



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGROPECUARIA**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

“DISEÑO DE MÓDULO TIPO DE RIEGO POR GOTEO PARA
CULTIVOS HORTÍCOLAS EN SAN VICENTE DE LOJA,
CANTÓN SANTA ELENA”

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

PARDO RÍOS GEORGI XAVIER

LA LIBERTAD – ECUADOR

2011

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Antonio Mora Alcívar, MSc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Andrés Drouet Candell
DIRECTOR DE ESCUELA

Ing. Ángel León Mejía
PROFESOR TUTOR

Ing. Néstor Orrala Borbor, MSc.
PROFESOR DE ÁREA

Ab. Milton Zambrano Coronado, MSc.
SECRETARIO GENERAL - PROCURADOR

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por proveerme de vida, salud, bienestar y capacidad para culminar una etapa más de mi vida y no dejarme caer en las situaciones adversas.

A mis padres, por el apoyo moral y el esfuerzo económico, así como la confianza depositada en mí.

El más sincero agradecimiento a cada uno de los docentes, que con buena voluntad transmiten sus conocimientos, fortaleciendo mi desarrollo profesional.

En especial al profesor tutor Ing. Ángel León Mejía, por su permanente guía y ayuda oportuna en el desarrollo de la tesis.

A todas aquellas personas que de una u otra manera participaron con su ayuda en el desarrollo de este trabajo.

Georgi X. Pardo Ríos

DEDICATORIA

Con mucho cariño dedico este trabajo de manera especial a mis padres Maura Ríos y Georgi Pardo, pilares fundamentales de mi educación, que con ardua labor desempeñada cada día son quienes con su apoyo incondicional han hecho posible que pueda salir adelante.

A mis familiares, amigos y compañeros, por estar presentes en los buenos y malos momentos brindándome su apoyo y confianza; han sido una fortaleza para superar inconvenientes y alcanzar mis metas.

Georgi X. Pardo Ríos

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1 Consideraciones básicas sobre la relación suelo-agua-planta	4
2.1.1 Propiedades hídricas de los suelos	4
2.1.1.1 Textura.....	4
2.1.1.2 Estructura.....	6
2.1.1.3 Densidad aparente	6
2.1.1.4 Infiltración	6
2.1.1.5 Capacidad de campo	7
2.1.1.6 Punto de marchitez permanente	7
2.1.1.7 Agua disponible	7
2.2 Consideraciones básicas sobre la relación clima- planta	8
2.2.1 Evaporación	8
2.2.2 Transpiración	8
2.2.3 Evapotranspiración	9
2.2.3.1 Evapotranspiración potencial (ET _o)	9
2.2.3.2 Evapotranspiración de cultivo (E _c)	9
2.2.4 Coeficiente de cultivo (K _c)	10
2.3 Calidad de agua de riego	10

2.4 Levantamiento topográfico	16
2.5 Riego por goteo	17
2.5.1 Ventajas y desventajas del riego por goteo	18
2.5.1.1 Ventajas	18
2.5.1.2 Desventajas	19
2.5.2 Componentes del sistema de riego por goteo	20
2.5.2.1 Cabezal de control de riego	20
2.5.2.2 Tuberías de distribución	22
2.5.2.3 Cabezales de campo	23
2.5.2.4 Emisores	24
2.6 Diseño agronómico	24
2.6.1 Necesidades de agua	24
2.6.1.1 Cálculo de la evapotranspiración potencial (ET _o)	24
2.6.1.2 Cálculo de la evapotranspiración de cultivo (E _c)	25
2.6.1.3 Efecto de localización (K _L)	25
2.6.1.4 Correcciones por condiciones locales	28
2.6.1.5 Necesidades netas (N _n)	29
2.6.1.6 Necesidades totales (N _t)	30
2.6.2 Dosis, frecuencia, tiempo de riego y número de emisores	32
2.6.2.1 Número de emisores por planta	33
2.6.2.2 Dosis, intervalo entre riegos y duración del riego	34
2.6.2.3 Disposición de los emisores	37
2.6.2.4 Sector de riego	38
2.7 Diseño hidráulico	38
2.7.1 Velocidades recomendables	38
2.7.2 Pérdida de carga hidráulica	40
2.7.3 Presión necesaria del grupo de bombeo	41
2.8 Análisis económico	42
2.9 Cultivos	43
2.9.1 Sandía (<i>Citrullus lanatus</i> .)	43
2.9.1.1 Riego	43

