández Abreu está comprendido entre 1.15 y 1.20; para el cálculo adoptamos (**Ka = 1,20**), en previsión con mayor demanda climática que el año medio.

d) Corrección de variación por advección (Kr).

Depende mucho de la superficie a regar, como se muestra en la figura reproducida de la citada publicación de la FAO, para una superficie de 1.42 ha el coeficiente por advención es ($K_r = 0.95$).



CUADRO N° 6.4 Corrección de la Evapotranspiración Real de Cultivo por Efecto de Localización (ETc).

Etc mm/mes											
Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
67,77	47,44	54,78	92,87	117,85	114,61	122,87	105,16	82,19	80,82	74,61	69,65

Fuente: Elaboración propia

En cuestión las *necesidades netas* hídricas del cultivo de la vid, son los siguientes:

$$Nn = ETrl - Pe - Gw - Aw$$

$$Nn = ETrl$$

6.1.1.2 Necesidades Brutas o Totales

$$Nt = Nb = \frac{Nn}{CU * (1 - K)}$$

El coeficiente de uniformidad (CU=0.90).

a) Pérdidas por percolación (eficiencia)

La eficiencia de aplicación $Ea = 0.90$ (se asume que el 10% del agua aplicada se puede perder por evaporación superficial, escorrentía y percolación).

$$K = 1 - Ea$$

$$K = 1 - 0.90 = 0.1$$

b) Necesidades de lavado

Para el cálculo de las necesidades de lavado (R) es asunto complicado. Además, puede ser conveniente no cargar al riego todas las necesidades de lavado, permitiendo que la lluvia realice parte de esa mejora. Su estudio detallado se puede ver en “Drenaje agrícola y

recuperación de suelos salinos” (Fernando Pizarro, Ed. Agrícola. Madrid. 1985). Un método más sencillo de cálculo, aunque menos correcto, consiste en calcular LR según:

Para este proyecto se hizo el estudio de la conductividad eléctrica del suelo $CE_e = 0.507$ (mmhs/cm), como también para el agua $CE_i = 0.299$ (mmhs/cm).

$$LR = \frac{CE_i}{2 * CE_e}$$

$$LR = \frac{0.299}{2 * 0.507} = 0.29$$

El valor de K = 0.29

CUADRO N° 6.5 Necesidades Totales y Diarias.

Necesidades totales	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
Nt (mm/mes)	106,1	74,2	85,7	145,3	184,4	179,4	192,3	164,6	128,6	126,5	116,8	109,0
Nd (mm/día)	3,54	2,39	2,77	4,84	5,95	5,98	6,20	5,31	4,59	4,08	3,89	2,25

Fuente: Elaboración propia

6.1.1.3 Elección del Emisor.

El emisor que se ha elegido tiene las siguientes características:

Tipo de emisor:	Gotero LBC 2 LEGO que arroja un gasto de 2 lt/hr
Presión Nominal	10 m.c.a. (Ha)
Exponente de descarga	0.512 (x)
Coefficiente de variación	0.05 (Categoría A)
Pendiente del terreno	0.037 %
Φ orificio de salida	1 mm

a) Cálculo del número de emisores por planta.

a.1) Diámetro de la superficie mojada ($q_a = 2$).

$$D_s = 0.7 + 0.11 * q_a$$

$$D_s = 0.92m$$

a.2) Área mojada por el emisor A_{me} .

$$A_{me} = \frac{\pi D_s^2}{4} = 0.665m^2$$

a.3) Porcentaje de suelo mojado.

$$P = \frac{A_{me}}{a * b} = \frac{0.92}{2.5 * 1} * 100 = 27\%$$

Este valor cumple con las condiciones que se especifican del porcentaje mojado para clima húmedo de 20% como mínimo.

a.4) Número de emisores.

Número de emisores.

$$N_e = \frac{a * b * P(\%)}{100 * A_{me}} = 1 \text{ emisor por planta}$$

b) Condición de Solape S_e (Separación mínima entre goteros).

