

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1.INTRODUCCIÓN

El riego agrícola se define como: “La técnica de producción cuyo objetivo, es la aplicación oportuna y uniforme de agua al suelo, para reponer en éste, el agua consumida por los cultivos entre dos riegos consecutivos” (Gurovich, 1997).

En muchas zonas geográficas del mundo, la disponibilidad de agua para riego ha sido históricamente escasa o bien, está disminuyendo rápidamente. La reducción, cada día más acelerada de este recurso, el incremento de la población y el aumento de las necesidades hídricas en otros sectores de la producción (abastecimiento urbano, requerimientos de la industria, etc.) imponen una utilización más eficiente, tanto en términos físicos como económicos, de este importante factor de la producción agrícola.

Frente a esta demanda de recursos hídricos, nos encontramos en la obligación de mejorar el diseño y manejo de los sistemas de riego utilizados en la agricultura, de tal manera de elevar la uniformidad y eficiencia del riego agrícola. Para tal fin, es necesario utilizar métodos más modernos, como son los sistemas de riego presurizados, dentro de los cuales, en orden creciente de importancia, se encuentran el riego por aspersión, microaspersión y goteo.

El agua es un recurso que puede crear tensiones y conflictos entre países que lo comparten. Este recurso está sometido a la presión de una demanda cada vez más exigente en cantidad y calidad en los sectores: agrícola, industrial y de abastecimiento urbano. La agricultura es el uso que mayor demanda de agua tiene a nivel mundial. El riego de tierras agrícolas utiliza un 70% del consumo a nivel mundial.

El riego en los cultivos es un medio eficaz para mejorar la producción y la productividad agrícola.

Durante la última década, el aumento de la producción de alimentos ha sido atribuido principalmente a la expansión de las zonas bajo riego. Se estima que a pesar de que sólo un 20% de las tierras agrícolas del mundo se encuentran bajo riego, esto representa el 40% de la producción agrícola mundial

Los sistemas de riego localizados suponen una contribución al mejoramiento de la eficiencia del manejo del agua de riego y además permiten el uso de fertirrigación. El empleo adecuado de todos los recursos tecnológicos disponibles en riego debe complementarse con la optimización de otros factores de producción, de modo de incrementar la producción y la rentabilidad de la agricultura intensiva regada, ya que esta tecnología supone importantes inversiones de instalación.

En el riego por goteo se realiza una aplicación frecuente de agua filtrada al suelo en pequeñas cantidades. El agua es distribuida a través de tuberías hasta los emisores, donde se disipa la presión del agua. Las pérdidas directas por evaporación se llevan a un mínimo (Gurovich 1985).

La cantidad de agua a suplir dependerá del tipo de suelo y de la capacidad de retención de agua que presente el mismo. (Gurovich 1985)

1.2.JUSTIFICACIÓN

El estudio a realizar se ejecutará para que se optimice el uso del agua y las condiciones económicas. Mediante un balance hídrico de la fuente de agua, sistema de riego por goteo y los costos de inversión del proyecto.

El diseño de este sistema de riego pretende remplazar los tradicionales métodos de riego por sistema más eficientes tales como riego por medio de goteo haciendo un uso más adecuado del agua. Esto beneficiará principalmente en el ahorro de agua, ya que actualmente este último está convirtiéndose en un recurso de gran importancia. De esta manera se podrá aplicar parte de los conocimientos adquiridos.

Además, este diseño adaptará tecnología apropiada al sistema de riego para incrementar el desarrollo de la frutilla.

Porque si bien las actividades agropecuarias se han considerado como actividades principales en el área rural de nuestro país, estas no logran generar recursos económicos suficientes al agropecuario que le permita tener una vida digna junto a su familia que pueda cubrir los costos de educación, salud, alimentación y vivienda, esto se debe principalmente a factores climáticos adversos que escapan del control del ser humano.

1.3.OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de riego por goteo en el cultivo de frutilla, para mejorar la eficiencia del manejo de agua para riego en la comunidad de Bella Vista provincia Cercado del departamento de Tarija

1.3.2. Objetivos específicos

- ✚ Elaborar el diseño agronómico a través del balance hídrico del cultivo de Frutilla.
- ✚ Elaborar el diseño hidráulico del sistema de riego por goteo en base al diseño agronómico.
- ✚ Determinar los costos de inversión del sistema de riego.

1.4.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la comunidad de Bella Vista uno de los principales problemas es el mal uso del agua al hacer un uso ineficiente o un riego no apropiado, causando acumulación de agua en el sub- suelo causando problemas de drenaje y salinidad, también hay tendencia de perdida de suelo debido a la erosión hídrica y eólica.

También se utiliza el sistema de riego por surcos que causa mucha pérdida excesiva de agua por escurrimiento superficial, peligros de erosión en terrenos con fuerte pendiente se puede presentar dificultades para lograr un riego uniforme.

La eficiencia de riego por gravedad y surco es baja comparando con otros sistemas de riego. De qué manera se puede optimizar el uso de agua, considerando el diseño del sistema de riego por goteo, en la comunidad de Bella Vista, provincia Cercado, del departamento de Tarija, dependiendo del Señor Rogelio Vargas.

1.5.HIPOTESIS

Con la determinación del balance hídrico permitirá diseñar el sistema de riego por goteo, optimizando el uso del agua en cultivo de la frutilla en la comunidad de Bella Vista, provincia Cercado del departamento de Tarija.?

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Origen de la fresa

De la mitología griega se extrae la leyenda de que, la fresa o frutilla como comúnmente se le conoce, estaba siempre presente en las fiestas en honor a Adonis, a cuya muerte, Afrodita derramó sobre tierra muchas lágrimas que se transformaron en pequeños corazones rojos, las perfumadas, coloridas y fragantes fresas.(Vilma Villagrán D.1 Ingeniero Agrónomo)

Esta historia puede ser la causa de que su origen es considerado por algunos como europeo, pero otros la consideran de origen chileno, donde un oficial francés, a principios del año 1700 d.C, llevó a Europa las plantas madre utilizadas como base para la constitución del híbrido *Fragaria x ananassa*, al cual pertenecen todas las variedades de fresas difundidas actualmente. (Vilma Villagrán D.1 Ingeniero Agrónomo)

2.1.1. Etimología

La palabra fresa proviene del francés *fraise* que a su vez deriva de la antigua marca de este idioma *fraie* que tiene su origen en el latín *fraga*, que era la forma de denominar a esta fruta en plural y el actual significado del latín tardío “**fraga**” lugar quebrado.

Otros nombres comunes utilizados son frutilla (en el cono sur de América Latina), en las regiones de la península ibérica en catalán se le llama *fraga*, *fraula* y *manduixa*, en gallego *Morote*, en portugués *morango* y en inglés *strawberry*La fresa o frutilla, está considerada como una fruta exótica de gran aroma y valor comercial, que puede ser cultivada en regiones de clima templado y tropical, gracias a que existen variedades que pueden adaptarse a diferentes períodos de temperatura y luz, dos condiciones necesarias para el establecimiento exitoso del cultivo. .(Vilma Villagrán D.1 Ingeniero Agrónomo)

2.1.3. Taxonomía

Reino: plantas

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Rosales

Familia: Rosaceae

Subfamilia: Rosoideae

Género: Fragaria

2.1.4. Variedad “San Andreas “

Variedad moderadamente neutra, con mayor precocidad, lo que representa una cualidad interesante para producción de frutos bajo cultivo forzado (túnel). Mercado: muy buena aptitud para el mercado fresco ya que es la variedad que presenta el mayor tamaño y homogeneidad de frutos, también para agroindustria (congelado). Planta: tamaño intermedio de rápido crecimiento vegetativo inicial por lo que debe ser plantada con temperaturas adecuadas (sobre 12 °C en suelo), plantada con mucho frío presenta exceso de vigor y un período vegetativo más largo. Fruto: color rojo externo parejo y pulpa más clara. Fruto muy firme con excelente vida de poscosecha. Enfermedades: en general es la variedad que ha presentado mayor resistencia a enfermedades de follaje y suelo. Variedad nueva, en introducción en Chile. Densidad de plantación: 62.000 plantas/ha, 27 cm entre plantas. (vilma villagrán - michel legarraga - benjamín zschau 2013)

2.2. REQUERIMIENTOS DE AGUA PARA EL CULTIVO

La frutilla necesita gran disponibilidad de humedad en primavera y verano, en época de producción son indispensables los riegos diarios que pueden variar según clima y suelo. En 1 h de riego se utilizan 40 m³ de agua utilizando cintas con goteros incorporados a 20 cm. El agua debe ser libre de sales (con una conductividad eléctrica (CE) inferior a 0,8 dS/m), para permitir una alta producción y evitar problemas con sodio, calcio, boro o cloruros que pueden producir graves daños en el desarrollo del cultivo. (Agropecuarios 2013)

Cuadro 1. Valores referenciales de un análisis químico de agua

Mediciones	Valores máximos
Acidez (rango de pH)	5,8 - 7,2
Conductividad eléctrica	0,8 dS/m
Sólidos totales disueltos	450 mg/L
Sodio (índice SAR)	3
Cloro	4 meq/L
Boro	0,7 mg/L
Nitratos	5 mg/L

Fuente: (Agropecuarios, 2013)

2.3. REQUERIMIENTOS DE SUELO

Los siguientes factores debieran considerarse antes de la plantación de frutillas:

- ✚ Exposición y relieve: Elegir terrenos planos o con pendientes suaves y con exposición Norte-Oriente.
- ✚ Disponibilidad de agua: Constante en primavera y verano.
- ✚ Profundidad: Mayor a 0,8 m.
- ✚ Textura: Franca - franco arenosa, con buen drenaje.
- ✚ Fertilidad: Media a alta.
- ✚ Reacción pH: 5,8 - 7,0
- ✚ Conductividad eléctrica (EC) : Menos de 1 dS/m
- ✚ Malezas y cultivos anteriores: Evitar aquellos que hayan tenido Solanáceas y cucurbitáceas (tomate, papa, pimiento, ají, melón, sandía, zapallo), además de

frutilla. Preferir suelos descansados o con rotación de avena. Previo a la plantación es fundamental realizar un análisis químico de suelo y de agua, para conocer salinidad (CE), pH, materia orgánica y macro y microelementos, principalmente N, P, K, Ca, y Mg. (Hamil Uribe1 Ingeniero Civil Agrícola MSc., Dr.)

Cuadro 2. Valores referenciales de un análisis de suelo.

Características químicas del suelo	Rangos normales
Materia orgánica	2,5 - 6,5%
Nitrógeno disponible	*
Fosforo disponible	20 - 60 ppm
Potasio disponible	120 - 200 ppm
Acidez (pH)	5,8 - 7,0
Conductividad eléctrica (CE)	< 1,0 dS/m

*Por su naturaleza el nitrógeno es muy lixiviable, por lo tanto las concentraciones dependen del tipo de suelo y del momento en que se realiza el muestreo.

Fuente: (Agropecuarios, 2013)

2.3.1. Fertilización base.

Se realizará considerando los resultados del análisis químico de suelos, con el objetivo de corregir posibles deficiencias principalmente de P y K. No se recomienda realizar aplicaciones de N de fondo (muy inestable en suelo), éstas serán aportadas en el programa de fertilización de establecimiento y producción del cultivo de frutillas. (ODEPA2004)

2.4. PREPARACIÓN DEL SUELO

Se debe realizar con bastante anticipación para modificar con éxito aquellas características del terreno que afectan todas las etapas del desarrollo de una planta, permitiendo una adecuada relación planta-suelo-agua-aire. En la planta de frutilla esta labor es fundamental para el posterior desarrollo y rendimiento. Se deben efectuar labores profundas (mayor a 40 cm) para obtener buenos resultados. Los objetivos son:

Soltar y remover el suelo para crear condiciones favorables a la circulación de agua y gases en el perfil arable, y a la vez facilitar el crecimiento y desarrollo de las raíces. Controlar y destruir malezas e insectos en cualquiera de sus estados que puedan constituir plagas para el cultivo. Aumentar la capacidad de retención de humedad del suelo y también el drenaje. Facilitar el contacto de los pesticidas con todos los patógenos existentes.

2.4.1 Secuencia de labores

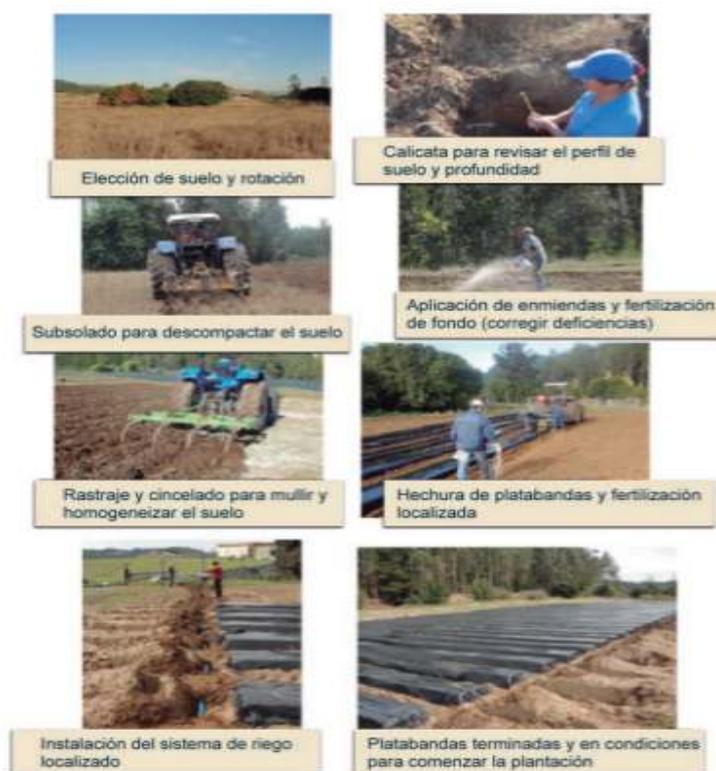
2.4.1.1. Rastraje con discos. Se utiliza en una primera instancia, fundamentalmente para mullir el suelo y controlar malezas con la debida anticipación permitiendo su exposición al sol.

2.4.1.2. Subsulado. El arado subsolador actúa bajo 50 cm de profundidad, lo que permite eliminar todas las compactaciones presentes en el fondo de suelo arable (pie de arado) tanto naturales como aquellas producidas por el tráfico de maquinaria o animales. El trabajo del subsolador sobre suelo seco produce grietas de variadas longitudes dependiendo del implemento usado, textura y humedad del suelo.

2.4.1.3. Aradura con cincel. Permite destruir las compactaciones sobre los 30 cm de profundidad, mejora la penetración del agua, protege la nivelación y la estructura del suelo. Profundiza sin invertir el suelo.

2.4.1.4. Mullimiento de cama de plantación. Se utiliza vibrocultivador o rotofresadora con la finalidad de afinar la terminación de la preparación del suelo logrando un buen efecto sobre el mullimiento del suelo y controlar malezas. Es muy importante que no exista exceso de humedad en el suelo para no producir compactación con esta labor. (Vilma Villagrán D.1 Ingeniero Agrónomo)

Figura 1. Secuencia de trabajo a realizar previo a la plantación de la frutilla



Fuente: (Agropecuarios, 2013)

2.5. ROTACIÓN DE CULTIVOS

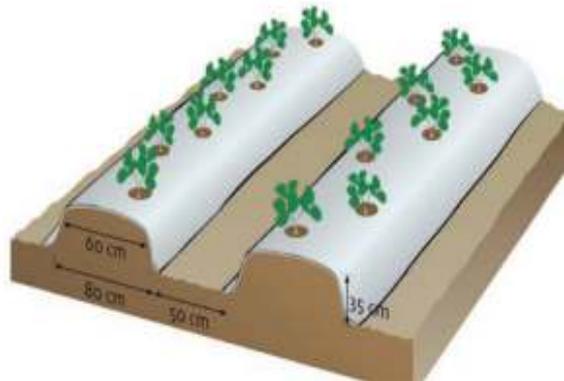
Consiste en alternar especies de diversas características y exigencias para lograr mejor aprovechamiento del suelo, mantener su fertilidad y cortar el ciclo de plagas y enfermedades del cultivo anterior. Es muy ventajoso emplear leguminosas por su capacidad de tomar el N atmosférico y fijarlo en el suelo a través de las nudosidades de sus raíces. También ayuda a controlar problemas sanitarios alternar especies no susceptibles a los mismos problemas. La mejor rotación para cortar el ciclo de las enfermedades en el suelo es la avena. Se recomienda picar y enterrar este material vegetal 2 a 3 meses antes de la preparación definitiva del suelo, para lograr una buena descomposición. (ODEPA2004)

2.6. LABORES DE ESTABLECIMIENTO

Confección de platabandas. Se realiza generalmente con dos acequiadores más un rodillo que deja aplanada la parte alta, o bien con maquinaria especializada (platabandera) que hace las platabandas, y coloca la cinta de riego y el plástico o “mulch”. Las platabandas de 2 hileras de plantas son las más comunes, miden 60 cm en su parte superior y 80 cm en su base. Se separan por un surco de 50 cm, quedando a 1,2 m de centro a centro de las platabandas. Con estas dimensiones se necesita sólo una cinta de riego que se instala al centro.