2.9.2 Melón (<i>Cucumis melo</i> L.)	44
2.9.2.1 Riego	44
2.9.3 Pimiento (<i>Capsicum annuum</i> .)	45
2.9.3.1 Riego	45
2.9.4 Maíz (<i>Zea mays</i> .)	45
2.9.4.1 Riego	45

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación y descripción del proyecto	47
3.2 Características agronómicas del suelo y agua	47
3.3 Condiciones climáticas	51
3.4 Materiales	51
3.4.1 Equipo de campo	51
3.4.1 Equipo de oficina	52
3.5 Levantamiento topográfico	52
3.6 Diseño del sistema de riego	53
3.6.1 Diseño agronómico	53
3.6.1.1 Cálculo de la evapotranspiración potencial (ET _o)	53
3.6.1.2 Pimiento (<i>Capsicum annuum</i> .)	54
3.6.1.3 Maíz (<i>Zea mays</i> .)	59
3.6.1.4 Sandía (<i>Citrullus lanatus</i> .) y melón (<i>Cucumis melo</i> L.).....	65
3.6.1.5 Resumen del diseño agronómico	70
3.6.2 Diseño hidráulico y grafico.....	71
3.6.2.1 Determinación de tubería terciaria.....	71
3.6.2.2 Determinación de tubería secundaria.....	73
3.6.2.3 Determinación de tubería primaria.....	75
3.6.2.4 Determinación pérdida de carga en tubería accesorios.....	76
3.6.2.5 Calculo requerido de bombeo	78
3.6.2.6 Cálculo de la bomba.....	79
3.6.2.7 Diseño gráfico	80
3.7 Análisis económico del sistema de riego	80

3.7.1 Costo del sistema de riego.....	80
3.7.2 Vida útil.....	83
3.7.3 Depreciación.....	83
3.7.4 Costo de producción de los cultivos.....	84
3.7.5 Flujo de caja.....	85
3.7.6 Evaluación financiera.....	87

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Clasificación USDA de los suelos según su textura.....	5
Cuadro 2. Directrices para la interpretación de la calidad del agua para riego	14
Cuadro 3. Error admisible de agua	16
Cuadro 4. Necesidad de utilización de filtros según elementos presentes en el agua de riego.....	21
Cuadro 5. Coeficientes Kp para estimar la evapotranspiración potencial a partir de mediciones en el evaporímetro clase A	26
Cuadro 6. Valores de Ea en climas áridos	31
Cuadro 7. Valores de Ea en climas húmedos	31
Cuadro 8. Valores de CU recomendables en riego localizado	32
Cuadro 9. Aproximación del diámetro mojado y espaciamiento con emisores de 2 y 4 litros/hora según el tipo de suelo para tiempos de riego de unas 3 h (Keller).....	35
Cuadro 10. Diámetro mojado por un emisor de 4 litros/hora (Keller).....	35
Cuadro 11. Constantes para las ecuaciones de pérdidas de carga en tuberías de PVC	40
Cuadro 12. Pérdida de carga producida por elementos del cabezal de riego	41
Cuadro 13. Valores de Kc sandía	44
Cuadro 14. Valores de Kc melón	44
Cuadro 15. Valores de Kc pimiento	45
Cuadro 16. Valores de Kc maíz	46

Cuadro17.	Registro histórico del periodo 1991 - 1996.....	51
Cuadro18.	Características técnicas del emisor	57
Cuadro19.	Resumen del diseño agronómico	71
Cuadro20.	Resumen de pérdidas de carga de tuberías.....	76
Cuadro21.	Características del filtro de anillo 3” XD	77
Cuadro22.	Características del filtro de malla 3”.....	77
Cuadro23.	Carga dinámica total del sistema de riego.....	78
Cuadro 24.	Costos de implementación del sistema de riego. Dólares.....	82
Cuadro 25.	Depreciación del sistema de riego. Dólares	83
Cuadro 26.	Ingresos estimados en 5 ha de cultivo/año. Dólares	84
Cuadro 27.	Costos operacionales anuales cultivo ciclo corto. Dólares.....	85
Cuadro 28.	Flujo de caja. Dólares	86
Cuadro 29.	Servicio de la deuda. Dólares	87
Cuadro 30.	Evaluación financiera. Dólares	87