Según el prontuario de hidráulica, el radio mojado R_m , por un emisor de 2 (lt/hr), en un suelo entre medio y estratificado es de 0.60.

$$S_e = R_{me} * \left(2 - \frac{a}{100}\right)$$

$$S_e = 0.60 * \left(2 - \frac{30}{100}\right) = 1.02$$

Adoptaremos una separación entre emisores $Se = 1m$. con lo que el solape entre los bulbos húmedos de dos goteros consecutivos será:

$$1 = 0,60\left(2 - \frac{a}{100}\right) \Rightarrow a = 33,33\% \longrightarrow 33,33\%$$

Con el valor de $Se = 1m$, se comprueba el solape correspondiente:

$$Se = Rm\left(2 - \frac{a}{100}\right) \rightarrow a = \frac{(2 * Rm - Se) * 100}{Rm} = \frac{(2 * 0,6 - 1) * 100}{0,6} = 33,33\%$$

Por tanto como “a” es mayor del 15% adoptamos como bueno un solape del 33,33%

b.1) Cálculo de Ame con los solapes.

$$\alpha = \arctg \sqrt{\frac{S_e}{\left(1 - \frac{a}{200}\right)^2} - 1}$$

$$\alpha = \arctg \sqrt{\frac{1}{\left(1 - \frac{33,33}{200}\right)^2} - 1} = \arctg 0,66 \rightarrow 0,583rad$$

$$Ame = \left[\pi - 2 \left(\alpha - \left(1 - \frac{a}{200}\right) \text{sen} \alpha \right) \right] Rm^2$$

b.2) Cálculo del porcentaje de humedad (verificación).

$$P = \frac{100 * Ne * Ame}{Sp}$$

$$P = \frac{100 * 1 * 1,04}{2,5} = 41,60\% \rightarrow OK$$

c) Cálculo del Tiempo de riego (Tr).

Intervalo de riego I = 1 día.

Qa = 2 (l/hr).

$$Tr = \frac{Nt * I}{Ne * Qa}$$

CUADRO N° 6.6 Tiempo de Riego.

Tiempo de riego	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
Tr (horas)	1,17	1,20	1,38	2,42	2,97	2,99	3,10	2,65	2,30	2,04	1,95	1,12

Fuente: Elaboración propia

Comprobación del porcentaje de suelo mojado:

Número de emisores por planta Ne:

$$Ne = \frac{P * a * b}{100 * As} \longrightarrow Ne = \frac{0,416 * 1.0 * 2,50}{100 * 2.50} = 0.416 \text{ emisores/planta}$$

Se tomará un valor más apropiado Ne = 1 em/planta

d) Caudal requerido (Qr).

El caudal que se necesitará para la instalación del sistema será:

Donde:

Ne = 1 emisor por planta

qe = 2 (lt/hr).

I = 1 (día).

Area_{riego} = 14200 (m²).

a = 1 m

b = 3 m

$$Q_R = \frac{Ne * qe * I * Area_{riego}}{a * b}$$

CUADRO N° 6.7 Caudal Requerido

Caudal requerido	
Qr (lt/hr)	9.466,67
Qr (lt/seg.*ha)	2,63

Fuente: Elaboración propia

Es el caudal requerido, que se debe bombear del canal de riego, (para el presente proyecto a la fuente de abastecimiento para el sistema).

e) Número de sub-unidades.

$$N^{\circ} \text{ subunidades de riego} = \frac{\text{horas de riego al día}}{tr}$$

Horas de riego al día asumido según las dimensiones del terreno = 18 horas

Se calcula para el mes de máxima demanda hídrica, es decir, Diciembre con un tiempo de riego calculado.

$$N^{\circ} \text{ subunidades de riego} = \frac{18}{9} = 2$$

$$N_{\text{sub-unidades}} = 2 \text{ sub-unidades}$$

Para el cálculo de nuestro proyecto adoptaremos dos sub-unidades.

6.2 DISEÑO HIDRÁULICO.

6.2.1 Diseño y Cálculo de la Sub-unidad de Riego.

- **Emisor seleccionado.**

Emisor tipo botón autocompensante

Caudal nominal del emisor

2 (lt/hr)

Coeficiente de variación (CV)	5 % Clase A
Presión nominal (H)	10 (mca).