Las medidas son: 35 cm de alto, 60 cm ancho y 50 cm de pasillo o surco. Se insiste en que sean altas para permitir que el suelo se caliente por asoleamiento, con mayor circulación de aire entre el follaje y mejor drenaje del suelo. Apenas confeccionada la platabanda y colocada la cinta de riego, se debe regar por varias horas para que el suelo se consolide (generalmente baja un poco) y que posteriormente el mulch quede colocado firmemente.

Figura 2. Diagrama con medidas para confección de plantabandas de doble hilera



Fuente: (Agropecuarios, 2013)

2.6.1.El mulch: es una capa de polietileno que se coloca sobre la platabanda cubriéndola totalmente, con los siguientes objetivos:

- ✚ Controlar malezas.
- ✚ Mantener la humedad del suelo.
- ✚ Dar mayor temperatura a las raíces, con lo que se consigue mayor crecimiento de la planta y mayor producción.
- ✚ Proteger la fruta del contacto con la tierra por lo tanto los frutos estarán siempre limpios.
- ✚ Mantiene la fertilidad ya que no se lavan los suelos.

El ancho del polietileno dependerá de las medidas finales de la platabanda, ya que debe quedar bien ajustado para cubrir todo, incluyendo los costados. Generalmente se usa de 1,4 m de ancho. (Benjamín Zschau V.1 Ingeniero Agrónomo)

Cuadro 3. Efecto del color de la cubierta plástica o mulch según época de plantación y finalidad.

Tipo de film	Ventajas	Inconvenientes
Negro-opaco Plantación: Invierno	Impide el crecimiento de malezas. Produce altos rendimientos. Precocidad de cosechas.	Calienta poco el suelo durante el día. Durante la noche la planta recibe poco calor del suelo. En días calurosos puede producir quemaduras en la parte aérea de la planta.
Gris-humo opaco Plantación: Invierno y Primavera	Calienta el suelo durante el día. Protege sensiblemente a la planta durante la noche, al permitir el paso de las radiaciones caloríficas del suelo hacia la atmósfera. Precocidad de cosecha (mayor que con el negro). No produce quemaduras. Controla malezas.	Debe ser totalmente opaco, para no permitir el desarrollo de malezas.
Bicolor blanco (exterior)- negro (interior) Plantación: Verano y Primavera	En plantaciones de verano, impide el calentamiento excesivo del suelo. Controla malezas. No produce quemaduras.	Atrasa el desarrollo inicial de la planta. Menor precocidad de cosecha que con el film gris-humo.

Fuente: (Agropecuarios, 2013)

Figura 3. Platabandas de doble hilera con mulch negro y plantas de frutilla recién establecidas en el terreno.



Fuente: (Agropecuarios, 2013)

2.7. PLANTACIÓN

La densidad de plantación es variable, de acuerdo a la fecha de plantación y a la variedad. La distancia entre las hileras siempre es 30 cm. Sobre las hileras van en “quincunce o tresbolillo” (zigzag) o sea alternadas, no frente a frente, para permitir un mejor desarrollo radical, una menor competencia de las plantas por luz y nutrientes y mejor ventilación. La distancia sobre hilera va de 25 a 30 cm según la variedad. La densidad por hectárea varía entre 55.000 y 65.000 plantas en platabandas de doble hilera en sistema de “tresbolillo o quincunce. (Undurraga, P., y Vargas, S. (eds.) 2013.)

Figura 4. Plantación tres bolillos



De la forma correcta de hacer esta labor depende un buen prendimiento sin pérdida de plantas, y un posterior desarrollo y alto rendimiento por superficie. Hay algunos factores que influyen en el éxito final:

- ✚ Buena preparación de suelo.
- ✚ Humedad del suelo adecuada para hacer la platabanda y evitar su compactación o bien su desmoronamiento.

Calificación de los plantadores, los que deben dejar la raíz derecha, con la tierra apisonada para que no queden bolsas de aire, la corona debe quedar cubierta con tierra hasta la mitad. (Undurraga, P., y Vargas, S. (eds.) 2013.)

2.8. PREPARACIÓN DE LA PLANTA

Se debe regar 2 a 3 días antes de la plantación, permitiendo un mojamiento total de la platabanda.

2.8.1.Planta frigoconservada (plantación de primavera-verano)

Las plantas se traerán del vivero 1 día antes de la plantación, dejándolas deshielarse en un lugar sombreado y fresco (nunca en cámara de frío). Antes de plantar es recomendable rehidratar las plantas en agua, en inmersión total durante 10 minutos. La plantación no debe prolongarse por más de 3 días siguientes a la recepción. (Michel Legarraga D.1 Ingeniero Agrónomo, MSc.2013)

2.8.2.Planta fresca (plantación de otoño)

Las plantas se traerán el mismo día de la plantación. Antes de plantar es recomendable rehidratar las plantas en agua, en inmersión total durante 10 minutos. La plantación no debe prolongarse por días, ya que de ello dependerá el adecuado prendimiento.

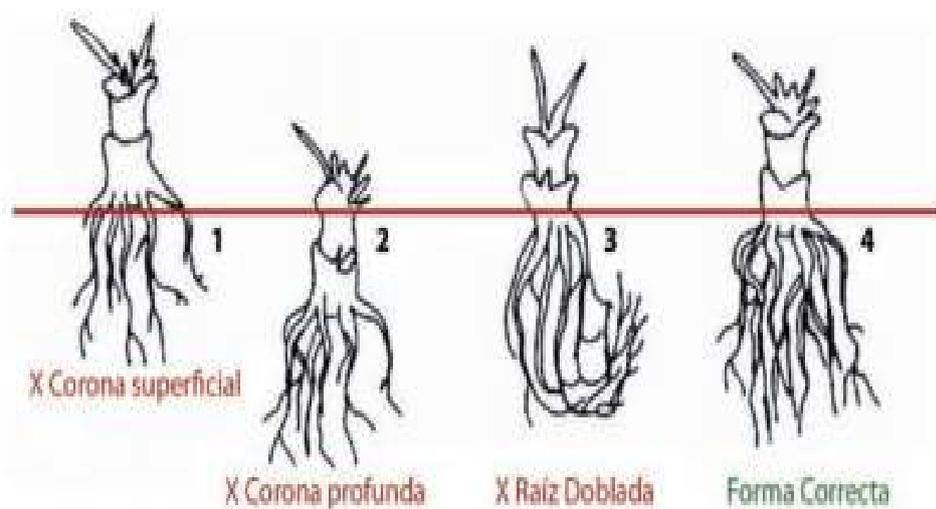
En ambos casos se debe evitar cortar las raíces, ya que es un órgano de reserva de carbohidratos que permitirá una adecuada brotación de la planta en el primer estado de

desarrollo. Se insiste en que las raíces deben quedar derechas y sin aire y la corona firme con tierra a su alrededor (hasta la mitad, sin tapar las nuevas yemas).

Un jornalero dedicado sólo a plantar puede tener un rendimiento de 2000-2500 plantas por día.

Posterior a la plantación (7-10 días) se recomienda realizar un reaprete de las plantas, esta labor consiste en hacer una aporca con tierra alrededor de la corona (tapar hasta la mitad) para estimular el crecimiento de nuevas raíces y mejorar el establecimiento del cultivo. (Michel Legarraga D.1 Ingeniero Agrónomo, MSc.2013)

Figura 5. Ubicación de las plantas de frutilla con respecto a la superficie del suelo



Fuente: (Agropecuarios, 2013)

Figura 6. Plantación con herramienta tipo “pincho”(izquierda)y detalle de la herramienta(derecha)



Figura 1.7. Plantación con herramienta tipo “pincho” (izquierda) y detalle de la herramienta (derecha).



Figura 1.8. Plantación con raíz doblada que disminuye el prendimiento.

Fuente: (Castro, 2004)

2.9. RIEGO DE POSPLANTACIÓN

Después de la plantación se debe regar varias veces en el día por tiempos cortos, la idea es mantener la humedad constante sólo cerca de las raíces. Se debe tener precaución de no realizar riegos muy largos en esta etapa de desarrollo.

En plantaciones de verano, posterior a la plantación se darán diariamente riegos cortos de preferencia por aspersion para mantener una humedad adecuada. Los riegos de primavera en adelante deben mojar hasta 30 cm de profundidad, y al menos 1 vez por semana es necesario un riego más largo para evitar la concentración de sales a nivel radica

Las variedades de frutilla se clasifican de acuerdo a sus requerimientos de horas de luz del día, en variedades de día corto y variedades de día neutro. (Castro 2004)

2.9.1. PODA DE ESTOLONES

Los estolones ejercen un efecto limitante sobre el desarrollo de la parte aérea, reduciendo la formación de coronas secundarias, por esto es fundamental realizar su control eficiente, a través de cortes periódicos. Si se permite el desarrollo de los estolones se debilita la planta con la consiguiente menor producción de frutos. Además hay una disminución de la producción ya que la planta tiene una respuesta vegetativa y disminuye la respuesta a la inducción floral. (Castro 2004)

Figura 7. Frutilla en estado de producción de espolones que debe podarse



Fuente: (Castro, 2004)

2.9.2. PODA DE HOJAS

Consiste en eliminar todas las hojas adultas que ya no son funcionales, denominadas “hojas parásitas”, como también todos los restos de inflorescencias, cuidando de no dañar las coronas de la planta. La intensidad de la poda dependerá del vigor de la planta y del objetivo perseguido. (Castro 2004)

2.9.3. TIPOS DE PODA

2.9.3.1. Poda baja

Cuando se presentan problemas sanitarios y/o exceso de vigor, se eliminan las hojas basales y todas las yemas nuevas e inflorescencias. Es muy importante no dañar coronas, ya que esta estructura soportará las nuevas yemas. (Castro 2004)

Figura 8. Plantas de frutilla después de realizada la poda baja.



Fuente: (Castro, 2004)

2.9.3.2. Poda alta o deshoje

Se realiza cuando se presenten condiciones sanitarias adecuadas

Figura 9. Plantabanda de frutilla con poda alta o deshoje.



Fuente: (Agropecuarios, 2013)

2.9.3.3. Poda de Invierno (cultivar día corto y neutro)

Esta labor se realiza en invierno, pero no debe hacerse muy temprano ya que la planta debe acumular previamente las reservas que están disponibles en las hojas y que se acumularán en los órganos de reserva (coronas y raíces). El nivel de reserva que acumule la planta en el otoño anterior incidirá directamente en la respuesta de la planta en la primavera siguiente, por esta razón es fundamental realizar un adecuado programa de fertilización en poscosecha. La fecha en que se realiza esta labor dependerá de la zona:

- Valle Central: A fines de invierno (Agosto-Septiembre) en zonas con heladas tardías.
 - Zona Costera: A mediados de invierno (Julio-Agosto) en zonas de clima templado, con el objetivo de adelantar la entrada en producción en primavera.
 - Cuanto más fría es la zona y aumente el riesgo de heladas, más tarde debe realizarse esta labor para proteger las nuevas yemas que brotarán a inicio de primavera.
- ✚ Por razones sanitarias (plagas y enfermedades) es recomendable eliminar del frutillar el desecho de la poda y quemarlo. (Juan Hirzel C.1 Ingeniero Agrónomo MSc., Dr 2013)

2.9.3.4. Poda de Verano (cultivar día corto)

- ✚ Dependiendo de la variedad y el vigor de la planta, esta labor también se puede realizar en los meses de verano para disminuir el crecimiento vegetativo de las plantas (sólo en caso de plantas con exceso de vigor y sin floración, es decir plantas vegetativas), y así promover la segunda floración en las variedades de día corto ('Camarosa'), además favorece el crecimiento de nuevo follaje con mayor actividad fotosintética. Es muy importante la fecha en que se realiza esta labor en verano, debe hacerse tempranamente al término de la primera floración para no retrasar la segunda floración. (Juan Hirzel C.1 Ingeniero Agrónomo MSc., Dr 2013)

2.10. FERTILIZACIÓN

2.10.1.NITRÓGENO

- ✚ Mejora el crecimiento vegetativo y vigor de la planta
- ✚ Aumenta la producción de estolones
- ✚ Aumenta la actividad de raíces
- ✚ Aumenta las reservas para la siguiente temporada (yemas, estolones, corona y raíces)

Problemas por exceso de nitrógeno

- ✚ Exceso de vigor
- ✚ Mucho sombreadamiento (menor entrada de luz)
- ✚ Fruta blanda
- ✚ Mayor ataque de enfermedades y plagas
- ✚ Mayor incidencia de malezas

2.10.2.FÓSFORO

- ✚ Mejora el crecimiento de raíces
- ✚ Mejora la floración
- ✚ Mejora la defensa contra ataque de enfermedades y plagas
- ✚ Mejora la acumulación de reservas para la siguiente temporada

Problemas por exceso de fósforo

- ✚ Se pueden inducir deficiencias de zinc (Zn) en aquellos suelos con baja concentración de este nutriente.
- ✚ Al usar mulch orgánico (paja, aserrín, corteza u otro) puede generar menor disponibilidad de N (mayor actividad de la biomasa del suelo que fija nutrientes).

2.10.3.POTASIO

- ✚ Mejora el vigor de la planta

- ✚ Aumenta la eficiencia en el uso del agua y resistencia a condiciones de estrés por falta de agua
- ✚ Mejora el calibre de frutos
- ✚ Aumenta la firmeza de frutos
- ✚ Mejora el sabor y olor de frutos
- ✚ Aumenta la resistencia a enfermedades y plagas
- ✚ Aumenta el rendimiento.

Problemas por exceso de potasio

- ✚ Se pueden inducir deficiencias de Mg y Ca
- ✚ En huertos con inadecuado manejo hídrico (muchas variaciones en el potencial hídrico de la planta durante su ciclo de desarrollo) y suelos con alto contenido de K se puede generar partidura de frutos en cosecha.

2.10.4.CALCIO

- ✚ Mejora el desarrollo de raíces
- ✚ Mejora la cuaja y el calibre de frutos
- ✚ Aumenta la firmeza de frutos Aumenta la resistencia a enfermedades y plagas
- ✚ Mejora la calidad de poscosecha (menor respiración de frutos).

Problemas por exceso de calcio

- ✚ Se pueden inducir deficiencias de Mg y K
- ✚ Excesos de Ca en el suelo pueden generar deficiencias de P, B, Zn y Mg.

2.10.5.MAGNESIO

- ✚ Aumenta la intensidad del color verde de las hojas
- ✚ Contribuye a aumentar el rendimiento (mayor actividad fotosintética de las hojas)
- ✚ Mejora la acumulación de reservas para la siguiente temporada.