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Triángulo de Lyon para la determinación de la textura del suelo...	5
Figura 2. Diagrama para la clasificación de las aguas de riego (RICHARDS L.A. et al. (1.954): "Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils - USDA Hndbook n°60).....	13
Figura 3. Variación del factor de corrección por advención.....	29
Figura 4. Solape	37
Figura 5. Diseño de riego por goteo	81

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Los cambios climáticos que se vienen produciendo en los últimos tiempos, está ocasionando en forma cada vez más frecuente ciclos de sequía, que provocan problemas a la población humana, que día a día demanda mayores cantidades de agua para uso doméstico, la industria y la agricultura, actividad que presenta el mayor nivel de consumo comparativo entre las anteriores. Según la FAO 1993, a nivel mundial, la agricultura absorbe alrededor del 70 % de la extracción total de agua. El restante 30 % corresponde al uso doméstico e industrial.

El rápido crecimiento de la población mundial, ha hecho que el empleo eficiente del agua de riego sea de importancia vital, particularmente en los países más pobres donde el mayor potencial para aumentar la producción alimentaria y los ingresos rurales se encuentra frecuentemente en las zonas de riego.

Según el INSTITUTO NACIONAL DE RIEGO INAR (2010, en línea), la eficiencia del manejo del agua de riego es muy baja en el Ecuador, esto debido al poco o escaso mantenimiento de la infraestructura, la mala operación del sistema y la poca eficacia en la aplicación del agua de riego en los cultivos.

Por otro lado, en todas las épocas del año es indispensable regar las plantas. El tipo de agua de riego, la frecuencia y el horario en que se realice, incidirá directamente en el crecimiento del vegetal, la floración, la calidad de los frutos y por ende en el rendimiento.

Bajo este contexto, el riego por goteo es una alternativa de optimización del recurso hídrico, debido a su eficiencia del 90 %; este es un método de irrigación muy utilizado en las zonas muy áridas, por cuanto reduce al mínimo la utilización del agua y de los abonos. El agua se introduce de forma lenta hacia las raíces de

las distintas plantas, ya sea mojando las superficies del suelo o irrigando directamente las zonas de influencia de las raíces.

Según análisis efectuados por la FAO 2000, respecto del uso del agua, en 93 países en desarrollo está disminuyendo el ritmo de aumento del consumo de agua. Para el año 2030, los países en desarrollo podrán aumentar considerablemente su producción, incrementando alrededor de 33 % los cultivos de regadío, pero utilizando tan solo 12 % más de agua. Esto indica que la eficiencia del riego está mejorando en las regiones áridas del mundo en desarrollo, y continuará mejorando, debido en parte a que en estas regiones las limitaciones de agua les obligará a ser más eficientes.

En algunos sectores de la península de Santa Elena, el agua de riego es salina o con una mediana salinidad, con baja peligrosidad sódica; lo que permite su uso para riego, pero con ciertas limitaciones para determinados tipos de cultivos.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En el Ecuador la baja calidad de los productos agrícolas y bajos rendimientos se deben, en parte, a que durante el proceso de producción se realiza una mala utilización y aplicación de las tecnologías en riego.

En la península de Santa Elena uno de los principales problemas para los pequeños y medianos productores es la falta de un sistema de riego adecuado en sus fincas. Los productores que no cuentan con riego tienen que sembrar de acuerdo a los ciclos climáticos que traen como resultado productos de baja calidad, poco rendimiento y una sola cosecha al año. A su vez, éstos no pueden calendarizar ni diversificar su producción.

Hoy en día los agricultores son conscientes del déficit hídrico que azota a la península, por tal motivo están dispuestos a adoptar tecnologías de riego

eficientes, como el riego por goteo que supone un alto grado de eficiencia; este sistema permite minimizar las pérdidas por infiltración profunda y, lo más importante, reducir el escurrimiento superficial. Así, el agua aplicada es solamente la que el cultivo requiere para su crecimiento y producción.