Ecuación característica del emisor:

$$q = k * H^X$$

$$q = 1.4407 * H^{0.183}$$

Nuestra parcela tiene una extensión de 1.42 hectárea y la dividí en dos sub-unidades de riego, las cuales tienen dimensiones irregulares.

Estudio de las parcela tipo:

Laterales.

Separación entre laterales (S):	3 m
Distancia emisor comienzo del lateral (So):	1 m
Longitud de la lateral (L):	45 m i = 0.022 %
N° de laterales:	48 laterales

Terciaria.

Separación entre laterales (I):	3 m
Longitud de la terciaria (L):	35 m i = 0.004 %

a) Número de emisores y laterales por sub-unidad.

$$Nro_{emi*lateral} = Long.lateral / So$$

$$Nro_{late*terci} = Long.terciaria / Sl$$

N° de emisores por lateral = 45

N° de laterales por terciario = 24

6.2.1.1 Tolerancia de Caudales y Presiones en la Sub-unidad U-1

Se acepta como criterio que la máxima variación de caudales en la sub-unidad es menor al 10%, la máxima variación de caudales entonces será:

$$\boxed{\Delta h_s = \frac{0.10 * h}{X}} \quad \left. \vphantom{\Delta h_s} \right\} \text{ Pérdida de carga admisible en la subunidad.}$$

Donde:

$$h = 10$$

$$X = 0.5583 \text{ Coeficientes característicos del emisor}$$

$$\Delta h_s = 1.79 \text{ m.c.a.} = \Delta P_s / \gamma$$

Para el cálculo del diámetro de la lateral se acepta, que la máxima variación de presión de la sub-unidad se reparta en la lateral, con lo que obtenemos el diámetro teórico seleccionando el comercial superior.

Pérdida de carga en la sub-unidad.

$$Z_l = 0.009 \text{ m}$$

$$Z_i = 0.0014 \text{ m}$$

$$\Delta P_s / \gamma = 1.79 \text{ m.c.a.}$$

$$\boxed{\Delta H = \frac{\Delta P_s}{\gamma} = \frac{P_{\max}}{\gamma} - \frac{P_{\min}}{\gamma} \leq \frac{0.1 * P_a}{x \gamma}}$$

$$\boxed{\Delta h_s = \frac{\Delta P_s}{\gamma} \pm Z_L \pm Z_I}$$

(+) → Desnivel descendente

(-) → Desnivel ascendente

$$\Delta h_s = 1.78 \text{ m.c.a. Hasta el punto más alto.}$$

Reparto óptimo de la pérdida de carga (R).

$$CF = \frac{L_L}{L_T} = \frac{90}{70} = 1.3$$

$$\boxed{R = \frac{\Delta h_L}{\Delta h_s} = \frac{0,766 * CF^{0,1412}}{S_L^{0,054}}} \quad R = \frac{0,766 * 1.3^{0,1412}}{3^{0,054}} \longrightarrow R = 0.75$$

75 % para laterales

25 % para terciarias

$$\Delta hl = R * \Delta hs$$

$$\Delta hlat = \Delta hs * R = 1,78 * 0,75 = 1.34 \text{ mca}$$

$$\Delta hter = \Delta hs - \Delta hlat = 1.78 - 1.34 = 0.44 \text{ mca}$$

Podemos tener una pérdida de carga máxima en el lateral de 1,34 (mca); en la terciaria se aprovechará todo lo que sobre.

Caudal al comienzo de cada la lateral.

$$Ql = No \text{ emisores} * q_a$$

$$Ql = 160 \text{ lt/hr}$$

Este caudal es para cada lateral.

6.2.1.2 Dimensionamiento de la Lateral.

Esta lateral pertenece al punto más alto y alejado del depósito de agua.

Cálculo de la tubería lateral en el punto más alto "A".