Problemas por exceso de magnesio

- ✚ Se pueden inducir deficiencias de Ca y K
- ✚ Indirectamente puede inducir mayor incidencia de enfermedades y plagas (estimula una mayor absorción y utilización del N) (Juan Hirzel C.1 Ingeniero Agrónomo MSc., Dr 2013)

2.11. DETERMINACIÓN DE DOSIS DE NUTRIENTES

Sin análisis de suelo y foliar La dosis de nutrientes a aplicar para huertos de frutilla se puede determinar de forma simple relacionando el rendimiento a obtener con la necesidad nutricional por cada unidad de rendimiento, según la siguiente fórmula:

$$\text{Dosis de nutriente (kg/ha)} = \text{Rendimiento esperado (ton fruta/ha)} \times \text{Factor de dosis (kg nutriente/ton fruta)}$$

- Dosis de N (kg N/ha) = Rendimiento esperado (ton/ha) × Factor 1,8 a 2,2 (kg/ton)
 - Dosis de P (kg P₂O₅/ha) = Rendimiento esperado (ton/ha) × Factor 0,8 a 1,2 (kg/ton)
 - Dosis de K (kg K₂O/ha) = Rendimiento esperado (ton/ha) × Factor 2,5 a 3,5 (kg/ton)
 - Dosis de Ca (kg CaO/ha) = Rendimiento esperado (ton/ha) × Factor 2 a 2,5 (kg/ton)
 - Dosis de Mg (kg MgO/ha) = Rendimiento esperado (ton/ha) × Factor 0,8 a 1 (kg/ton)
 - Dosis de S (kg S/ha) = Rendimiento esperado (ton/ha) × Factor 0,4 a 0,6 (kg/ton)
 - Dosis de B (kg B/ha) = Rendimiento esperado (ton/ha) × Factor 0,01 a 0,02 (kg/ton)
 - Dosis de Zn (kg Zn/ha) = Rendimiento esperado (ton/ha) × Factor 0,02 a 0,03 (kg/ton)
- (Juan Hirzel C.1 Ingeniero Agrónomo MSc., Dr. 2013)

2.12. RIEGO POR GOTEO

El riego por goteo junto al riego por microaspersión se incluye dentro de los

denominados *Riegos Localizados* o *Microirrigación*. Se caracteriza por la aplicación de agua al suelo y nutrientes a través de emisores denominados goteros o cintas de riego, sobre o bajo la superficie de éste, sin mojar la totalidad de terreno. Se aplican pequeños caudales a través de un número variable de puntos de emisión, generando un reducido volumen de suelo mojado, lo que determina su operación con alta frecuencia para mantener un elevado porcentaje de humedad en el suelo (Rodrigo *et al.*, 1992).

En la zona humedecida se desarrolla el sistema radicular de la planta, disponiendo de agua y nutrientes a baja tensión en forma permanente y según la evolución del cultivo, lo que trae grandes beneficios en términos de producción obtenida y calidad del producto, siempre y cuando otro factor no sea limitante. (C.N.R, 1996).

Entre las ventajas destacan: alta eficiencia en el uso de agua y fertilizantes, mínima necesidad de mano de obra, posibilidades de automatización facilitando el manejo y la operación del sistema por hasta 24 horas, facilita la realización de otras prácticas culturales en forma paralela, posibilidad de utilizar el sistema en variados tipos de suelos, producir en diferentes climas, utilizar recursos de agua limitados y requerir bajas presiones de trabajo con los consiguientes ahorros de energía en comparación a otros sistemas presurizados. (C.N.R, 1996).

Respecto a la respuesta de las plantas al sistema de riego, esta es muy superior en términos de rendimiento y calidad, en comparación con otros sistemas de riego. En el ambiente de las raíces, existe una mejor aireación del suelo y una provisión suficiente de agua y nutrientes inyectadas durante el riego. Por otra parte, al minimizar el humedecimiento de la superficie del suelo y el follaje de la planta, se reduce el ataque de algunos insectos, enfermedades y problemas fungosos, que afectan el cultivo. (C.N.R, 1996)

Para el caso de riego en frutillas, resulta ideal como sistema, dada la facilidad de implementación al instalarse fácilmente bajo la cubierta plástica que cubre la

franja de cultivo.

Las limitaciones del riego por goteo son significativamente menores a las ventajas anteriormente señaladas. Entre estas destacan: la susceptibilidad de los puntos de emisión de agua a las obturaciones, la necesidad de operar la instalación por personal con cierta calificación y el alto costo de inversión inicial. (Gurovich, 1985)

2.13.EL RIEGO POR GOTEO EN EL MUNDO

Tras su utilización comercial en Israel, a principios de la década de los sesenta, se ha expandido rápidamente por todo el mundo.

En 1974 había 85.000 Ha. De goteo instaladas en los cinco continentes, de las que 42.000 Ha estaban en estados unidos, de ellas, 30.000 Ha. En california. En el resto de los países existían superficies importantes en México (7.500 Ha.). es de destacar que, siendo este último país el iniciador del sistema, solo posee un 5 por 100 de riego a pie y el 90 por 100 de aspersión.

Las predicciones que se hacían para el año 1980 eran de triplicar la superficie en Estados Unidos y duplicarla en el resto del mundo, pero, sin embargo, estas predicciones se han quedado cortas ante el impacto que el riego por goteo ha causado en países como México, Irán, Brasil. Italia, Ecuador, Argentina, Chile, Grecia, Nueva Zelanda y España.

En España a comienzos de 1978 había unas 3.500 Ha. De goteo, y casi el 50% de ellas estaban en las Islas Canarias, habiéndose utilizado en cultivos como platanera, frutales, vid, olivo, aguacates, pepino, pimiento, tomate y otros productos hortícolas.

La implantación masiva en muchos países está sujeta a la reducción de los costes, mediante el descubrimiento de materiales más baratos que los que se utilizan actualmente, o el empleo de productos autóctonos como pueden ser cañas en lugar de tuberías.(J,A.Medina San Juan 1978)

2.13.1. Características del riego por goteo

- ✚ El agua se aplica al suelo desde una fuente que pueda considerarse puntual, se infiltra en el terreno y se mueve en dirección horizontal y vertical. En esto difiere sustancialmente del riego tradicional, en el que predominan las fuerzas de gravedad y, por tanto, el movimiento vertical. También difiere el movimiento de sales. (J,A.Medina San Juan 1978)
- ✚ No se moja todo el suelo, sino solo del mismo, que varía con características del suelo, el caudal del gotero y el tiempo de aplicación. En esta parte húmeda en la que la planta concentrará sus raíces y de la que se alimentará. (J,A.Medina San Juan 1978)
- ✚ Al existir zona seca no exploradas por las raíces y zonas húmedas, puede considerarse 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, en definitiva, de un solo cultivo intensivo, que requerirá, por tanto, un abonado adecuado para responder a las extracciones de las cosechas. (J,A.Medina San Juan 1978)
- ✚ El mantenimiento de un nivel óptimo de humedad en el suelo implica una baja tensión de agua es el mismo. El nivel de humedad que 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 encharcamiento y asfixia radicular. (J,A.Medina San Juan 1978)
- ✚ Requiere un abonado frecuente, pues como consecuencia del movimiento permanente del agua en el bulbo puede reducirse un lavado excesivo de nutrientes. (J,A.Medina San Juan 1978)

2.13.2. Ventajas e Inconvenientes

2.13.2.1. Ventajas

- ✚ Ahorro importante de agua, mano de obra, y productos fitosanitarios

- ✚ Posibilidad de regar cualquier tipo de terreno, por accidentados o pobres que sean.
- ✚ Utilización de agua de peor calidad.
- ✚ Aumento de producción, adelantamiento de cosecha y mejorar calidad de los frutos con consecuencia de tener plantas satisfechas sus necesidades en agua y nutrientes en cada instante.
- ✚ Permite realizar, simultáneamente al riego, otras labores culturales, pues, al haber zonas secas, no presenta obstáculo para desplazarse sobre el terreno.
- ✚ No altera la estructura del terreno. (J,A.Medina San Juan 1978)

2.13.2.2. Inconvenientes

- ✚ Es un sistema muy caro de instalar
- ✚ 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.
- ✚ Si se proyecta o instala mal, puede ocasionar la pérdida de la cosecha por falta de agua o nutrientes.
- ✚ En zonas áridas en que no existe posibilidad de lavar el uso sistemático y durante varios años de agua de mala calidad puede arruinar los terrenos de cultivo si no se riega de forma adecuada.
- ✚ Obstrucción de los goteros por las partículas que arrastra el agua, y que, en ocasiones, puede acarrear daños a la instalación y al cultivo.
- ✚ Se precisa una mayor cualificación por parte de los usuarios, que en cualquiera de los otros sistemas de riego. (J,A.Medina San Juan 1978)

2.13.3. Tipos de riego por goteo

- ✚ Subterráneo
- ✚ Superficial

2.13.4. Riego por goteo superficial

Se define así a la aplicación de agua sobre la superficie del suelo en forma de gotas o como un fino chorro, a través de emisores localizados a una distancia predeterminada

a lo largo del lateral de goteo. Puede ser de dos tipos – goteo superficial en franja o integral. (J,A.Medina San Juan 1978)

Partes de que consta

- ✚ Una instalación de riego por goteo consta, en esencia, de los siguientes elementos.
- ✚ Sistema de infiltrado.
- ✚ Equipo de fertilización.
- ✚ Tubería que conduce el agua desde el cabezal hasta las proximidades de la planta.
- ✚ Goteros
- ✚ Accesorios
- ✚ Dispositivos de regulación.
- ✚ Dispositivos de control. (J,A.Medina San Juan 1978)

2.14. Riego por goteo superficial

El riego por goteo superficial tiene su origen en Israel y está extendido en todas las zonas de riego, sobre todo en las que hay escasez de agua, debido a las numerosas ventajas que presenta, entre las que pueden destacarse las siguientes:

- 1.- Aumento de rendimiento y calidad en las cosechas. Esto puede explicarse por el hecho de mantener la planta continuamente en un suelo con la humedad óptima, eliminándose las alternancias de humedad producidas con otros tipos de riegos.
- 2.- Mayor eficiencia en la aplicación del agua y, como consecuencia, ahorro en la misma. Esto se debe a la eliminación de pérdidas por escorrentía superficial y por percolación. Además, toda el agua es aportada en las inmediaciones de la planta con lo que se reduce la superficie mojada, y como consecuencia, las pérdidas por evaporación.
- 3.- Menor proliferación de la vegetación adventicia. Por no mojarse toda la superficie del terreno, se observa menor infestación de malas hierbas.

4.- Minoración de la influencia del suelo. Mediante este método pueden regarse una serie de suelos que ofrecen dificultades para ser regados por gravedad o en los que se producen pérdidas muy importantes cuando se riegan por aspersión. (Sapag, et al. 1995)

2.14.1. Instalación del sistema de riego por goteo superficial

A continuación, se citan las condiciones técnicas necesarias para su aplicación: en primer lugar, se requiere una red de tubos de goteo que cubra la parcela con una densidad variable en función de los cultivos a regar, ya que las líneas de goteo se adaptan a las líneas de siembra o plantación. En dichos tubos de goteo van colocados los “goteros” o boquillas, encargados de emitir el agua. Estos goteros van colocados en los tubos a distancias variables entre a 0,50 y 4 m; aunque, en los casos en que se requieran importantes aportes de agua pueden adoptarse densidades mayores. En cuanto al diámetro de los tubos de goteo se refiere, dependerá del caudal proporcionado por cada goteo, del número de goteros y de la longitud del tubo. Por lo general se utilizan tubos de 10, 12 y 16 mm fabricados en polietileno de baja densidad. Por otro lado, cuando no se dispone de carga suficiente, es necesario colocar un grupo de bombeo para dar presión al sistema. A la salida del grupo de bombeo o, en la cabeza de la instalación, deben colocarse filtros, válvulas reguladoras de caudal, medidores de flujo y, si se desea, un equipo dosificador de abonos minerales. Actualmente, se realizan instalaciones completamente automatizadas, controladas por un programador de riegos que actúa sobre el grupo de bombeo o válvula directriz a la entrada del sistema. (fuente fitotecnia ingeniería de producción)

2.14.2.El bulbo de humedecimiento

Cuando los goteros aplican el agua, esta se infiltra y va formando en el interior del suelo un humedecimiento en forma de cebolla, al cual se le llama “bulbo húmedo”. Este bulbo presenta un diámetro pequeño en la superficie del suelo, pero se ensancha adquiriendo su máximo diámetro a una profundidad de 30 cm aproximadamente. La forma del bulbo está condicionada en gran parte por el tipo de suelo. En los suelos

pesados (de textura arcillosa), la velocidad de infiltración es menor que en los suelos ligeros (de textura arenosa), lo que hace que el charco sea mayor y el bulbo se extienda más horizontalmente que profundidad. En la Figura 2, se muestra el comportamiento del agua en diferentes texturas de suelo. (Mendoza, 2013)

Figura 10. El bulbo



Fuente: (Agropecuarios, 2013)

2.15. Factores para determinar el método de riego

Otros factores a tener en cuenta para determinar el método de riego más adecuado son:

2.15.1. Disponibilidad de agua.

El agua debe estar disponible en forma suficiente y oportuna. Dado que la distribución del agua de canales se realiza por turnos, por ejemplo, una vez por semana, existe una limitante para la oportunidad de riego localizado, debiendo complementar el sistema con acumuladores. Si se cuenta con pozos o norias con baja disponibilidad se debe privilegiar un método que sea eficiente, como el riego por goteo. Para evaluar la disponibilidad de agua se debe comparar la demanda de agua del cultivo (ver más adelante) con respecto al agua disponible. (Saldarriaga, 2007)

2.15.2. Tipo de suelo

La textura del suelo es trascendental puesto que determina la distribución del agua en la zona de raíces, factor considerado clave para lograr buen rendimiento y calidad de frutos. En suelos livianos se debe asegurar un adecuado porcentaje de humedecimiento del suelo. (Mendoza, 2013)

2.15.3. Topografía del terreno

Suelos planos con pendiente uniforme no presentan problemas, sin embargo si la pendiente es irregular o existen pendientes fuertes es más recomendable usar goteros autocompensados.

2.15.4. Disponibilidad de energía

En general en huertos menores a 3 ha el riego localizado requiere electrificación monofásica, normalmente presente en las casas de los agricultores. Sin embargo para superficies mayores se debe contar con electrificación trifásica. En cualquiera de los dos casos es necesario verificar la distancia del tendido eléctrico, puesto que se trata de costos que podrían afectar la factibilidad económica del proyecto. Si los costos de electrificación son muy altos se deberá optar por riego por surcos. Si no existe posibilidad de una conexión eléctrica a una distancia económicamente factible es posible evaluar el uso de energías alternativas como solar o eólica. (Vilma Villagrán D.1 Ingeniero Agrónomo)

2.15.5. Disponibilidad de mano de obra

Si la disponibilidad de mano de obra es baja es recomendable el riego tecnificado puesto que libera personal para otras actividades productivas. (Michel Legarraga D.1 Ingeniero Agrónomo, MSc)

2.16. Fase Agronómica y Fase Hidráulica

2.16.1. Fase agronómica

Es la parte del proyecto, donde se determinan elementos claves del sistema, como son. La evapotranspiración de diseño, disposición de emisores, precipitación por hora de la instalación y el tiempo de riego necesario para reponer diariamente la evapotranspiración del cultivo (Pizarro F. 1986)

El diseño ha de garantizar que la instalación pueda suministrar, con una alta eficiencia, las necesidades hídricas diarias del cultivo durante el periodo de máximo consumo, estimado en base a las características del cultivo parámetros climáticos, mojando, además, un volumen de suelo suficiente para su adecuado desarrollo (Rodrigo et al., 1992)

2.16.2. Diseño Agronómico

Todo sistema de riego requiere de un diseño agronómico en el cual se deben tener en cuenta las características del suelo, cultivos a realizar, distancia de plantación, etc. Esta información proporciona datos básicos para el posterior diseño hidráulico, como caudal por planta, tiempo de riego, etc.