El diseño de un módulo tipo de riego por goteo para cultivos hortícolas, propuesto para el predio agrícola de la finca “Las Mercedes”, ubicada en el recinto San Vicente de Loja, a 5 km de Olón, parroquia Manglaralto, cantón Santa Elena, servirá como modelo para incentivar la aplicación de riego tecnificado en el sector y optimizar los recursos hídrico y humano. Los mejores rendimientos, la mejor calidad de los productos y, por ende, las mejores utilidades, contribuirán al mejoramiento de la calidad de vida de los pequeños y medianos productores.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un módulo tipo de riego por goteo para cultivos hortícolas en San Vicente de Loja, cantón Santa Elena.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular las necesidades hídricas para los cultivos de sandía, melón, pimiento y maíz en las condiciones climáticas de San Vicente de Loja, cantón Santa Elena.
- Determinar los costos de la implementación del sistema de riego por goteo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CONSIDERACIONES BÁSICAS SOBRE LA RELACIÓN SUELO-AGUA-PLANTA

GOYAL MR. (2007) manifiesta que el conocimiento de la relación de suelo – agua - planta es esencial para la producción agrícola bajo riego. Cada cultivo tiene requisitos de agua particulares y cada suelo tiene sus propiedades que afectan en una forma u otra el suministro de agua a las plantas. La cantidad de agua en el suelo a un tiempo dado es un valor sumamente dinámico, ya que es el resultado neto de la cantidad recibida - ya sea por lluvia o por riego – menos las pérdidas por evaporación, transpiración o infiltración profunda. La disponibilidad de esta agua para las plantas depende a su vez del sistema de raíces presente y de propiedades hidráulicas del suelo tales como porosidad, conductividad hidráulica y capacidad de retención de agua.

2.1.1 PROPIEDADES HÍDRICAS DE LOS SUELOS

2.1.1.1 Textura

HOGARES JUVENILES CAMPESINOS (2010) señala que el tipo de partícula que predomina en el suelo determina su textura; cada una con una composición y tamaño distinto, le da al suelo también características particulares. La textura se determina por la cantidad de partículas de 2 mm hasta 0,002 mm que incluyen la arena, el limo y la arcilla.

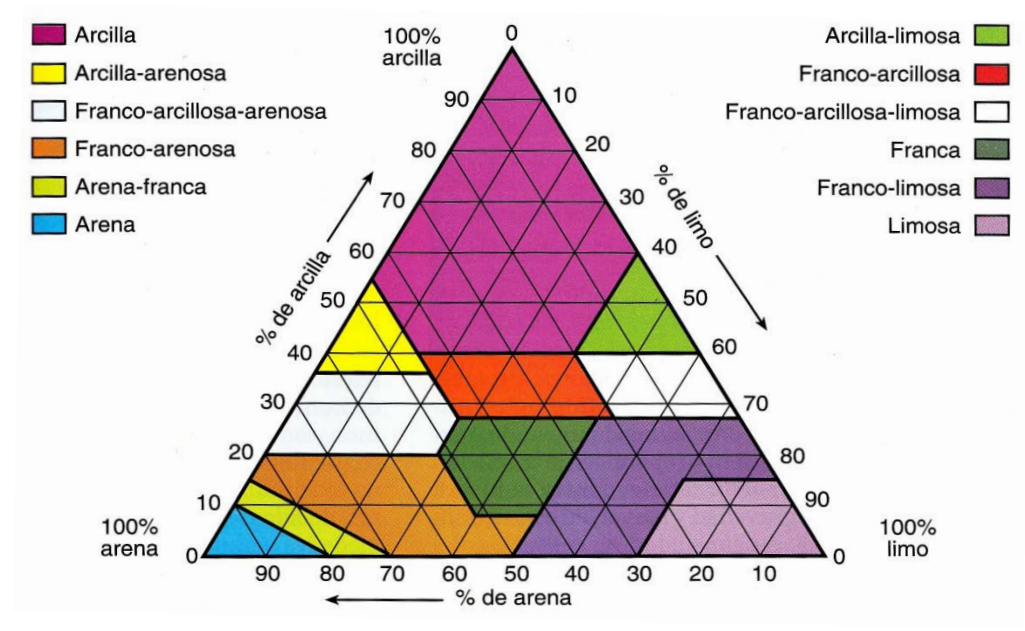


Figura 1. Triángulo de Lyon para la determinación de la textura del suelo

Cuadro 1. Clasificación USDA de los suelos según su textura

Textura	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase textural	
Textura gruesa	86 - 100	0 - 14	0 - 10	Arenoso	Suelos arenosos
	70 - 86	0 - 30	0 - 15	Arenoso franco	
Textura moderadamente gruesa	50 - 70	0 - 50	0 - 20	Franco arenoso	Suelos francos
Textura media	23 - 52	28 - 50	07 - 27	Franco	
	20 - 50	74 - 88	0 - 27	Franco limoso	
	0 - 20	88 - 100	0 - 12	Limoso	
Textura moderadamente fina	20 - 45	15 - 52	27 - 40	Franco arcilloso	
	45 - 80	0 - 28	20 - 35	Franco arenoso arcilloso	
	0 - 20	40 - 73	27 - 40	Franco limoso arcilloso	
Textura fina	45 - 65	0 - 20	35 - 55	Arcilloso arenoso	Suelos arcillosos
	0 - 20	40 - 60	40 - 60	Arcilloso limoso	
	0 - 45	0 - 40	40 - 100	Arcilloso	