Datos de partida:

Longitud del lateral: 45 m

Nº de salidas: 45 salidas (emisores separados 1m)

Caudal nominal de un emisor: 2 (lts/hr)

Caudal de un lateral: 2 l/h · 45 goteros = 90 (lts/hr)

Para el cálculo de las pérdidas localizadas adoptamos el criterio de dos autores Watters y Keller (1978), que ellos propusieron una longitud equivalente y que es constante de 0.23 metros por emisor.

Long. eq.= número de emisores · pérdida por emisor (de tabla tipo de emisor)

Long. eq.= 45 · 0,23m = 10.35 m

Donde la pérdida de carga del lateral en el punto "A".

Para realizar el cálculo de perdidas continuas, al ser polietileno utilizaremos la expresión de un autor Blasius:

$$J = 0.473 * \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}$$

Donde:

Q = Caudal al comienzo de la tubería en (lt/hr).

D = Diámetro de la tubería en (mm).

Le = Longitud equivalente en (m).

J = pérdida de carga unitaria (expresión de Blasius).

$$h_{lat} = F \cdot J \cdot L < \Delta h_{lat}$$

Donde:

$$F = \text{coeficiente de Christiansen} \longrightarrow \begin{matrix} S_o = S_e/2 \\ n = 45 & F = 0.355 \\ \beta = 1,85 & \text{valor obtenido de tabla} \end{matrix}$$

El factor de Christiansen es obtenido del cuadro (anterior), el que depende del número de emisores dándonos como resultados un factor de:

$$F = 0.355$$

$$l = \text{long.lat.} + \text{long. equiv.} = 45 + 10,35 = 55.35 \text{ m}$$

$$J = 0.473 \cdot \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} = 0.019$$

CUADRO N° 6.8 Diámetro de la Tubería Lateral.

D (plg)	D (mm)	Di (mm)	Long. Total (m)	hL (m)	Condición hl<Δhl	
1/2 “	12,7	10,3	55,35	0,37	OK	1,34

Fuente: Elaboración propia

Se adoptara una tubería de:

$$D = 1/2 \text{ “} = 12,7 \text{ mm}$$

$$hl = 0.37 \text{ m.c.a. Que cumple con la condición}$$

6.2.1.3 Dimensionamiento de la Tubería Terciaria.

$$Q_t = N_{o_{laterales}} * Q_l$$

$$Q_t = 2160 \text{ lt/hr}$$

Pérdidas de carga en la terciaria.

Estas fórmulas que se muestran a continuación es según el autor Blassius.

$$J = 0.473 * \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}$$

$$Leq. = 0,10 * Ql^{0,30} * Nl^{0,26}$$

$$h = (L + Ne * le) * F * J$$

El factor de Chirstiansen es obtenido del cuadro (anterior), El cual depende del número de laterales (Nl), obteniendo un resultado de:

$$F = 0.359$$

Donde:

Q = Caudal al comienzo de la tubería en lt/hr

Ql = Caudal en la lateral en lt/hr

D = Diámetro de la tubería en mm

Le = Longitud equivalente en m

$$\Delta ht = \Delta hs - \Delta hl$$

$$\Delta ht = 1.04 \text{ m.c.a.}$$

CUADRO N° 6.9 Diámetro de la Tubería Terciaria.

D (plg)	D (mm)	Di (mm)	Long. Total (m)	hL (m)	Condición hl<Δhl	
1 1/2 "	38,1	34,7	35,88	0,21	OK	1,19

Fuente: Elaboración propia

Se adoptara una tubería de:

$$D = 1 \frac{1}{2} " = 38,1 \text{ mm}$$

$$hl = 0,21 \text{ m.c.a. Que cumple con la condición}$$

6.2.1.4 Estudio de Presiones.

Donde:

$$\frac{H_{\min}}{ha} = \left[\frac{CU}{1 - \frac{1,27 \cdot CV}{\sqrt{e}}} \right]^{\frac{1}{x}}$$