El diseño agronómico es la parte más importante del proyecto de riego, ya que cualquier error aquí generará un sistema inadecuado a lo que se precise, por ejemplo si se estiman unas necesidades de riegos menores a las reales, repercutirá en la producción, la calidad y podrían darse problemas de salinidad por falta de lavado de sales. (Mendoza, 2013) Por lo mencionado anteriormente es de suma importancia conocer los factores que pueden afectar en algún momento la correcta operación del sistema planteado, tal es el caso de la evapotranspiración (ET), evapotranspiración del cultivo (ETc), evapotranspiración de referencia (Eto), coeficiente del cultivo (Kc), lámina bruta (Lb), lámina neta (Ln), eficiencia, entre otros. (Liotta et al., 2015)

2.16.2.1. Evaporación

La evaporación es un proceso físico que se define como el paso del estado líquido al gaseoso del agua. Ocurre cuando se suministra energía calorífica al agua, lo cual incrementa la energía cinética de sus moléculas y hace que se muevan más rápido, aumentando el volumen del líquido, fenómeno conocido como dilatación. A medida que la temperatura aumenta, algunas moléculas que se encuentran cerca de la superficie y que se mueven aún más deprisa que las demás, escapan del líquido debido a su energía y pasan a la atmósfera como moléculas de vapor. (Marín, 2010)

2.16.2.2. Transpiración

La transpiración es la salida de vapor de agua hacia la atmósfera circundante desde las superficies celulares que, en conjunto al intercambio de dióxido de carbono (CO₂), determinan la eficiencia del uso del agua de una planta y se encuentra relacionado con la fotosíntesis. Su pérdida se produce a través de estructuras anatómicas como los estomas, lenticelas o cutícula siendo de esta manera un determinante primario del balance energético de la hoja y del estado hídrico de la planta. (Silva, 2016)

2.16.2.3. Evapotranspiración

Según Carrazón (2007), la evapotranspiración (ET) de un cultivo será la suma del agua del suelo que es utilizada por las plantas en el proceso de transpiración, y la evaporación del agua del suelo que rodea a la planta. En otras palabras, la evapotranspiración de un cultivo representa la cantidad de agua utilizada por la planta y su entorno. Son varios los factores que influyen en la evapotranspiración, siendo los principales:

- a) **El clima:** la evapotranspiración aumenta con tiempo cálido, seco, existencia de viento, y cielos despejados.
- b) **El propio cultivo:** la evapotranspiración es mayor a mayor densidad de cultivo, y en las fases media y de maduración.

c) **El suelo:** la evapotranspiración será mayor a mayor humedad del suelo. (Carrazón 2007)

El concepto de evapotranspiración incluye tres diferentes definiciones: evapotranspiración del cultivo de referencia (Eto), evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (Etc), y evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar. Eto es un parámetro relacionado con el clima que expresa el poder evaporante de la atmósfera. Etc se refiere a la evaporación en condiciones óptimas presentes en parcelas con un excelente manejo y adecuado aporte de agua y que logra la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas. En cuanto a la Eto, los mismos autores señalan más adelante que “La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia, y se denomina Eto. La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas. No se recomienda el uso de otras denominaciones como ET potencial, debido a las ambigüedades que se encuentran en su definición”. (Allen G., Pereira, Raes, & Smith, 2006)

2.16.2.4. Método de Penman-Monteth

En 1948, Penman combinó el balance energético con el método de la transferencia de masa y obtuvo una ecuación para calcular la evaporación de una superficie abierta de agua a partir de datos climáticos estándar de insolación solar (horas sol), temperatura, humedad atmosférica y 14 velocidad de viento. Este método fue desarrollado posteriormente y ampliado a las superficies cultivadas por medio de la introducción de factores de resistencia. (Santana Pérez, 2008) Un panel de expertos e investigadores en riego fue organizado por la FAO en mayo de 1990, en colaboración con la Comisión Internacional para el Riego y Drenaje y con la Organización Meteorológica Mundial, con el fin de revisar las metodologías previamente propuestas por la FAO para el cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos y para elaborar recomendaciones sobre la revisión y la actualización de procedimientos a este respecto. El panel de expertos recomendó la adopción del método combinado de Penman-Monteith como

nuevo método estandarizado para el cálculo de la evapotranspiración de la referencia y aconsejó sobre los procedimientos para el cálculo de los varios parámetros que la fórmula incluye. El método FAO Penman-Monteith fue desarrollado haciendo uso de la definición del cultivo de referencia como un cultivo hipotético con una altura asumida de 0,12 m, con una resistencia superficial de 70 s m⁻¹ y un albedo de 0,23 y que representa a la evapotranspiración de una superficie extensa de pasto verde de altura uniforme, creciendo activamente y adecuadamente regado. El método reduce las imprecisiones del método anterior de FAO Penman y produce globalmente valores más consistentes con datos reales de uso de agua de diversos cultivos. (Allen G. et al., 2006)

2.17. Fase hidráulica

A partir de los datos calculados en la fase agronómica y la superficie total a regar, se determinan los sectores de riego, para un periodo de operación del sistema entre 18 y 22 horas por día. De esta forma, se reducen los costos que significaría regar toda la superficie al hacerlo por parcialidades. Luego, tomando en cuenta la topografía de la zona a regar, se procede al diseño de la red hidráulica, calculando la tubería principal, secundaria, terciaria y lateral. (Rodrigo et al., 1992)

Luego según las características del agua, su localización, la ubicación de la fuente de energía y facilidades para el manejo del sistema, se procede a diseñar el centro de control, considerando, además, otros parámetros opcionales que se basan en criterios técnico-económicos y preferencias del usuario. (Rodrigo et al., 1992)

Los cálculos hidráulicos, se realizan partiendo desde el final de los sectores, avanzando hacia la fuente de agua del predio. Es decir, se calculan primero las presiones y caudales de entrada en las subunidades de riego y se continuara con las tuberías secundarias, hasta llegar a las primeras y terminar en el cabezal. Una vez determinados los componentes del cabezal, se procederá a establecer la altura manométrica total, la que junto a la capacidad del sistema permitirá la sección de la bomba y características de los sistemas de filtrado y fertirrigacion, (Rodrigo et al., 1992)

2.17.1. Cabezal de Riego

Llamamos cabezal de riego al conjunto de elementos destinados a filtrar, tratar, medir y suministrar el agua a la red de distribución. Un cabezal de riego está constituido por los sistemas de impulsión, fertirrigación y filtrador.

Según la página de web Novedades Agrícolas, los componentes que se instalan en un cabezal de riego dependen de los siguientes factores:

- a) **De la superficie de riego:** dependiendo de la superficie las necesidades del caudal cambian de manera que la selección del equipo de bombeo dependen del tamaño de la explotación y de la orografía del terreno.
- b) **De las condiciones de la fuente de agua para el riego:** dependiendo de la procedencia y las condiciones que presenta el agua se elegirá el tipo de filtrado que necesite e incluso si el agua viene con presión suficiente puede no ser necesaria la instalación del bombeo.
- c) **Del tipo de riego y fertilización:** dependiendo del tipo de riego que se realice y de si se efectúan operaciones de fertirrigación se diseñará el sistema de abonado.
- d) **De las necesidades del agricultor:** dependiendo del grado de automatización que precisen tanto los equipos como las condiciones que solicite el agricultor o el técnico de la explotación se automatiza el cabezal de riego. (Quizhpe Pineda, 2010)

2.17.2. Equipo de Bombeo

Son centrífugas, de eje vertical BTV u horizontal, impulsadas por motores estacionarios a explosión o eléctricos. La dimensión del equipo de bombeo dependerá del caudal y presión de operación requerida para el funcionamiento del sistema, es decir que para elegir el equipo de bombeo que vamos a usar primero debemos tener ya definidos el caudal y presión que necesitará nuestro sistema. Se dispone de gran

variedad de bombas en la actualidad para los requerimientos de diversos sistemas, sin embargo en algunas ocasiones se requiere de más de una bomba, en tales casos se pueden instalar las bombas en serie (si lo que se desea es mayor presión) o en 18 paralelo (si lo que se busca es aumentar el caudal). (Martínez, 2006) Un factor importante para elegir la bomba a instalar, es el valor de NPSH. NPSH (Altura neta positiva de aspiración), del inglés Net Positive Suction Head, es la diferencia entre la presión del líquido a bombear referida al eje del impulsor y la presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo, referida en metros. Hay que distinguir entre el NPSH disponible y el NPSH requerido. El disponible depende del conjunto de la instalación elegida para la bomba y es una particularidad independiente del tipo de bomba. Es por tanto calculable. El requerido, sin embargo, es un dato básico peculiar de cada tipo de bomba, variable según el modelo, tamaño y condiciones de servicio, que se determina por prueba o cálculo, siendo un dato a facilitar por el fabricante el cual ha obtenido a través de ensayos. Para que una bomba funcione correctamente sin cavitación, ha de cumplirse que el NPSH disponible en la instalación sea igual o mayor que el NPSH requerido por la bomba. (Otón Tortosa, 2015)

2.17.3.Fertirriego

El equipo de fertirriego puede reducirse a un simple depósito fertilizador, a acoplar en paralelo al conducto principal, mediante oportunas conexiones, antes del colador. A su través puede pasar un tercio a un cuarto del gasto total distribuido, que transporta asó el fertilizante disuelto. En la mayoría de las instalaciones consta de varios depósitos donde se almacenan los elementos nutritivos, y a dispositivos para la subsiguiente inyección en succión, con venturis, o a presión, con bomba auxiliar regulados por automatismos de control. Suelen ir instalado entre los filtros de arena y el colador de malla o anillas. No obstante, también puede instalarse a la cabecera de las unidades de riego en cuyo caso deberán ir seguidos por un colador de malla o anillas. (Sobrino, Alvarez, Rodríguez, & Garrido, 2017)

2.17.4. Sistema de Filtrado

Uno de los principales problemas que se presenta en los sistemas de riego por goteo es la obstrucción que puede presentarse en las líneas de tuberías y los emisores. Es por lo anterior que el sistema de filtrado tiene vital importancia en el funcionamiento y la vida útil de este.

La obturación del gotero puede deberse a partículas minerales (arena, limo o arcilla), partículas orgánicas (algas, bacterias y restos de plantas) y precipitados químicos (sales, fertilizantes, etc.). Así mismo, si no se eliminan estas partículas y precipitados, podrían obturar también, las tuberías y dañar los dispositivos del sistema con elementos móviles. Los factores que contribuyen al atascamiento son, esencialmente, la calidad del agua de riego, los fertilizantes incorporados a la misma y la propia sensibilidad del orificio. Un buen sistema de filtración es esencial para el correcto funcionamiento del riego y tiene como finalidad limpiar el agua de elementos que tiendan a producir la obstrucción. A este fin se pueden utilizar equipos para prefiltrar el agua, filtros (de arena) y coladores (en general, de malla o anillas). (Sobrino et al., 2017)

Según Plana (2008), existen diferentes tipos de filtros según el problema que se quiera tratar:

- a) **Filtro de arena:** son un elemento básico en un cabezal de riego. Se utilizan para eliminar impurezas de tipo orgánico, tales como algas, además de pequeñas partículas minerales. Básicamente consiste en un depósito metálico lleno de arena en el que circula el agua por su interior a través de la arena, quedando las partículas retenidas en la misma, y saliendo el agua limpia. La arena debe ser del tipo silíceo, ya que es más estable frente a los ataques químicos, y de tamaño uniforme, para garantizar un adecuado filtrado. Los filtros de arena son imprescindibles cuando se dispone de agua que pueda tener materia orgánica, como agua embalsada. Se conectan siempre, al menos, dos filtros, de forma que pueda realizarse la limpieza de uno con el agua filtrada

previamente con el otro, lo que se conoce como limpieza por retrolavado o inversión de flujo. En la figura 5 se muestra el filtro de arena (Plana, 2008),

- b) **Filtro de anillas:** en estos filtros, el elemento filtrante es un conjunto de discos ranurados, que se comprimen formando un cartucho, quedando pequeños agujeritos correspondientes a las ranuras entre disco y disco. El cartucho se monta sobre una carcasa que suele ser de plástico. El efecto de filtrado es intermedio entre los filtros de malla y los de arena, y se han popularizado mucho en los últimos años, por su facilidad para la automatización de la limpieza mediante la aplicación de chorros de agua a presión. En la figura 6 se muestra el filtro de anillas. (Plana, 2008),

Figura 11. Filtro de anillas



Fuente: (Agropecuarios, 2013)

- c) **Filtros de malla:** realizan una retención de partículas superficial, por lo que se colmatan muy rápidamente. Por este motivo, se utilizan para filtrar partículas inorgánicas de aguas no muy sucias. Suelen instalarse en un cabezal de riego para después de la inyección de fertilizantes. No funcionan bien cuando hay algas o materia orgánica, ya que se obstruyen muy rápidamente. En la figura 7 se muestra el filtro de malla. (Plana, 2008),

2.17.5. Mantenimiento del Sistema

Como indica Romero (2005), las siguientes son prácticas que deben de seguirse para garantizar un buen mantenimiento del sistema:

- a) Controlar permanentemente la calidad del agua durante el riego, haciendo limpieza de las mallas del desarenador y de la arena, limo, arcilla, piedras, etc, que pueden haberse acumulado dentro del mismo.
- b) Una vez por mes es recomendable, dejar remojando el cartucho filtrante en un balde con agua y cloro disuelto y una vez al año con ácido muriático para eliminar incrustaciones cálcicas en los anillos.
- c) El taponamiento de emisores es una amenaza que atenta contra el buen rendimiento del equipo, por ello es necesario realizar un lavado frecuente de las cintas, para evitar el taponamiento de emisores. El lavado de las cintas consistirá en retirar el tapón final de las cintas (doblez), dejando que fluya el agua por intervalo minutos. Esta operación es recomendable que se realice mensualmente.
- d) Si por algún motivo la cinta se rompiese o tuviese un pequeño agujero, se recomienda repararlo lo más pronto posible con cinta aislante, de lo contrario se afectará la uniformidad de riego del sistema.
- e) Se recomienda pintar toda la tubería de PVC, expuesta a la luz solar con esmalte blanco para evitar la absorción del calor y así prolongar su vida útil. (Romero 2005)

2.18. AutoCAD

Autodesk AutoCAD es un programa informático de dibujo asistido por ordenador, para dibujo en dos y tres dimensiones. AutoCAD gestiona una base de datos de entidades geométricas (puntos, líneas, arcos, etc.) con la que se puede operar a través de una pantalla gráfica en la que se muestran éstas; es el llamado editor de dibujo. La

interacción del usuario se realiza a través de comandos, de edición o dibujo, desde la línea de órdenes o barra de comandos, a la que el programa está fundamentalmente orientado. Sin embargo, también existen barras de herramientas localizadas en menús desplegables, donde podemos encontrar las órdenes de manera más visual e intuitiva. AutoCAD, utiliza el concepto de espacio modelo y espacio papel para separar las fases dibujo en 2D y 3D, de las específicas para obtener planos trazados en papel a su correspondiente escala. (Pérez, 2012)

2.19. WaterCAD V8i

WaterCAD es una aplicación de modelamiento hidráulico y de calidad de agua fácil de usar para sistemas de distribución de agua. Las empresas de servicios públicos, las municipalidades y las empresas de ingeniería confían en WaterCAD como una aplicación fiable y de ahorro de recursos para la toma de decisiones para su infraestructura de agua. Desde análisis de flujo de incendios y concentración de componentes, hasta administración de costos de energía y modelado de bombas, WaterCAD ayuda a ingenieros y servicios públicos a analizar, diseñar y optimizar sistemas de distribución de agua. (Bentley, 2017)

2.19.1. Diseño de la tubería principal

Para diseñar la tubería principal, se usó el software informático WaterCAD V8i, que permite realizar cálculos de varios parámetros hidráulicos, en este caso específico se utilizó para obtener el dato del diámetro de la tubería principal que se requiere para satisfacer las condiciones del sistema. Lo anterior se logró importando un archivo de AutoCAD el cual contenía el trazo del diseño previo de la distribución de la tubería principal. Luego se ingresaron los datos de longitud y altura de cada tubería, y del caudal que requería cada nodo de salida (cada nodo representa una válvula de cada bloque). Posteriormente se ingresó en el programa la restricción de que la velocidad máxima en las tuberías debía ser de 2 m/s, esto permitió asignar un diámetro mayor en las tuberías que presentaran una velocidad mayor a la permitida. (Bentley, 2017)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3. Diseño Metodológico

3.1. Localización

El estudio está ubicado en el departamento de Tarija, Prov. Cercado, al oeste de la cordillera de Sama, al Este colinda con la cuenca del río Pinos, al Sud-Este con la cuenca del río Calderas y al Norte con la cuenca del río la Vitoria. El cauce principal de la red hidrográfica es el río Calderillas, que aguas abajo cambia el nombre por el de río Sola.

La ubicación geográfica se la ha obtenido mediante un GPS, el lugar de estudio y la exacta ubicación se muestra a continuación.

Figura 12. Parcela de frutilla a implementar



Fuente: Elaboración propia

Ubicación geográfica: COMUNIDAD DE BELLA VISTA.

N=7604558.818

E=308243.26

Cota= 2008.2 m.s.n.m

3.2. Clima

La temperatura media anual nos indica que estamos en un clima templado y ligeramente caluroso en verano

La temperatura de verano caracteriza un verano fresco, donde en los meses de Noviembre a Marzo, se presenta temperaturas ligeramente superiores a los 19°C

La temperatura de invierno no representa un invierno frío verdadero, ratificando el clima templado

La distribución estacional de las precipitaciones nos muestra que existe una estación seca claramente definida, desde Abril hasta Septiembre, donde la curva de temperatura se encuentra por encima de las barras de precipitaciones.

El total de las precipitaciones anuales nos indica un clima con precipitaciones no abundantes, pero que tampoco tiene características secas.