FUENTE: UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE USDA. (2004)

2.1.1.2 Estructura

HOGARES JUVENILES CAMPESINOS. (2002) indica que las partículas que conforman el suelo tienen la capacidad de agruparse de diferentes formas, y el ordenamiento que estas adopten se conoce como estructura. Los principales tipos estructurales son: Granular. Blocosa y blocosa subangular, corresponden a suelos bien drenados y con buen desarrollo de raíces.

2.1.1.3 Densidad aparente

FAO. (s.f., en línea) asegura que la densidad de los suelos está relacionada con otras características de los suelos. Por ejemplo, los suelos arenosos de baja porosidad tienen una mayor densidad (1,2 a 1,8 g/cm³) que los suelos arcillosos (1,0 a 1,6 g/cm³) los cuales tienen un mayor volumen de espacio de poros. La materia orgánica tiende a reducir la densidad suelo/masa debido a su propia baja densidad y a la estabilización de la estructura del suelo que resulta en mayor porosidad. La compactación causada por el uso inadecuado de equipos agrícolas, por el tráfico frecuente o pesado o por el pobre manejo del suelo puede aumentar la densidad del suelo de los horizontes superficiales a valores que pueden llegar a 2 g/m³. La densidad de los suelos a menudo es usada como un indicador de la compactación.

2.1.1.4 Infiltración

Según GOYAL MR. (2007), la infiltración se define como la cantidad de agua que penetra en el perfil del suelo en un intervalo dado de tiempo. Entre las propiedades del suelo que afectan la infiltración están la densidad aparente, la distribución de los poros conforme a su tamaño, la textura y la estabilidad de los agregados o unidades estructurales del suelo. La infiltración del agua en un suelo relativamente seco es alta inicialmente y luego tenderá a disminuir gradualmente a un valor constante que estará cerca de la conductividad hidráulica del suelo.

2.1.1.5 Capacidad de campo

Según la FAO (2005), la capacidad de campo se refiere a la cantidad relativamente constante de agua que contiene un suelo saturado después de 48 horas de drenaje. El concepto de capacidad de campo se aplica únicamente a suelos bien estructurados donde el drenaje del exceso de agua es relativamente rápido; si el drenaje ocurre en suelos pobremente estructurados, por lo general continuará durante varias semanas y este tipo de suelos de estructura tan pobre raramente tiene una capacidad de campo claramente definida. La capacidad de campo se determina mejor en el campo saturando el suelo y midiendo su contenido de agua después de 48 horas de drenaje. El suelo a capacidad de campo se siente muy húmedo en contacto con las manos.

2.1.1.6 Punto de marchitez permanente

FOTH HD. (1990) asegura que el punto de marchitamiento, al igual que la capacidad de campo no es un valor preciso y varía con el suelo, la planta y las condiciones ambientales.

El punto de marchitamiento es el porcentaje o nivel de humedad del suelo al cual las plantas se marchitan en forma permanente, sin embargo, el suelo todavía contiene humedad que es considerada como no disponible para las plantas. Para extraer el agua remanente, el suelo se seca a horno a 110 °C durante 24 h.

2.1.1.7 Agua disponible

FAO. (2005) define el agua disponible como la cantidad de este recurso disponible para el crecimiento de las plantas y se encuentra entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente.

La cantidad máxima de agua disponible que puede retener un suelo varía con la textura del suelo, el contenido de materia orgánica, la profundidad de enraizamiento y la estructura. Los suelos orgánicos y los suelos francos de textura media con altos contenidos de arena muy fina y sedimentos tienen la capacidad disponible de agua más alta, los suelos arcillosos tienen valores intermedios y los suelos con contenido de arena gruesa tienen la capacidad disponible de agua más baja.