CU = 0.90

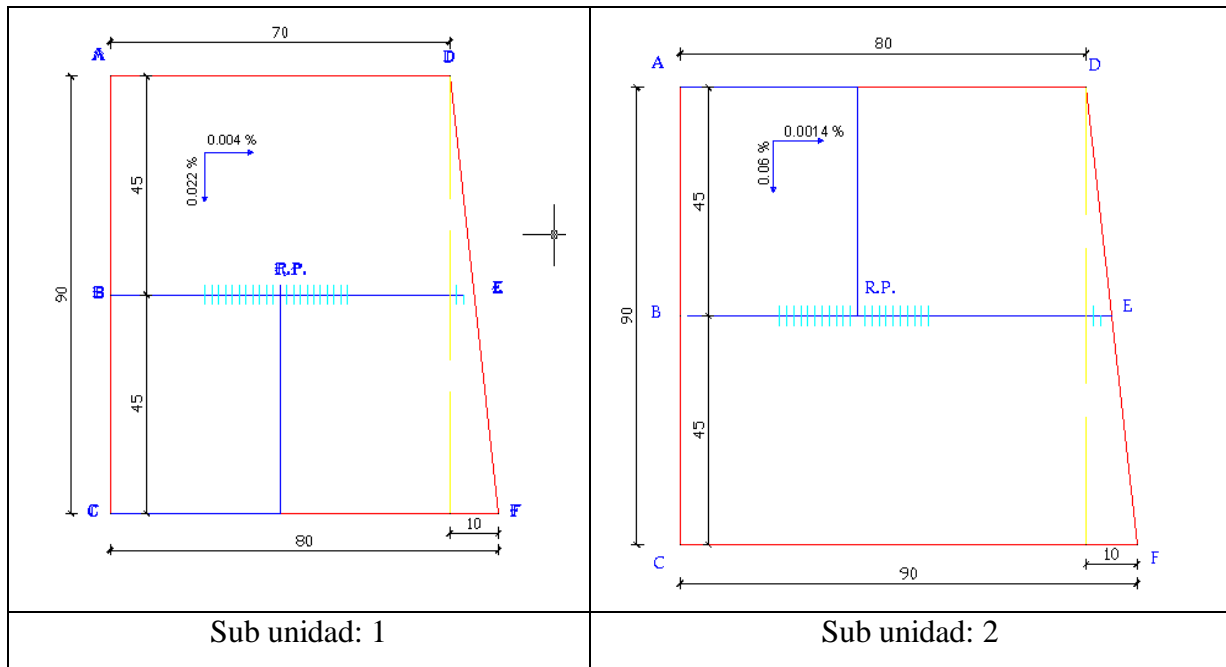
CV = 0.05

e = 1

ha = 10 m.c.a.

$$h_{\min} = 9.31 \text{ m.c.a.} = P/\gamma$$

ZI = 0.16



$$\frac{P_A}{\gamma} = H_{\min} = 9.31 \text{ mca}$$

$$\frac{P_B}{\gamma} = 9.2 \text{ mca}$$

$$\frac{P_C}{\gamma} = 9.09 \text{ mca}$$

$$\frac{P_{RP}}{\gamma} = 8.16 \text{ mca}$$

$$\frac{P_E}{\gamma} = 7.12 \text{ mca}$$

$$\frac{P_D}{\gamma} = 7.23 \text{ mca}$$

$$\frac{P_F}{\gamma} = 7.01 \text{ mca}$$

Tolerancia de caudales máximos y mínimos.

$$Q_a = K \cdot H_a^x \rightarrow K = \frac{Q_a}{H_a^x} = \frac{2}{10^{0.5583}} = 0.55$$

$$Q_{\max} = K \cdot H_{\max}^x$$

$$Q_{\min} = K \cdot H_{\min}^x$$

$$Q_{\max} = 1.91 \text{ lt/hr}$$

$$Q_{\min} = 1.63 \text{ lt/hr}$$

Condición: $\frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q_a} \leq 10\%$
--

$$\frac{\Delta Q}{Q} = 0.14\% \leq 10\% \quad OK$$

6.2.1.5 Coeficiente de Uniformidad Absoluto (CUa).

$$CUa = \left[1 - \frac{1,27 \cdot CV}{\sqrt{e}} \right] \cdot \frac{1}{2} \cdot \left[\frac{Q_{\min}}{Qa} + \frac{Qa}{Q_{\max}} \right] > 90 \%$$

$$CUa = 88 \% \geq 90 \% \quad \text{OK}$$

6.2.1.6 Dimensionamiento de la Tubería Secundaria PVC.

Para obtener el cálculo de la tubería secundaria se necesitan todos los caudales de las terciarias, esto se puede realizar mediante una relación de áreas de todas las sub-unidades ya calculadas.