En general el clima es templado, con un verano caluroso-fresco y con precipitaciones distribuidas estacionalmente, desde octubre hasta marzo.

3.2.1. Requerimientos agroclimáticos de la frutilla

Puede cultivarse en una amplia variedad de climas, pero los mejores rendimientos se obtienen en zonas templadas, sin vientos ni heladas en primavera, y sin lluvias ni elevadas temperaturas en épocas de cosecha. En lugares de inviernos templados (costa), la planta puede desarrollarse bien y producir temprano, logrando mejores precios.

El grado de desarrollo vegetativo y la floración de estas plantas depende de: Frío recibido antes de su plantación Fotoperíodo (cantidad de horas de luz) Temperaturas durante el desarrollo Es así como la adaptación de una variedad a un área determinada dependerá de su comportamiento bajo las condiciones específicas del lugar.

Temperaturas superiores a 32 °C en general pueden producir abortos florales. Temperaturas menores a 20 °C durante el crecimiento estimulan la floración. Las raíces se desarrollan mejor con temperaturas mayores a 12 °C en el suelo; es conveniente tener en cuenta que la temperatura del suelo es consecuencia de dos propiedades: conductibilidad y capacidad térmica, ambas controladas por la humedad del suelo o bien por la temperatura que produce una cubierta o “mulch”. Cambios en el clima en otoño en que las temperaturas han permanecido altas hasta abril e incluso mayo, pueden limitar el desarrollo y tamaño de las yemas florales, efecto que se notará en la producción de frutos de menor tamaño en la siguiente primavera.

3.3. Tipo de investigación

La Metodología a utilizar es cuantitativa. En el desarrollo de la tesis, se basará en un análisis detallado de la información primaria y secundaria. Procediendo a caracterizar todos los aspectos de agua, suelo, clima y cultivo, necesarios para realizar la fase agronómica e hidráulica.

Datos Meteorológicos y Estudios básicos Para la determinación de la Eto (evapotranspiración de referencia), se utilizó el programa ABRO (área bajo riego optimo), desarrollado por el ministerio de medio ambiente y agua.

✚ Estación de la comunidad de San Andrés

Figura 13. Estaciones meteorológicas



Fuente: Imagen Google Earth

Al programa ABRO se le introdujeron datos meteorológicos de las estaciones meteorológicas más próximas al área del proyecto, se utilizó la estación de San Andres por tener mucha cercanía a la zona de estudio y representar características geográficas.

Paso 1. Introducción de datos al programa de ABRO.

Figura 14. Introducción de datos al ABRO

The screenshot shows the 'abro hidro - ABRO 02 ver 3.1 (Cálculo del Area Bajo Riego Óptimo)' application window. The menu bar includes 'Archivo', 'Ver', and 'Ayuda'. The toolbar contains icons for file operations. The main window has a tabbed interface with 'Identificación', 'ETo', 'Situación sin Proyecto', 'Situación con Proyecto', and 'Reportes'. The 'Identificación' tab is active, displaying the following data entry fields:

Nombre del Proyecto:	DISEÑO TÉCNICO DE UN SISTEMA DE RIEGO F
Nombre del Proyectista:	Maria del Carmen Torrez Vargas
Localización:	
Departamento:	Tarja
Provincia:	Cercado
Municipio:	Tarja
Comunidad:	Bella Vista
Latitud:	21° 38' 36"
Longitud:	64° 51' 11"
Zona agro climática:	Valles

Fuente: ABRO

Paso 2. Introducción de datos meteorológicos y tipo de cultivo

Figura 15. Datos meteorológicos

abro hidro - ABRO 02 ver 3.1 (Cálculo del Area Bajo Riego Óptimo)

Archivo Ver Ayuda

Identificación ETo Situación sin Proyecto Situación con Proyecto Reportes

Cultivos

Area regable: (ha)

Capacidad máxima del canal: (l/s)

Eficiencia del Sistema

Captación: Distribución:

Conducción: Aplicación:

Total:

Precipitaciones (mm)											
Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
1.90	2.20	7.10	15.60	79.80	126.90	197.30	202.40	191.60	165.20	43.60	8.70

Derechos de terceros (l/s)											
Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Cultivos			
	Cultivos	Mes siembra	Area (ha)
▶	Frutilla	Enero	0.64
	Frutilla	Febrero	0.64
	Frutilla	Marzo	0.64
	Frutilla	Septiembre	0.64

Fuentes de agua		
Fuente de agua	Volumen (m3)	
▶ canal rio sola	636,664.32	Agregar
		Modificar
		Eliminar

Cultivos nuevos			
	Cultivos nuevos	Mes siembra	Area (ha)
▶			

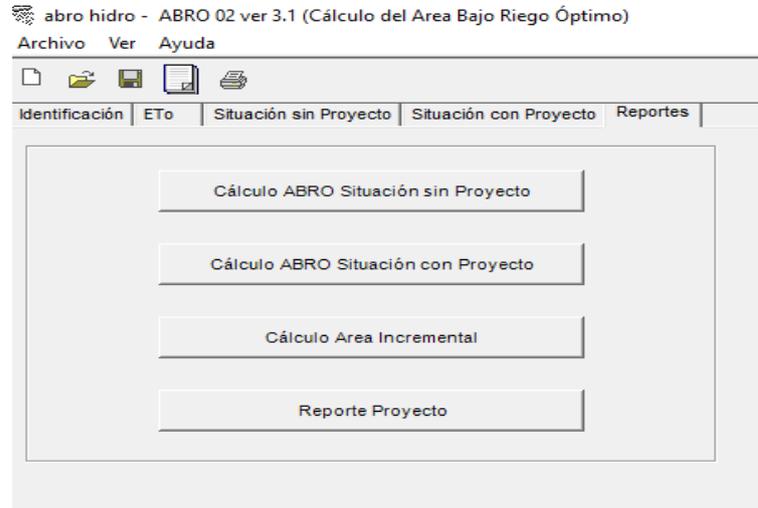
Agregar
Modificar
Eliminar

Oferta/Demanda

Fuente: ABRO

Paso 3. Menú de resultados del programa ABRO(área bajo riego optimo)

Figura 16. Menú de resultados del programa ABRO



Fuente: ABRO

Fuente de agua

El predio dispone de una buena cantidad de agua superficial que sera aprovechada por el proyecto, está constituida por la accion de una canal, con un caudal aforado de 23.57 lt/s proveniente del rio Sola

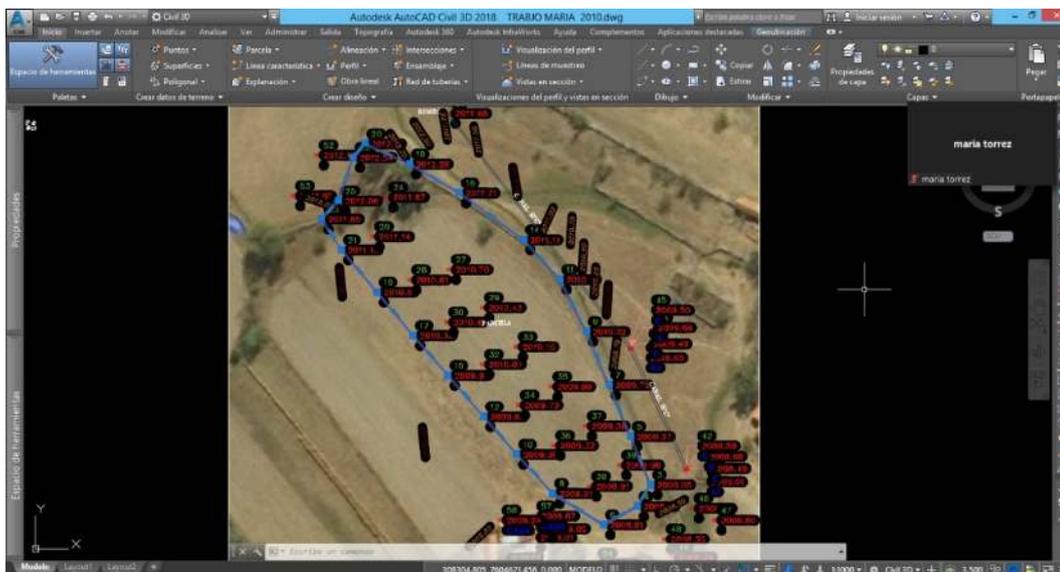
Coordenadas del punto de aforo (UTM - WGS 84		X=	308243,26	Y=	7604558,818	Z=	2008,2
Descripción técnica:							ancho total a
a =	Ancho del espejo de agua [m]						
h1=	Altura o tirante de agua en el sitio (i) [m]						
L=	Largo del canal en prueba [m]						
T=	Tiempo del recorrido entre sección 1 y sección 2 [seg]						
A=	Area (i) del segmento del canal relacionado con h(i) [m]						
V=	Velocidad del agua = L/T [m/seg]						
Q =	Caudal estimado = A * V * C [m3/seg]						
Determinacion Area de la seccion		Control de tiempo		Resultados			
Datos		Areas					
a =	0,4 m	A1=	0,176 m2	T1=	35,00 seg	Area estimada = 0,1760 m2	
h1=	0,40 m	A2=	0,176 m2	T2=	39,00 seg	Tiempo promedio = 37,33 seg	
h2=	0,40 m	A3=	0,176 m2	T3=	38,00 seg	Longitud prueba L= 5,00 m	
				Velocidad media V= 0,13 m/seg			
				Q = A*V*C = m3/seg			
				Caudal estimado Q= 0,0236 m3/seg			
		m2	Tprom=	37,33 seg	Q= 23,57 l/s		

Para extraer el caudal requerido por el sistema de riego se diseñó una bomba de 2 HP

3.4. Levantamiento Topográfico

La topografía del área fue determinada mediante un levantamiento topográfico realizado por la tesista, quien usó una estación total que permitiera definir los linderos del terreno y obtener las curvas de nivel del mismo. Además con la topografía se determinó el eje del canal de riego necesario para nuestro riego tecnificado.

Figura 17. Importación de puntos y delimitación de la parcela mediante el programa Civil 3D



Fuente: Elaboración propia programa CIVIL 3D

3.5. Diseño de las tuberías de goteo

Para este proyecto se decide usar la tubería de goteo de la marca IRRITEC, además por las características presentes en la textura del suelo, el espaciamiento entre emisores que posee esta manguera es el óptimo para garantizar una buena uniformidad en los bulbos de humedecimiento que se presentan al momento de poner a trabajar el sistema.

3.5.1. Diseño de la tubería principal

Para diseñar la tubería principal, se usó el software informático WaterCAD V8i, que permite realizar cálculos de varios parámetros hidráulicos, en este caso específico se utilizó para obtener el dato del diámetro de la tubería principal que se requiere para satisfacer las condiciones del sistema.

3.5.2. Diseño de tubería secundaria y bloques de riego

Para realizar el diseño de la tubería secundaria, se hace uso del método de Hazen-Williams para tubería con salidas, para lo cual se despeja el diámetro como se muestra en la ecuación **WaterCAD V8i**

Primer paso se importa el modelo del sistema de riego a partir de un dibujo dxf del programa civil 3D

Figura 18. Esquematización del sistema de riego por goteo

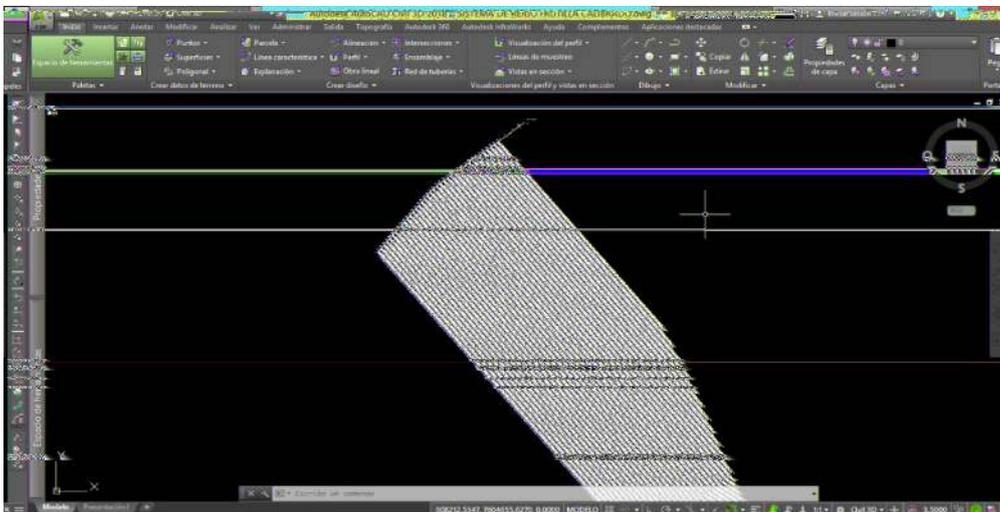
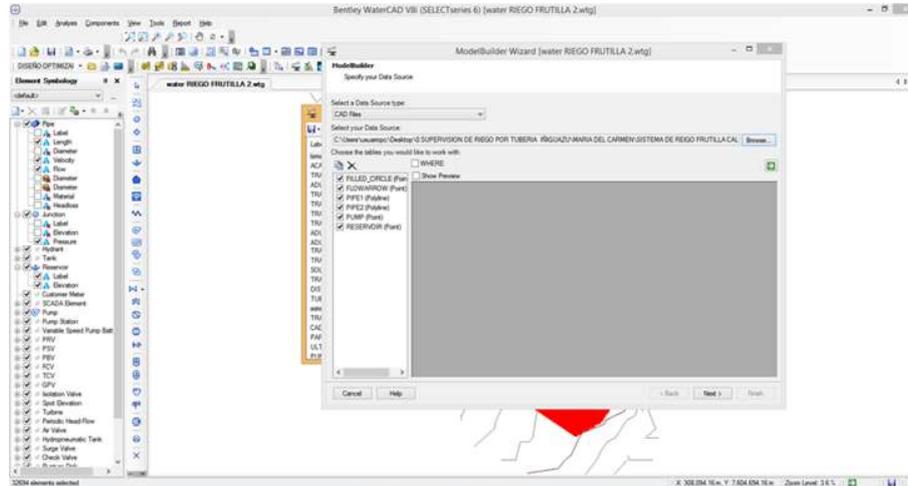


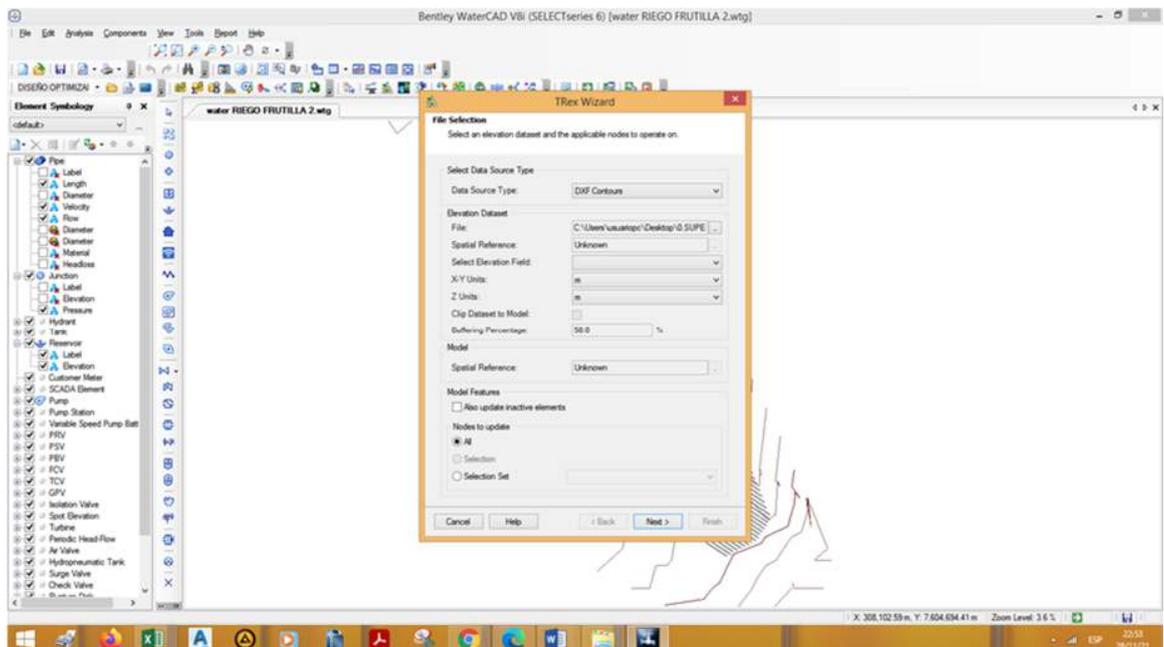
Figura 19. Paso 1



Fuente: Programa WÁTER CAD

Luego se procede a importar la topografía del sistema a través de polilíneas con altura importadas del plano de Civil 3D