2.2 CONSIDERACIONES BÁSICAS SOBRE LA RELACIÓN CLIMA- PLANTA

2.2.1 EVAPORACIÓN

De acuerdo a GOYAL MR. (2007), la evaporación es un proceso en que se transfiere agua desde el suelo de vuelta a la atmósfera. Luego de un periodo de lluvia o riego parte del agua aplicada se pierde por evaporación directa a través de la superficie del suelo. La cantidad de agua pérdida, en términos de porcentaje de la cantidad de agua aplicada, depende de la magnitud y frecuencia de las aplicaciones de agua y la fracción expuesta de la superficie del suelo.

2.2.2 TRANSPIRACIÓN

ALAVA G., P. (2003) menciona que la transpiración se refiere a la evaporación de agua del suelo a través del sistema vascular de la planta. El volumen de agua transpirada dependerá de muchos factores como la demanda evapotranspirativa (evapotranspiración potencial), la etapa desarrollo del cultivo y la cantidad de agua disponible del suelo de la zona de crecimiento de las raíces.

2.2.3 EVAPOTRANSPIRACIÓN

SALAS AF. y URRESTARAZU LP. (2008) afirman que la evapotranspiración comprende las pérdidas de agua ocasionadas por evaporación en el suelo y por transpiración de la planta. En el riego localizado se moja una parte de la superficie del suelo; por lo tanto, las pérdidas por evaporación serán menores que en aquellos sistemas de riego en donde se moja toda la superficie del suelo. En cambio la transpiración puede ser mayor en el riego localizado, debido a que el suelo seco se calienta más que el suelo húmedo y ello provoca un aumento de temperatura del follaje.

2.2.3.1 Evapotranspiración potencial (ET_o)

WIKIPEDIA (2010) manifiesta que la noción de ET_o ha sido establecida para reducir las ambigüedades de interpretación a que da lugar el amplio concepto de evapotranspiración y para relacionarla de forma más directa con los requerimientos de agua de los cultivos. Es similar al de ETP, ya que igualmente depende exclusivamente de las condiciones climáticas, incluso en algunos estudios son considerados equivalentes, pero se diferencian en que la ET_o es aplicada a un cultivo específico, estándar o de referencia, habitualmente gramíneas o alfalfa, de 8 a 15 cm de altura uniforme, de crecimiento activo, que cubre totalmente el suelo y que no se ve sometido a déficit hídrico. Es por lo anterior que en los últimos años está reemplazando al de ETP.

2.2.3.2 Evapotranspiración de cultivo (ET_c)

FAO (2006) argumenta que la evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar se denomina ET_c, y se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo cuando se encuentra exento de enfermedades, con buena fertilización y que se desarrolla en parcelas amplias, bajo óptimas condiciones de suelo y agua,

además alcanza la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas reinantes.

La evapotranspiración del cultivo (Etc) se calcula como el producto de la evapotranspiración potencial, ETo y el coeficiente del cultivo Kc. Se recomienda el método de Penman Monteith para la estimación de la evapotranspiración de referencia (ETr).

2.2.4 COEFICIENTE DE CULTIVO (Kc)

EL RIEGO (2010) asegura que el coeficiente de cultivo (Kc) describe las variaciones de la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, desde la siembra hasta la recolección.

En los cultivos anuales normalmente se diferencian cuatro etapas o fases de cultivo:

- Inicial: Desde la siembra hasta un 10% de la cobertura del suelo aproximadamente.
- Desarrollo: Desde el 10% de cobertura y durante el crecimiento activo de la planta.
- Media: Entre floración y fructificación, correspondiente en la mayoría de los casos al 70-80% de cobertura máxima de cada cultivo
- Maduración: Desde madurez hasta recolección.

2.3 CALIDAD DE AGUA DE RIEGO

Conforme a MENDOZA S., I. (2009), la calidad de agua se define por sus características físicas, químicas y biológicas; siendo los factores físicos de mayor importancia en aguas utilizadas para el riego. La calidad también cambia según el tipo, calidad de sales disueltas, su movilidad en el perfil del suelo en la medida que se evapora el agua o es consumida por las plantas. Por lo tanto, la calidad del

agua es una consideración importante para la investigación de las condiciones de salinidad o contenido de sodio intercambiable en los suelos de cualquier zona de riego.

El elevado contenido de sales en el agua de riego puede conducir a la salinización de un suelo en un periodo de tiempo muy corto. Los criterios que analizan el riesgo de la salinidad se basan en índices que expresan las concentraciones de sales del agua de riego.