Pérdidas de carga en la tubería secundaria.

$$J = 0,473 * \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h = a * F * J * L$$

El cálculo para la tubería **secundaria y principal** se tomaran las siguientes condiciones, el factor de Christiansen es de $F = 1$, debido a que sólo se contará con una sola salida en la tubería y las pérdidas localizadas tendrán un valor de $a = 1,15$, asimismo hay que verificar las condiciones establecidas en el capítulo anterior ($V = 0,5 - 2$ m/seg.), como también las pérdidas $J \ll 0,05$

CUADRO N° 6.10 Diámetro de la Tubería Secundaria.

TRAMO	Q (ltr/hora)	D (plg.)	D (mm.)	Di (mm.)	a	F	J (%)	hl (m)	V (m/s)
AB	4590	1 1/2"	38,1	34,7	1,15	1,0	5,8	3,0	1,38
CB	5130	1 1/2"	38,1	34,7	1,15	1,0	7,1	3,67	1,48

Fuente: Elaboración propia.

El diámetro que se adoptará para toda la tubería secundaria será de 33.6 mm., con una longitud de 90 m., en todo el tramo de diseño de la tubería principal.

$$D = 1 \frac{1}{2} \text{ " } = 38,1 \text{ mm.}$$

$$hl = 3,67 \text{ m.c.a.}$$

$$V = 1,48 \text{ m/seg. Que cumple con la condición}$$

6.2.1.7 Dimensionamiento de la Tubería Primaria PVC.

CUADRO N° 6.11 Diámetro de la Tubería Primaria.

TRAMO	Q (litr/hora)	D (plg.)	D (mm.)	Di (mm.)	a	F	J (%)	hl (m.c.a.)	V (m/s)
BT	9720	2"	50,8	47,4	1,15	1,0	4,9	8,0	1,53
BE	9720	2"	50,8	47,4	1,15	1,0	4,9	8,0	1,53

Fuente: Elaboración propia

$$D = 2 \text{ " } = 50,8 \text{ mm.}$$

$$hl = 8,0 \text{ m.c.a.}$$

$$V = 1,53 \text{ m/seg. Que cumple con la condición}$$

- 1) Resumen de diámetros, caudales y presiones de la sub unidad 1 del punto más alto "A" y más alejado "F".

CUADRO N° 6.12 Diámetros, Caudales U1 Punto A y F

SUB UNIDAD I								
PUNTO	TUB. LATERAL				TUB. TERCIARIA			
	Q (litr/hora)	D (plg.)	D (mm.)	Di (mm.)	Q (litr/hora)	D (plg.)	D (mm.)	Di (mm.)
A	90	1/2"	12,7	10,3	2160	1 1/2"	38,1	34,7
F	90	1/2"	12,7	13,3	2430	1 1/2"	38,1	34,7

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 6.13 Presiones de U1 Punto A y F

PUNTOS	PRESIONES (mca)						
	$\frac{P_A}{Y}$	$\frac{P_B}{Y}$	$\frac{P_C}{Y}$	$\frac{P_{RP}}{Y}$	$\frac{P_E}{Y}$	$\frac{P_D}{Y}$	$\frac{P_F}{Y}$
A	9,31	9,2	9,09	8,16	7,12	7,23	7,01
F	9,31	9,2	9,09	8,72	8,24	8,35	8,13

Fuente: Elaboración propia

2) Resumen de diámetros, caudales y presiones de la sub unidad II del punto más alto “A” y más alejado “F”.