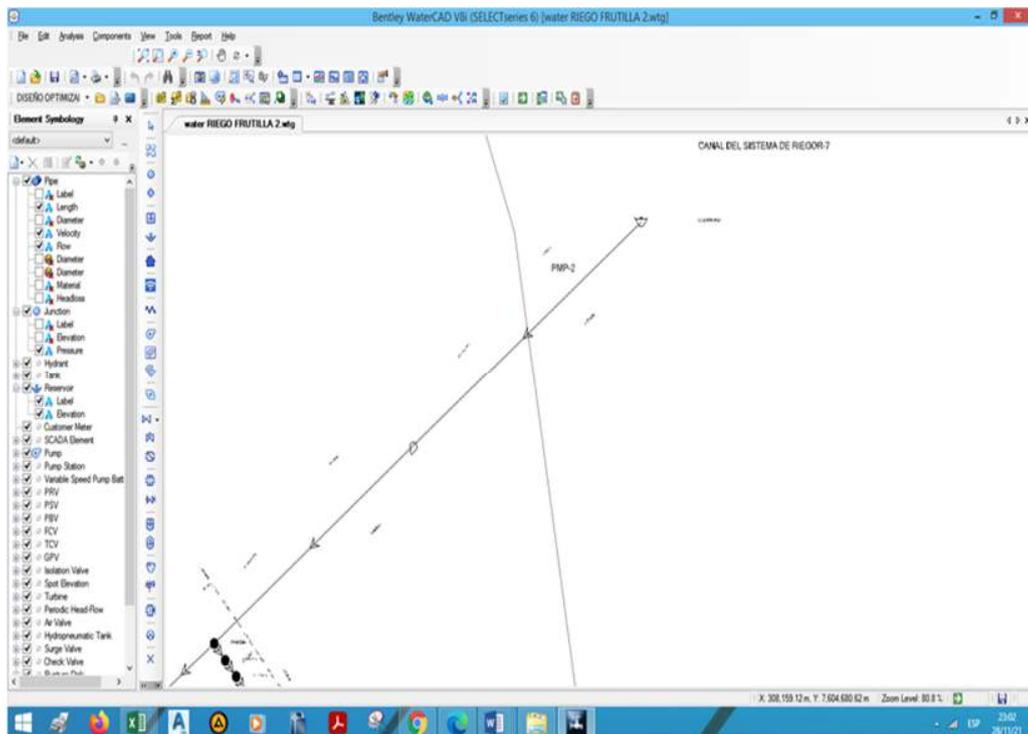
Figura 20. Paso 2



Fuente: Programa WATER CAD

Una vez cargado se tiene dibujado el sistema, se procede al dimensionamiento de tuberías, colocación de la fuente agua, ubicación y calibración de la bomba en el sistema

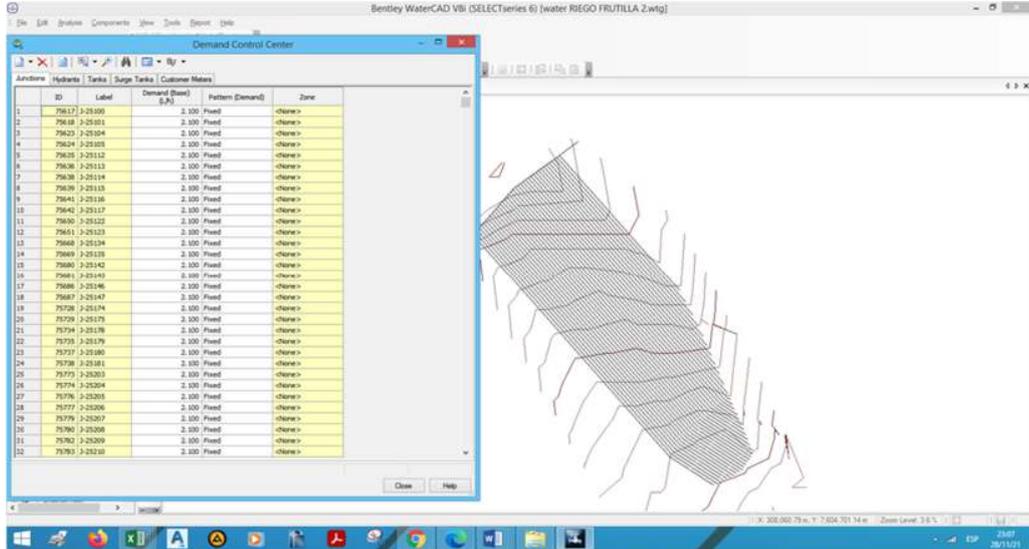
Figura 21.Paso 3



Fuente: Programa WÁTER CAD

Se cargan los nodos de los goteros con el caudal de emisión que en el proyecto según diseño sería de 2.1 Lt/h

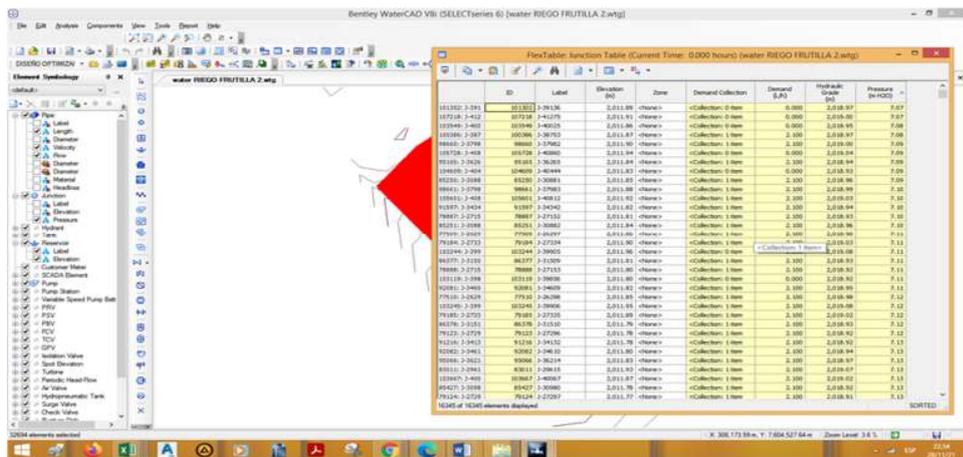
Figura 22.Paso 4



Fuente: Programa WÁTER CAD

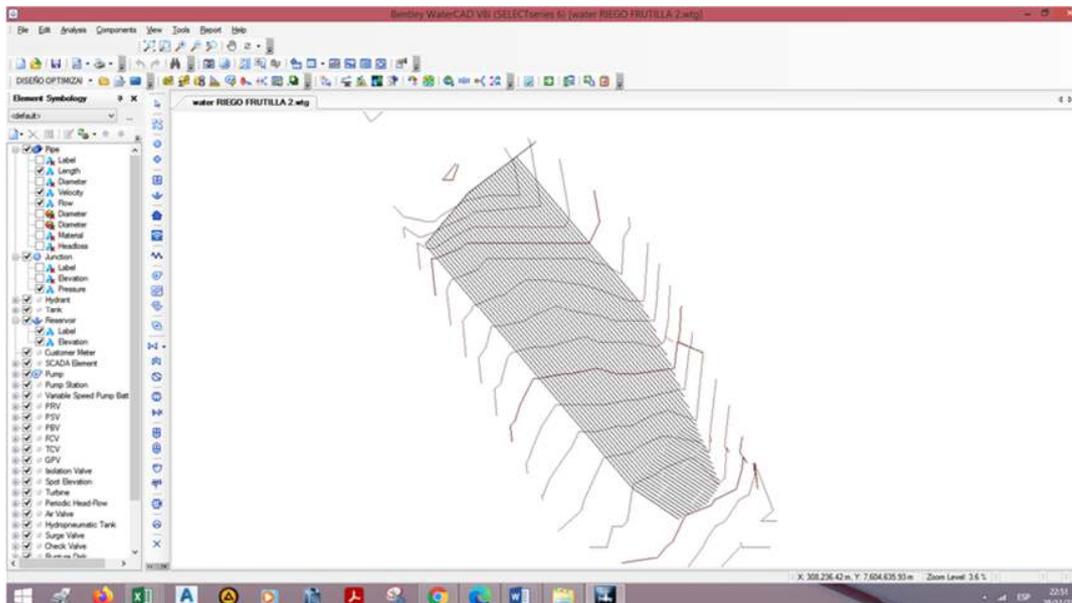
El programa verificara que no haya errores de dibujo ni de caudales, y procederá al cálculo de los parámetros hidráulicos, siendo los más importantes la presión de salida en los goteros, velocidad, perdida de carga(fricción)

Figura 23.Paso5



Fuente: Programa WÁTER CAD

Figura 24.Paso 6



Fuente: Programa WÁTER CAD

3.6. Diseño Hidráulico

Una de las herramientas de más ayuda para todo el proceso de diseño del proyecto fue el CIVIL 3D 2018, ya que en este se dibujó el trazo preliminar de toda la red, lo cual fue la base para realizar los cálculos posteriores de tuberías, cintas de goteo, bomba de agua, y demás componentes del sistema. Mediante el programa **WaterCAD V8i**

3.7. Diseño agronómico

3.7.1.Método de Penman

Este método se utiliza en zonas donde se disponga de datos medidos sobre temperatura, radiación, humedad y viento. Es el más exacto de los que utilizan formulas empíricas para predecir las necesidades hídricas de los cultivos, pero exige cálculos laboriosos. Se aplica la formula siguiente.



CALCULO DE AREA BAJO RIEGO OPTIMO

AREA BAJO RIEGO OPTIMO SITUACION CON PROYECTO (PARTE 2)

	Junio 30	Julio 31	Agosto 31	Septiembre 30	Octubre 31	Noviembre 30	Diciembre 31	Enero 31	Febrero 28	Marzo 31	Abril 30	Mayo 31	ANUAL 365
ETR total (mm)	305.28	325.40	354.44	417.65	332.83	220.31	130.74	217.37	263.25	369.75	368.67	374.22	
Area Total (ha)	1.92	1.92	1.92	2.56	1.92	1.28	0.64	1.28	1.92	2.56	2.56	2.56	
Req. Neto (m3)	1,950.77	2,079.31	2,264.89	2,657.27	1,195.13	335.22	0.00	11.91	0.00	9.09	1,807.56	2,391.29	14,702.43
Req. Riego (mm)	101.76	108.47	118.15	103.96	62.34	26.23	0.00	0.93	0.00	0.36	70.72	93.56	686.47
Caudal Neto (l/s)	0.75	0.78	0.85	1.03	0.45	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.89	
Caudal (l/s/ha)	0.39	0.40	0.44	0.40	0.23	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.35	2.60
DEMANDA													
EFICIENCIA TOTAL = 0.617738	Eficiencia de Captación = 0.95			Eficiencia de Conducción = 0.85			Eficiencia de Distribución = 0.85			Eficiencia de Aplicación = 0.90			
Req. Bruto Total (mm)	164.73	175.59	191.26	168.29	100.92	42.46	0.00	1.51	0.00	0.58	114.48	151.45	1,111.27
DEMANDA TOTAL (l/s)	1.22	1.26	1.37	1.66	0.72	0.21	0.00	0.01	0.00	0.01	1.13	1.45	9.02
DEMANDA TOTAL (m3)	3,157.92	3,366.01	3,666.43	4,301.61	1,934.69	542.66	0.00	19.28	0.00	14.71	2,926.09	3,871.04	23,800.46
Caudal Unitario Bruto (l/s/ha)	0.64	0.66	0.71	0.65	0.38	0.16	0.00	0.01	0.00	0.00	0.44	0.57	4.21
OFERTA													
canal no sola (m3)	45,360.00	48,211.20	49,282.56	49,248.00	58,924.80	59,616.00	62,942.40	57,585.60	54,432.00	56,246.40	48,211.20	46,604.16	636,664.32
Fuente 2 (m3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuente 3 (m3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuente 4 (m3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OFERTA TOTAL (m3)	45,360.00	48,211.20	49,282.56	49,248.00	58,924.80	59,616.00	62,942.40	57,585.60	54,432.00	56,246.40	48,211.20	46,604.16	636,664.32
OFERTA REAL (l/s)	17.50	18.00	18.40	19.00	22.00	23.00	23.50	21.50	22.50	21.00	18.60	17.40	242.40
BALANCE													
BALANCE (l/s)	16.28	16.74	17.03	17.34	21.28	22.79	23.50	21.49	22.50	20.99	17.47	15.95	
Superficie de Riego Máx. (ha)	27.54	27.46	25.77	29.26	58.39	140.40	0.00	3,816.49	0.00	9,773.49	42.11	30.77	
Superficie Adicional (ha)	25.62	25.54	23.85	26.71	56.47	139.12	0.00	3,815.21	0.00	9,770.94	39.56	28.22	
AREA DEFICITARIA (ha)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

3.7.2. Evaporación Potencial

Ev = evaporación potencial (máxima mensual, sin corregir) en mm / día

Ff = factor fotoperíodo (corrección)

$$E_{to} = E_v * F_f$$

Coefficiente del cultivo, Kc

Kc = permite calcular el consumo de agua o evapotranspiración real de un cultivo en particular a partir de la evapotranspiración de referencia

Coefficiente de localización, Kl

Método	Fórmula
Alljiburi	$Kl = 1,34 * A$
Decroix	$Kl = 0,1 + A$
Hoara	$Kl = A + 0,5 * (1 - A)$
Keller	$Kl = A + 0,15 * (1 - A)$

$A = \% \text{ área sombreada} = \text{área sombreada} / \text{área total}$

d = diámetro de la copa de la planta en m

sp = separación entre plantas

se = separación entre hileras

Coefficiente de variación climática, Kcl

Este valor se encuentra entre 1,15 y 1,20. Tomaremos Kcl =

Coefficiente por advección, Kad

Para nuestro caso suponemos un área de riego de 0,01 ha (100 m²) y Kad =

Determinación Pe, Ac, Aa

Pe = aporte de agua por precipitación efectiva

Ac = aporte de agua capilar (nivel freático próximo)

Aa = aporte del agua almacenada (no se considera en riegos de alta frecuencia)

Determinación K

$K = 1 - E_a$

Ea = eficiencia de aplicación

$$K = LR$$

LR = % de agua de lavado

$$LR = C_{ei} / 2C_{ee}$$

C_{ei} = conductividad eléctrica del agua de riego

C_{ee} = conductividad eléctrica del extracto de saturación

Determinación CU

Es el coeficiente de uniformidad, en nuestro caso, CU = 90%

Cálculo de las necesidades totales o lámina neta de riego, Lr

$$Lr = ((E_{to} * K_c * K_l * K_{cl} * K_{ad}) - P_e - A_c - A_a) / ((1 - K) * CU)$$

Caudales requeridos

$$Q = Lr * A / ((24/N) * 3600)$$

Q caudal l/s

Lr Lámina de riego neto

A Área de Parcela

N Número de horas de disponibilidad de agua

3.8. CÁLCULO DE PARÁMETROS AGRONÓMICOS:

Frecuencia de riego máxima

Frecuencia (max) = dosis de riego (max) / lámina de riego

Dosis de riego (max) = lámina de agua aprovechable x % área mojada

Lámina de agua aprovechable = (CC-PMP) * Da * Pr * % Ag

CC = capacidad de campo (% de peso de suelo seco) =

PMP = porcentaje de marchitez permanente =

Da = densidad aparente (g / cm³) =

Pr = profundidad de humedecimiento (cm) =

% Ag = porcentaje de agotamiento =

% área mojada = área mojada por emisor / área total (relación medida a una profundidad de 20 cm). En este caso, tomamos el área equivalente al área de la copa calculada en "necesidades de agua"

Cuadro 4. Características del emisor

Emisor: Irritec - 2.1 lph

P1 16 mm						
Portata nominale / Nominal flow rate Caudal nominal / Débit nominal	E.U. %	Spaziatura / Spacing / Espaciamento / Ecartement (cm)				
		20	30	40	50	60
0,60	90	210	272	326	376	423
	85	260	336	404	465	523
0,80	90	172	223	268	309	346
	85	214	276	332	383	430
1,10	90	140	181	218	251	282
	85	173	224	269	311	349
1,50	90	117	151	181	209	234
	85	144	186	224	258	290
2,10	90	96	124	149	172	193
	85	119	154	185	213	239



Dosis de riego

Ver tabla de cálculo de frecuencia de riego máxima

Tiempo de riego

$TR = \text{dosis de agua para riego (mm / día)} / \text{oferta de agua del sistema (mm / h)}$

$\text{Oferta de agua del sistema} = \text{caudal del gotero (lph)} / \text{área de la planta (m}^2\text{)}$.