La salinidad reduce el crecimiento y desarrollo de las plantas; porque la concentración de sales en la solución del suelo, disminuye la disponibilidad de agua para que sea absorbida por las raíces de las plantas. Los iones solubles reducen la disponibilidad de agua hacia la planta, debido a un fenómeno que se conoce como el efecto de presión osmótica.

FAO. (2002) clasifica las aguas según las normas de Riverside:

- Agua de baja salinidad (C_1), puede utilizarse con cualquier cultivo y en todos los suelos.
- Agua de salinidad media (C_2), puede utilizarse en todos los suelos, excepto en los de permeabilidad escasa y en cultivos de tolerancia moderada a la salinidad.
- Agua de alta salinidad (C_3), no puede utilizarse en suelos de escaso drenaje y en todo caso requiere una vigilancia especial de los niveles de salinidad. Solo debe emplearse en cultivos tolerantes.
- Agua de muy alta salinidad (C_4), no puede utilizarse para regar en condiciones normales, pero excepcionalmente puede utilizarse en condiciones específicas, como en terreno muy permeable y para cultivos

muy tolerantes. En todo caso el riego debe ser excedentario para asegurar un lavado suficiente.

MENDOZA S., I. (2009) menciona que cuando se tiene altos valores de sodio intercambiable en los suelos, en estos se presentan disminuciones en la permeabilidad, alteraciones en el medio poroso y efectos tóxicos del Na^+ , que se encuentra absorbido por las plantas sensibles a este elemento.

Los efectos en suelos del sodio intercambiables son evidentes debido al encharcamiento y a la disminución de la velocidad de infiltración del agua de riego. La toxicidad del ion de sodio se manifiesta generalmente mediante coloraciones cafés en las hojas y por la caída simultanea de las hojas.

Según FAO. (2002), las aguas de acuerdo al contenido de sodio se clasifican en:

- Agua de bajo contenido de sodio (S_1), puede utilizarse para el riego en la mayoría de las condiciones.
- Agua de contenido medio de sodio (S_2), puede suponer riesgo de toxicidad en algunas condiciones, como por ejemplo suelos de textura fina de alta capacidad de cambio de bases.
- Agua de alto contenido de sodio (S_3), puede producir niveles perjudiciales de sodio de cambio en la mayoría de los suelos y requiere cuidados especiales de éstos, como un buen drenaje, lavado abundante y aporte de materia orgánica.
- Agua de muy altos niveles de sodio (S_4), no es aconsejable utilizarla para riego salvo en el caso de que posea niveles bajos o medios de salinidad (C_1 a C_2) y se aporte calcio o yeso al suelo.

Las aguas se clasifican utilizando la relación de adsorción de sodio o RAS (Figura 3). Esta clasificación de las aguas de riego, se basa principalmente en el efecto que tiene el ion sodio absorbido, sobre las condiciones físicas de los suelos.