CUADRO N° 6.14 Diámetros, Caudales U II Punto A y F

PUNTO	SUB UNIDAD II							
	TUB. LATERAL				TUB. TERCIARIA			
	Q (ltr/hora)	D (plg.)	D (mm.)	Di (mm.)	Q (ltr/hora)	D (plg.)	D (mm.)	Di (mm.)
A	90	1/2"	12,7	10,3	2430	1 1/2"	38,1	34,7
F	90	1/2"	12,7	10,3	2700	1 1/2"	38,1	34,7

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 6.15 Presiones de U II Punto A y F

PUNTOS	PRESIONES						
	$\frac{P_A}{Y}$	$\frac{P_B}{Y}$	$\frac{P_C}{Y}$	$\frac{P_{RP}}{Y}$	$\frac{P_E}{Y}$	$\frac{P_D}{Y}$	$\frac{P_F}{Y}$
A	9,09	8,96	8,83	8,43	7,9	8,03	7,77
F	9,09	8,96	8,83	8,31	7,66	7,79	7,53

Fuente: Elaboración propia

6.2.1.8 Cálculo de la Potencia de la Bomba.

1) Cálculo de la presión necesaria a la salida del tanque.

Se calcula para cada una de las subunidades la altura de presión que necesita para regarse correctamente, y que será la presión necesaria en su RP ± las pérdidas de carga desde la RP hasta el Tanque ± desnivel entre RP y el Tanque (el desnivel se suma si el agua tiene que subir para llegar a la subunidad y se resta en caso contrario).

Altura de presión a la salida del cabezal

$$P = P_{RP} + h_{AB} + Z_{AB} - h_{BT} - Z_{BT}$$

$$P = 9.63 \text{ mca}$$

La presión en el punto E = a la presión en el punto C de la sub unidad II donde en el tramo E-T tenemos: $\varnothing 60,35 \text{ mm} \rightarrow \varnothing \text{ interior} = 56,2\text{mm}$ tramo ED.

2) Cálculo de la altura manométrica del grupo de bombeo.

- Pérdida a la salida del cabezal = 8.83 m.c.a.
- Pérdida de carga en puntos singulares = 2 m.c.a.
- Pérdida de carga en el filtro de mallas = 2 m.c.a.

$$H_m = 12.83 \text{ m.c.a.}$$

6.2.1.9 Cálculo del Grupo de Bombeo del Cabezal.

Q salida = 9720 lt/hr = 9.72 Lts/hr

Rendimiento = 70 %

$$N = \frac{Q_s * H_m}{270 * \eta}$$

$$N = 0.66 \text{ C.V.}$$

6.2.2 Cámara o Depósito de Bombeo.

Se diseño una cámara de bombeo que acumula 10 m^3 de volumen para garantizar el abastecimiento de agua al sistema y no causar daños a segundos aguas abajo.

La cámara de bombeo está adyacente al canal de H^oC^o, que conduce un caudal de 78 (litr/seg).

La aducción a la cámara es mediante un canal de H^oC^o de 0.30 x 0.20 metros, que conduce un caudal máximo de 13 (litr/seg). Una compuerta de madera de 0.30 x 0.2 metros.

6.2.3 Caseta de Bombeo.

La caseta de bombeo está diseñada para la protección de la bomba, con cimiento de H^oC^o, muro de ladrillo y cubierta de calamina, con dimensiones de 2 X 2.5 X 2 metros.

6.2.4 Tanque de Almacenamiento.

El sistema de riego por goteo consta de un tanque de almacenamiento plástico de 5 m³ de volumen más accesorios, una base de H^oC^o, un cerramiento con malla olímpica para la protección del tanque.

6.2.5 Cabezal de Control.

Antes de la instalación del sistema del riego localizado, para un correcto funcionamiento se optó por colocar un **Cabezal de Control Venturi**.

El cabezal de control es un conjunto de elementos altamente especializados, cuya función es: filtrar el agua, controlar la presión a la entrada y salida y añadir fertilizante.

6.2.6 Cámara de Llaves.

Se construirá cámaras de llaves de 0.40 x 0.40 metros, para cada una de llaves y válvulas.