Almacenamiento de agua para riego requerido semanalmente

$\text{Almacenamiento (litros)} = \text{N}^\circ \text{ riegos / semana} \times \text{N}^\circ \text{ litros de agua aplicados en cada riego}$

$\text{N}^\circ \text{ riegos / sem} = \text{tiempo diario disponible para riego (h)} * 7 / \text{frecuencia máxima (h)}$.

Nº litros agua aplicados en cada riego = tiempo riego (h) x caudal gotero (lph) x Nº goteros

Caudal del sistema

Q - sistema = Lr (max) * 24 / tiempo de disponibilidad de agua para regar * A, en lph

3.9.COSTOS UNITARIOS Y TOTALES DE LA INVERSIÓN

Se realizó en el programa Excel en el cual tiene cuatro componentes materiales, mano de obra, herramientas, equipo y costos indirectos. En los materiales se determinan los insumos necesarios para la unidad de medida.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis

Los procedimientos descritos en la metodología, permitieron obtener los valores de los parámetros establecidos para poder iniciar con el diseño del proyecto, dichos valores serán ordenados de acuerdo al cumplimiento de los objetivos específicos del presente proyecto los cuales se mencionan en el acápite correspondiente:

- Elaborar el diseño agronómico a través del balance hídrico del cultivo de frutilla.
- Elaborar el diseño hidráulico del sistema de riego por goteo en base al diseño agronómico.
- Determinar los costos de inversión del sistema de riego.

4.1.1. DISEÑO AGRONÓMICO

Para que el sistema de riego propuesto sea sostenible en el tiempo y opere conforme a lo previsto, es necesario considerar que, durante la implementación y puesta en marcha del proyecto, se consideren todos los aspectos que hacen al sistema de riego eficiente.

Algunos de estos aspectos son:

- **TOPOGRAFÍA**

Saque coordenadas norte, este y altura

GPS. La coordenada inicial

- **CIVIL 3D**

Área de parcela 0.639 ha

Curvas de nivel

- **Suelo**

El predio posee una SUPERFICIE total de 0.639 has, tecnificándose el riego en toda el área de la parcela, se efectuó un levantamiento topográfico de la zona a regar, en escala 1: 350 con curvas de nivel cada 10 m. La topografía del terreno es relativamente plana con pequeñas ondulaciones.

El suelo de la zona en estudio está caracterizada por terrenos de texturas medias.

4.1.1.1. Balance hídrico - ABRO

El informe de balance hídrico, arroja las siguientes conclusiones:

- Bajo condiciones actuales sin proyecto en la parcela a implementar el cultivo de frutilla, el área regable es 0.64ha.
- La implementación de la nueva infraestructura de riego, ha sido dirigida a realizar el cambio de tecnología de aplicación del agua y las condiciones de gestión del sistema riego tecnificado, se podrá irrigar 2.56 hectáreas de manera óptima.
- El área de riego incremental ABRO será de 1.92ha; que es la diferencia entre área bajo riego optimo con y sin proyecto.

4.1.1.2. Oferta de agua

Las disponibilidades de agua del proyecto tienen criterio de que la fuente principal de agua existente será un canal de riego del Río Sola.

El caudal máximo de aporte de este canal es de 25,40 l/s, el cual se obtuvo mediante aforo del mismo.

4.1.1.3. Demanda de agua

4.1.1.3.1 Cálculo de la evapotranspiración potencial (ET_o)

El concepto de evapotranspiración (ET) se refiere a la suma de agua evaporada de la superficie del suelo y transpirada por la planta hacia la atmósfera. Según Terrier (1984), la evapotranspiración es la pérdida total de agua de una cubierta vegetal bajo la forma de vapor a través de la evaporación y transpiración durante un intervalo de tiempo dado, siendo para la zona del proyecto 5.11 mm/día en el mes octubre y 3.71 mm/día en el mes de mayo.

De acuerdo a esta información la demanda de agua de los cultivos por día es de 5.11 mm/día (5.11 l/m²) para el mes de octubre y 3.71 mm/día para el mes de mayo (3.71 l/m²).

Cuadro 5. Evapotranspiración en la zona del proyecto

PROYECTO: DISEÑO TÉCNICO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO AP		AREA BAJO RIEGO OPTIMO: 0.64 (ha)	
CULTIVO		Frutilla	TOTAL
AREA REAL (ha)		0.64	0.64
AREA BAJO RIEGO OPTIMO		0.64	0.64

AREA NETA (ha)	0.64
FACTOR DE AREA	1.0000
CAPACIDAD MAXIMA (l/s)	25.40

	Junio 30	Julio 31	Agosto 31	Septiembre 30	Octubre 31	Noviembre 30	Diciembre 31	Enero 31	Febrero 28	Marzo 31	Abril 30	Mayo 31	ANUAL 365
ET (mm/día)	3.77	3.86	4.45	4.94	5.11	5.06	4.96	4.84	4.59	4.23	3.96	3.71	
ET (mm/mes)	113.07	119.63	137.92	148.10	158.49	151.94	153.81	149.91	128.41	131.12	118.93	115.15	1,626.47
Prec. (mm)	1.90	2.20	7.10	15.60	79.80	126.90	197.30	202.40	191.60	165.20	43.60	8.70	1,042.30
Prec. Efec. (mm)	0.00	0.00	0.00	0.45	48.60	83.93	136.73	140.55	132.45	112.65	21.45	0.00	676.80
Kc (Frutilla)	0.00	0.00	0.00	0.50	0.65	0.80	0.85	0.95	0.90	0.87	0.80	0.65	
ETR (mm)	0.00	0.00	0.00	74.05	103.02	121.55	130.74	142.41	115.57	114.07	95.14	74.84	971.41
Req. Riego (mm)	0.00	0.00	0.00	73.60	54.42	37.63	0.00	1.86	0.00	1.42	73.69	74.84	317.47
Req. Neto (m3)	0.00	0.00	0.00	470.31	347.74	240.43	0.00	11.91	0.00	9.09	470.89	478.26	2,028.62

Fuente: Extraído Reporte ABRO

cuadro 6.Evapotranspiración mensual y precipitación

	Junio 30	Julio 31	Agosto 31	Septiembre 30	Octubre 31	Noviembre 30	Diciembre 31	Enero 31	Febrero 28	Marzo 31	Abril 30	Mayo 31	ANUAL 365
ET (mm/día)	3.77	3.86	4.45	4.94	5.11	5.06	4.96	4.84	4.59	4.23	3.96	3.71	
ET (mm/mes)	113.07	119.63	137.92	148.10	158.49	151.94	153.81	149.91	128.41	131.12	118.93	115.15	1,626.47
Prec. (mm)	1.90	2.20	7.10	15.60	79.80	126.90	197.30	202.40	191.60	165.20	43.60	8.70	1,042.30
Prec. Efec. (mm)	0.00	0.00	0.00	0.45	48.60	83.93	136.73	140.55	132.45	112.65	21.45	0.00	676.80
Kc (Frutilla)	0.00	0.00	0.00	0.50	0.65	0.80	0.85	0.95	0.90	0.87	0.80	0.65	
ETR (mm)	0.00	0.00	0.00	74.05	103.02	121.55	130.74	142.41	115.57	114.07	95.14	74.84	971.41
Req. Riego (mm)	0.00	0.00	0.00	73.60	54.42	37.63	0.00	1.86	0.00	1.42	73.69	74.84	317.47
Req. Neto (m3)	0.00	0.00	0.00	470.31	347.74	240.43	0.00	11.91	0.00	9.09	470.89	478.26	2,028.62

Fuente: Extraído del ABRO

Del cuadro anterior, se puede sugerir que la evapotranspiración en todos los meses supera a la cantidad de agua ofertada por la lluvia. Por tanto, es sumamente imprescindible mejorar la disponibilidad de agua para la producción agrícola, mediante la implementación de sistemas de riego para incrementar la oferta de agua para riego.

4.1.1.3.2.Coefficientes de cultivo Kc

Coefficiente de cultivo (kc) y Evapotranspiración real (ETR).

En el siguiente cuadro se muestra los cálculos realizados para la obtención de la Precipitación efectiva, Evapotranspiración Potencial y el Requerimiento de Riego de los cultivos.

Coefficiente Kc y requerimiento de riego de los cultivos en situación con proyecto

	Junio 30	Julio 31	Agosto 31	Septiembre 30	Octubre 31	Noviembre 30	Diciembre 31	Enero 31	Febrero 28	Marzo 31	Abril 30	Mayo 31	ANUAL 365
ET (mm/día)	3.77	3.86	4.45	4.94	5.11	5.06	4.96	4.84	4.59	4.23	3.96	3.71	
ET (mm/mes)	113.07	119.63	137.92	148.10	158.49	151.94	153.81	149.91	128.41	131.12	118.93	115.15	1,626.47
Prec. (mm)	1.90	2.20	7.10	15.60	79.80	126.90	197.30	202.40	191.60	165.20	43.60	8.70	1,042.30
Prec. Efec. (mm)	0.00	0.00	0.00	0.45	48.60	83.93	136.73	140.55	132.45	112.65	21.45	0.00	676.80
Kc (Frutilla)	0.90	0.87	0.80	0.65	0.00	0.00	0.00	0.50	0.65	0.80	0.85	0.95	
ETR (mm)	101.76	104.08	110.33	96.27	0.00	0.00	0.00	74.95	83.47	104.89	101.09	109.39	886.23
Req. Riego (mm)	101.76	104.08	110.33	95.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	79.64	109.39	601.02
Req. Neto (m3)	650.26	665.07	705.02	612.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	508.89	698.99	3,840.50
Kc (Frutilla)	0.95	0.90	0.87	0.80	0.65	0.00	0.00	0.00	0.50	0.65	0.80	0.85	
ETR (mm)	107.41	107.67	119.99	118.48	103.02	0.00	0.00	0.00	64.21	85.23	95.14	97.87	899.02
Req. Riego (mm)	107.41	107.67	119.99	118.03	54.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	73.69	97.87	679.09
Req. Neto (m3)	686.38	688.01	766.71	754.22	347.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	470.89	625.41	4,339.36
Kc (Frutilla)	0.85	0.95	0.90	0.87	0.80	0.65	0.00	0.00	0.00	0.50	0.65	0.80	
ETR (mm)	96.11	113.65	124.12	128.85	126.79	98.76	0.00	0.00	0.00	65.56	77.30	92.12	923.26
Req. Riego (mm)	96.11	113.65	124.12	128.40	78.19	14.83	0.00	0.00	0.00	0.00	55.85	92.12	703.28
Req. Neto (m3)	614.13	726.23	793.15	820.47	499.65	94.80	0.00	0.00	0.00	0.00	356.90	588.63	4,493.95
Kc (Frutilla)	0.00	0.00	0.00	0.50	0.65	0.80	0.85	0.95	0.90	0.87	0.80	0.65	
ETR (mm)	0.00	0.00	0.00	74.05	103.02	121.55	130.74	142.41	115.57	114.07	95.14	74.84	971.41
Req. Riego (mm)	0.00	0.00	0.00	73.60	54.42	37.63	0.00	1.86	0.00	1.42	73.69	74.84	317.47
Req. Neto (m3)	0.00	0.00	0.00	470.31	347.74	240.43	0.00	11.91	0.00	9.09	470.89	478.26	2,028.62

Fuente: Extraído reporte ABRO

4.1.1.3.3. Eficiencias del sistema de riego

El requerimiento total real de agua a nivel parcelario fue estimado tomando en cuenta las siguientes eficiencias:

Eficiencias del sistema de riego en situación sin y con proyecto

Cuadro 7. Eficiencias del sistema de riego en situación sin y con proyecto

Descripción	Sin proyecto		Con proyecto	
	Eficiencia	Descripción	Eficiencia	Descripción
Eficiencia de captación (%):	-	No existe	95%	Obra de toma caseta de bombeo
Eficiencia de conducción (%):	-		85%	Tubería PVC
Eficiencia de distribución (%):	-		95%	Tubería
Eficiencia de aplicación (%):	-		90%	Riego por goteo
Eficiencia del sistema (%):	-		61.77%	Asistencia Técnica

4.1.1.3.4. Área Bajo Riego Óptimo

Se ha calculado el Área Bajo Riego Óptimo utilizando el Software ABRO 3.1 preparada por el PRONAR SENARI, la misma se muestra en la sección de anexos y se ha establecido 2.56 hectáreas de área bajo riego óptimo.

Cuadro 8. Área Bajo Riego Optimo

SIN PROYECTO														
CULTIVO	Frujilla												TOTAL	
AREA REAL (ha)	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64
AREA BAJO RIEGO OPTIMO	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64
CON PROYECTO														
CULTIVO	Frujilla	Frujilla	Frujilla	Frujilla										TOTAL
AREA REAL (ha)	0.64	0.64	0.64	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.56
AREA BAJO RIEGO OPTIMO	0.64	0.64	0.64	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.56
AREA INCREMENTADA (ha)	0.00	0.64	0.64	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.92
MES														
	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May		
SIN PROYECTO	0.00	0.00	0.00	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
CON PROYECTO	1.92	1.92	1.92	2.56	1.92	1.28	0.64	1.28	1.92	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56
AREA INCREMENTADA MES (ha)	1.92	1.92	1.92	1.92	1.28	0.64	0.00	0.64	1.28	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92
INDICE DE INCREMENTO MES	0.00	0.00	0.00	3.00	2.00	1.00	0.00	1.00	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
AREA INCREMENTADA (ha):	1.92													

4.1.1.4. Demanda de agua – requerimiento de riego

De acuerdo a la cédula de cultivos y épocas de siembra, se ha determinado la demanda de agua de los cultivos que se requiere satisfacer mediante la práctica del Riego.

El siguiente cuadro, indica que para el mes de enero existe una demanda de 1,66 l/s para cubrir las necesidades de riego de los cultivos. Por tanto, técnicamente la tubería planteada debiera tener una capacidad de conducción de 1,66 l/s. Cabe aclarar que el requerimiento es para una eficiencia del sistema de riego del 61.77%.

Demanda de agua

	Junio 30	Julio 31	Agosto 31	Septiembre 30	Octubre 31	Noviembre 30	Diciembre 31	Enero 31	Febrero 28	Marzo 31	Abril 30	Mayo 31	ANUAL 365
DEMANDA													
EFICIENCIA TOTAL = 0.617738	Eficiencia de Captación = 0.95			Eficiencia de Conducción = 0.85			Eficiencia de Distribución = 0.85			Eficiencia de Aplicación = 0.90			
Req. Bruto Total (mm)	164.73	175.59	191.26	168.29	100.92	42.46	0.00	1.51	0.00	0.58	114.48	151.45	1,111.27
DEMANDA TOTAL (l/s)	1.22	1.26	1.37	1.66	0.72	0.21	0.00	0.01	0.00	0.01	1.13	1.45	9.02
DEMANDA TOTAL (m3)	3,157.92	3,366.01	3,666.43	4,301.61	1,934.69	542.66	0.00	19.28	0.00	14.71	2,926.09	3,871.04	23,800.46
Caudal Unitario Bruto (l/s/ha)	0.64	0.66	0.71	0.65	0.38	0.16	0.00	0.01	0.00	0.00	0.44	0.57	4.21

Fuente: Extraído reporte ABRO

4.1.1.4.1. ESTIMACIÓN DEL ÁREA INCREMENTAL

El área de riego incremental ABRO será de 1.92 hectáreas. Los resultados obtenidos se pueden observar que: en la situación actual (sin proyecto) se tiene riego 0,64 has y con las obras de caseta de bombeo, se espera regar óptimamente 2.56 has, teniendo finalmente un área incremental de 1.92 ha.

Estimación del área con riego

Cultivo	Total	Porcentaje
	(ha)	(%)
Frutilla	2.56	100
TOTAL	2.56	100.00

Fuente: Resultado del ABRO

El sistema de riego permitirá diversificar la producción agrícola y coadyuvará a obtener una eficiente cosecha de frutilla a lo largo del año.

4.2. Diseño Agronómico – Riego por goteo

A.DISEÑO AGRONÓMICO:

La cédula de cultivos propuesta plantea la siembra de frutilla, con el objetivo de asegurar la producción y obtener la producción para una mejor oportunidad de precios en el mercado. Por lo tanto, la cédula de cultivos, necesidad de agua, coeficientes de cultivo fueron determinados de la siguiente forma:

1. NECESIDADES DE AGUA:		
a. Evapotranspiración potencial, Eto		
Ev = evaporación potencial (máxima mensual, sin corregir) en mm / día		
Ff = factor fotoperíodo (corrección)		
Cálculo	Ev	Ff
Eto = Ev * Ff	5.00	1.08
Eto (mm / día)	5.40	-
b. Coeficiente del cultivo, Kc		
Expresa la relación entre Etc y Eto		
Fase	frutilla	
	Duración	Kc
	(días)	
Inicio	20	0.70
Desarrollo	30	1.00
Media	15	1.05
Final	10	0.95
Total	75	-
Inicio:	siembra en semillero - germinación - formación de 3 a 4 hojas verdaderas - transplante (15 - 20 días)	
Desarrollo:	transplante - formación de hojas (25 a 30 ddt)	
Media:	formación de hojas - inicio de formación de cabeza (45 - 50 ddt)	
Final:	inicio de cosecha (55 - 60 ddt) - final cosecha	

c. Coeficiente de localización, KI

Corrige la ET, disminuyéndola

Método	Fórmula
Alljiburi	$KI = 1,34 * A$
Decroix	$KI = 0,1 + A$
Hoara	$KI = A + 0,5 * (1 - A)$
Keller	$KI = A + 0,15 * (1 - A)$
KI =	promedio

A = % área sombreada = área sombreada / área total
 área sombreada = $\pi * d^2 / 4$
 área total = $sp * se$
 d = diámetro de la copa de la planta en m
 sp = separación entre plantas
 se = separación entre hileras

Cálculo A			
Fase	frutilla		
	d (m)	a.s. (m)	A
Inicio	0.05	0.00	0.50%
Desarrollo	0.15	0.02	4.53%
Media	0.22	0.04	9.75%
Final	0.30	0.07	18.12%

Área total (m ²)	
fresa	0.39

Cálculo KI			
	Frutilla		Frutilla
Inicio	0.19	Media	0.28
Alljiburi	0.01	Alljiburi	0.13
Decroix	0.11	Decroix	0.20
Hoara	0.50	Hoara	0.55
Keller	0.15	Keller	0.23
	Frutilla	Final	Frutilla
Desarrollo	0.23	Final	0.35
Alljiburi	0.06	Alljiburi	0.24
Decroix	0.15	Decroix	0.28
Hoara	0.52	Hoara	0.59
Keller	0.19	Keller	0.30

d. Coeficiente de variación climática, Kcl

Este valor se encuentra entre 1,15 y 1,20. Tomaremos Kcl = **1.20**

e. Coeficiente por advección, Kad

Para nuestro caso suponemos un área de riego de 0,01 ha (100 m²) y Kad = **1.30**

f. Determinación Pe, Ac, Aa

Pe = aporte de agua por precipitación efectiva

Ac = aporte de agua capilar (nivel freático próximo)

Aa = aporte del agua almacenada (no se considera en riegos de alta frecuencia)

Para nuestro caso no tenemos aportes de agua provenientes de precipitación, capilaridad ni por almacenamiento. Por tanto,

2.61

30.0956

	mm / día
Pc =	0.00
Ac =	0.00
Aa =	0.00

g. Determinación K					
Este coeficiente depende de la eficiencia de la aplicación o de la cantidad de agua de lavado, tomando el mayor valor					
$K = 1 - E_a$	$E_a =$ eficiencia de aplicación				
$K = LR$	$LR =$ % de agua de lavado				
$LR = C_{ei} / 2C_{ee}$	$C_{ei} =$ conductividad eléctrica del agua de riego $C_{ee} =$ conductividad eléctrica del extracto de saturación				
Cálculo	Ea (%)	En nuestro caso, $E_a =$	90.00%		
$K = 1 - E_a$	0.90				
K	0.10				
h. Determinación CU					
Es el coeficiente de uniformidad, en nuestro caso, $CU =$		90.00%	(valor de diseño)		
i. Cálculo de las necesidades totales o lámina neta de riego, Lr					
$Lr = ((E_{to} * K_c * K_i * K_{cl} * K_{ad}) - P_e - A_c - A_a) / ((1 - K) * CU)$					
Cálculo Lr (mm / día)					
Fase	frutilla				
Inicio	1.40				
Desarrollo	2.38				
Media	3.03				
Final	3.50				
j. Caudales requeridos					
Cálculo caudales (Lt/seg)					
Fase	frutilla				
Inicio	2.48				
Desarrollo	4.23				
Media	5.38				
Final	6.22				
Para el diseño se obtuvo un módulo, en l / m^2 por día, como se muestra en el cuadro del cálculo de Lr (mm / día), para cada fase					
Si se tiene el siguiente valor de número de horas de disponibilidad de agua para riego =		24			
horas, entonces resulta el cuadro anterior para la parcela descrito abajo:					
AREA DE PARCELA	6390.00 m ²	0.639 HAS	6390 M2		
	14.00				
	5.00				
Sep. entre plantas (doble surco en tresbolillo), en m =	0.30				
Sep. entre hileras doble surco, en m =	1.30				
Ancho de calle, en m =	0.50				
Datos extraídos del plano de la parcela en autocad					
Nº de plantas de frutilla en la parcela =	14712 plantas				

Cultivo

Información de un sistema de riego por goteo

Consumo de agua por día de la planta	6.22 L
La cantidad de plantas a sembrar	14712
Cantidad de riego por goteo	1
Tiempo promedio del riego (minutos)	2hr
Condiciones de método de cultivo	goteo
Distancia entre planta	0.3 m
Distancia entre hileras	1.30m
planta	frutilla
Material de la tubería	PVC.
clima	templado

E.T.C= 3.5 mm/día

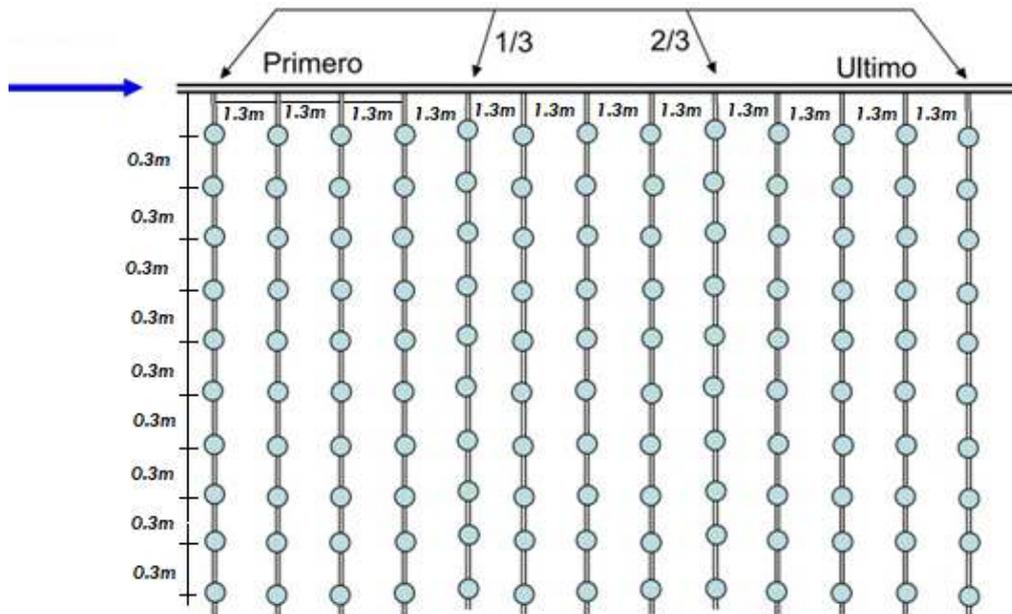
Demanda neta del cultivo =3.15 L/día

Demanda bruta del cultivo =3.89 L/día

Tiempo de riego diario del cultivo =1.67 Hrs

- Aplicando la ecuación el tiempo de regado nos dio como resultado 1.67Hrs.
- El tiempo de riego diario se redondea a 2 horas por día para q la planta tenga un poco de humedad más de la que necesita y los rayos del sol no afectan al momento del calentamiento del suelo.

Esquema hidráulico Sistema por goteo



4.3. DISEÑO HIDRÁULICO

4.3.1. WÁTER CAD V8i

A través de la modelación se determinó:

- ❖ La potencia de la bomba.
 - ✓ La bomba que requiere el sistema es de 2hp
- ❖ La demanda en cada gotero es de 2.1Lt /seg

La demanda total de los goteros o emisores es de 9.5Lt /seg

Después se analiza las tuberías, verificando que cumplan con las características de presión y velocidad, etc.

- Diámetro tubería principal

- Diámetro de las mangueras

Punto más alto del sistema es 2011.89 msnm.

4.3.2. Diseño de la red hidráulica: Para calcular el diseño de matrices y submatrices se utilizó la ecuación de pérdidas de carga de Hazen y Williams, descritas en la metodología considerando un coeficiente C de 150 y calculando los laterales en función de sus características técnicas, procurando mantener un coeficiente de uniformidad del 90% aproximadamente.

La red hidráulica está compuesta por primaria y terciarias que alimentan los laterales de riego. Considerando las presiones y caudales de trabajo que deberá soportar la red, se seleccionaron tuberías con diámetros entre 50 mm y 25 mm, instaladas a 80 cm de profundidad promedio, de tal manera de evitar cualquier destrozado por peso de maquinaria o trabajo de equipos durante la preparación del suelo. La tubería principal es de PVC, con 57.61 metros de longitud y un diámetro nominal de 50 mm, de clase 6. Los laterales de riego son de diámetro 25 mm constituyendo una longitud de 4892.32m.

	Diameter (in)	Length (PVC) (m)	Length (All Materials) (m)	Volume (ML)
1.0 (in)	1.0	4,892.32	4,892.32	0.00
2.0 (in)	2.0	57.61	57.61	0.00
All Diameters	All Diameters	4,949.93	4,949.93	0.00

Tabla de descripción de los resultados obtenidos por el programa Water CAD

Descripción	Longitud de separación (m)	Diametro (plg)	Material	CoficienteHazen-Williams C	Flow (L/h)	Velocidad (m/s)	Perdida de gradiente de carga (m/m)
Primaria	1,3	2	PVC	140	33.723,91	4,62	0,399
Primaria	1,3	2	PVC	140	32.566,81	4,46	0,374
Primaria	1,3	2	PVC	140	31.934,70	4,38	0,36
Terciarias	0,3	1	PVC	140	1.031,10	0,57	0,018
Terciarias	0,3	1	PVC	140	1.029,00	0,56	0,018
Terciarias	0,3	1	PVC	140	1.029,00	0,56	0,018
Terciarias	0,3	1	PVC	140	1.029,00	0,56	0,018
Terciarias	0,3	1	PVC	140	1.029,00	0,56	0,018
Terciarias	0,3	1	PVC	140	1.026,90	0,56	0,018
Terciarias	0,3	1	PVC	140	1.026,90	0,56	0,018
Terciarias	0,3	1	PVC	140	1.026,90	0,56	0,018
Terciarias	0,3	1	PVC	140	1.026,90	0,56	0,018

4.3.3. Altura manométrica

En anexos, presenta el cálculo de la altura manométrica, para los sectores de riego, individualizando el sector más crítico. Para el dimensionamiento de la bomba se trabajó con el punto más desfavorable, entendiéndose por este, el punto que requiere mayor energía para superar las pérdidas de fricción, singulares y topográficas de manera tal que se proporcione el caudal requerido a la presión necesaria para el emisor.

4.3.4. Centro de Control

El centro de control corresponde físicamente a una caseta de riego ubicada en el lugar señalado en el plano (anexo). En dicho punto operará el sistema de bombeo y los restantes elementos que conforman el cabezal.

4.3.5. Sistema de Impulsión: El equipo considerado está formado por una bomba centrífuga unicelular, de flujo radial, eje horizontal, carcasa tipo voluta espiral simple de aspiración axial y descarga vertical hacia arriba. Esta serie monoblock marca Vogt, modelo H620 con impulsor de 180 mm de diámetro está acoplada a un motor eléctrico con potencia de 2 HP, V, 2900 rpm. Dicha bomba fue calculada para satisfacer un punto de trabajo.

4.3.6. Inyector de fertilizantes: La inyección de solución del fertilizante, biocida o ácido, se realizará a través de conexiones instaladas antes del filtro de anillas. Mediante un inyector venturi marca Mazzei (USA).

4.4. COSTOS DE INVERSIÓN

4.4.1. Precios unitarios

Para el análisis de precios unitarios, estos han sido elaborados previa verificación de costos tanto de materiales locales y no locales, como así también mano de obra y equipos necesarios, adecuando al formato de las Normas necesarias.

Estos costos se han realizado para cada ítem considerado, Ver el detalle en el anexo correspondiente.

4.4.2. Inversión

Luego del diseño de obras, conociendo dimensiones y tipo de material propuesto, se ha determinado la cantidad de obra que se debe realizar en unidades como pza, ml, glb,

m3, y m2, esto para cada actividad. Además, utilizando los precios unitarios, determinamos el costo de inversión que es el siguiente:

PRESUPUESTO GENERAL

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Prec.Unit.	Prec. Total
> TOMA, RED DE DISTRIBUCION MICRORIEGO					6.230,58
1	PROVISION E INST. BOMBA 2HP	Glb	1	3591,48	3.591,48
2	CASETA DE BOMBEO	Glb	1	20551,55	20.551,55
3	REPLANTEO Y CONTROL DE TUBERIAS	m	56,42	4,65	262,21
4	EXCAVACION DE 0-2 M SUELO SEMIDURO	m ²	5,08	58,47	296,89
5	CAMA DE TIERRA CERNIDA	m ³	2,03	52,14	105,91
6	PROV. Y TEND. TUBERIA PVC-CLASE 9 (E-C) D= 2 PLG	m	56,42	17,61	993,48
7	RELLENO Y COMPACTADO CON TIERRA CERNIDA S/MATERIAL	m ³	5,08	61,74	313,50
8	PROV. E INST. CABEZAL DE RIEGO POR GOTEO 2"	pza	1,00	2936,36	2.936,36
9	CASETA DE PROTECCION DE CABEZAL DE RIEGO	pza	1,00	1.322,23	1.322,23
10	PROVISION E INSTALACION DE CINTA DE GOTEO 1"	m	4946,10	12,86	63606,85
Total presupuesto:					93.980,45

Costos de inversión para el sistema de riego por goteo es 93.980,45 bs

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- A través del estudio se logró establecer los diferentes parámetros agronómicos e hidráulicos del diseño, cumpliendo con los requerimientos de satisfacer de agua de riego, la superficie del cultivo, a una frecuencia diaria.
- Se concluye que con el diseño e instalación de un sistema de riego por goteo justo a la medida de las necesidades que tenemos, se reduce el consumo de agua por planta; también se reduce el consumo de energía, la contaminación del suelo, tiempo del operario y el ahorro de agua ya que en la actualidad este líquido es de vital importancia para el ser humano.
- Los programas computacionales utilizados permiten obtener un modelo confiable del comportamiento hidráulico del sistema diseñado.
- La reducción de costos se logra gracias a la implementación de nuevas tecnologías en este caso la del sistema de riego por goteo que logro el ahorro de energía así como el ahorro en la mano de obra humana ya que no es necesario que este se esté manejando constantemente por seres humanos.
- Un beneficio importante fue la reducción del gasto de agua, esto debido a que el sistema arroja solamente la cantidad de agua que la planta necesita para poder vivir y desarrollarse a la perfección, sin tener desperdicios al regar de manera tradicional.

5.2. Recomendaciones

- El sistema se tiene que estar monitoreando periódicamente para su correcto funcionamiento ya que es un sistema de riego por goteo y puede tener errores de funcionamiento debido a los bajones de electricidad o a que los goteros se tapen y no arrojen el gasto necesario que deben de arrojar.
- Una vez finalizado el ciclo del sistema de riego, buscar la manera de desechar correctamente la tubería de goteo para reducir el impacto ambiental que este desecho pueda originar.