CONCLUSIONES

En la forma, cómo se diseñó el sistema de riego localizado y de acuerdo a lo propuesto podemos concluir con:

- La incapacidad del productor para ampliar por cuenta propia “sin proyecto”. Esta situación debida que el productor, succiona el agua con una bomba de un canal adyacente a la propiedad. Riega su parcela por surcos, con este método de riego, el agua se desperdicia por medio de infiltración y evaporación haciendo un mal uso del agua, que por ende se diseño un sistema riego por goteo.
- También existen otros factores que influyen en la producción, como el ataque de plagas y enfermedades, la fertilidad de los suelos, el manejo de los cultivos y los factores climáticos como las granizadas, heladas tempranas y tardías. Para minimizar los factores: plagas y enfermedades, se instaló un equipo de fertirrigación.
- Se requiere de nuevas inversiones y apoyo con tecnología para ampliar y desarrollar las parcelas de cultivo, a través de la implementación de un sistema de riego por goteo, para un mejor aprovechamiento de los recursos naturales.
- Es necesario poner a disposición de los productores agrícolas alternativas tecnológicas, acordes a las condiciones agroecológicas y necesidades socioeconómicas del involucrado.
- Con la viabilización del proyecto, se tendrá un ahorro y un mejor manejo del agua, que repercutirá favorablemente en una mejor productividad y producción agrícola sostenible.
- Con aplicación del agua en la zona radicular de la planta, se halla un % de la risisfera en una continua saturación, es decir que se mantiene su capacidad de campo.

- Este riego localizado de alta frecuencia, se realiza preferentemente en forma diurna o bajo la influencia de la luz.
- Los riegos localizados de alta frecuencia, son diarios o por lo menos, cada 2 o 3 días, este depende de la época del cultivo con el fin de mantener el perfil del suelo.
- Mediante el sistema se aprovecha la fertilización controlada, es decir la aplicación de fertilizantes solubles al suelo.
- La cantidad de agua a utilizar responde al uso real del suelo, además debe ser totalmente limpia de impurezas o sedimentos.
- La aplicación del agua se realiza a partir de un número variable de emisores que no se moja todo el suelo, si no parte del mismo, utilizando pequeños caudales a baja presión.
- El agua se aplica al suelo desde una fuente puntual, se infiltra en el terreno y se mueve en sentido vertical y horizontal, que se mantiene el nivel óptimo de humedad en el suelo.
- Al existir zonas secas no exploradas por las raíces y zonas húmedas se considera un riego en fajas o surcos.

RECOMENDACIONES

Una vez realizado el diseño del proyecto se pudieron llegar a las siguientes recomendaciones:

- Es muy importante la ejecución del proyecto, porque se demostró que el estudio técnico del mismo, es viable.
- Este proyecto tendrá un impacto social en el agricultor extendiendo su parcela de cultivo con un sistema de riego más eficiente, de esta forma mejoramos sus ingresos económicos, agrícolas, etc.
- El valor de fracción de área sombreada del cultivo de la vid, tiene que estar entre los parámetros de: (0.75 – 0.80).
- Para el cálculo de las necesidades totales a partir de las necesidades netas, hay que tener en cuenta tres hechos:
 - 1.- Pérdida de agua por percolación
 - 2.- Necesidades de lavado
 - 3.- Falta de uniformidad de riego
- La condición de un buen solape, entre los bulbos húmedos de dos goteros, este debe estar entre el 15% y 30%.
- Para la disposición en línea de los emisores, se debe colocar una línea de emisor por cada línea de planta.
- Para la separación de la línea de goteros, esta debe ser, de tres metros de ancho, para que el tractor tenga facilidad en arar. Y para la separación entre plantas no debe ser menor a un metro, porque si es menor, la planta no tiene libertad de desarrollar.

- Para el diseño de las tuberías primaria , y secundaria, la velocidad “**V**” de flujo tiene que estar entre 1 – 2 m/s, y la pérdida de carga “**J**” en la tubería debe ser **$J \lll 0.05$**