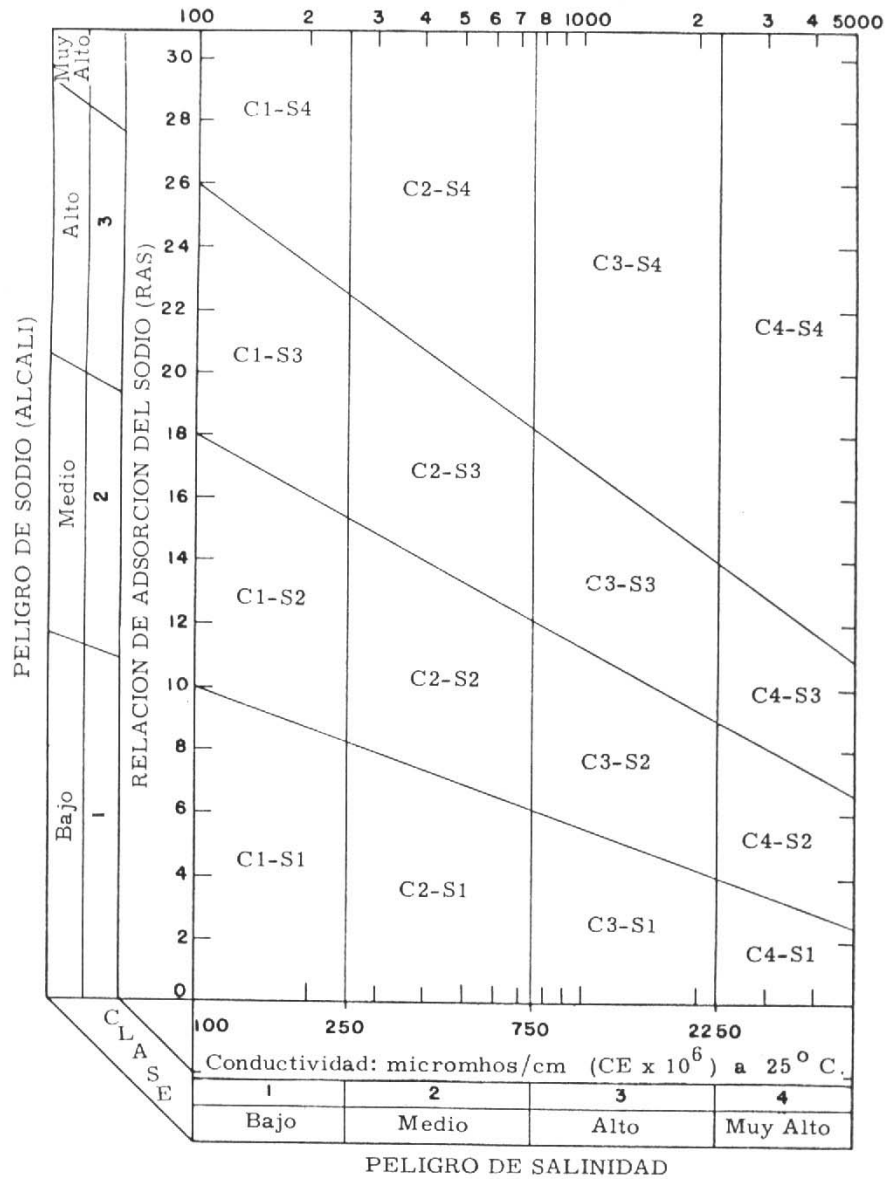


Figura 2. Diagrama para la clasificación de las aguas de riego (RICHARDS L.A. et al. (1.954): "Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils - USDA Hndbook nº 60).

Según AYERS RS y WESTCOT DW. (1985), las directrices para la evaluación de la calidad del agua para el riego se basan en la influencia a largo plazo de la calidad del agua en la producción agrícola, las condiciones del suelo y gestión de las explotaciones.

Las directrices son prácticas y se han utilizado con éxito en la agricultura de regadío en general para la evaluación de los componentes comunes en las aguas superficiales, aguas subterráneas, el agua de drenaje, aguas residuales y aguas residuales. Ellos se basan en ciertas suposiciones que se dan inmediatamente después de la tabla. Estos supuestos deben entenderse claramente, pero no debe convertirse en requisitos rígidos. Un conjunto de directrices modificada alternativa se puede preparar, si las condiciones reales de uso son muy diferentes de los asumidos.

Cuadro 2. Directrices para la interpretación de la calidad del agua para riego

PROBLEMA POTENCIAL DE RIEGO		Unidades	Grado de restricción sobre el uso			
			Ninguno	Leve a moderada	Grave	
Salinidad (afecta a la disponibilidad de agua para los cultivos)	CEw	dS/m	<0,7	0,7 - 3,0	>3,0	
	SDT	mg/l	<450	450 - 2 000	>2000	
Infiltración (afecta a la velocidad de infiltración del agua en el suelo. Se evalúa utilizando ECw y SAR juntos)	SAR=0-3	CEw=	dS/m	≥0,7	0,7 - 0,2	<0,2
	SAR=3-6	CEw=	dS/m	≥1,2	1,2 - 0,3	<0,3
	SAR=6-12	CEw=	dS/m	≥1,9	1,9 - 0,5	<0,5
	SAR=12-20	CEw=	dS/m	≥2,9	2,9 - 1,3	<1,3
	SAR=20-40	CEw=	dS/m	≥5,0	5,0 - 2,9	<2,9
Toxicidad de iones específicos (afecta a los cultivos sensibles)	Sodio (Na)	Riego superficial	SAR	<3,0	3,0 - 9,0	>9,0
		Riego con aspersores	me/l	<3,0	>3,0	
	Cloro (Cl)	Riego superficial	me/l	<4,0	4,0 - 10	>10,0
		Riego con aspersores	me/l	<3,0	>3,0	
	Boro (B)		me/l	<0,7	0,7 - 3,0	>3,0
Otros efectos (afectarían a cultivos sensibles)	Nitrógeno (N total)	mg/l	<5,0	5,0 - 30,0	>30,0	
	Bicarbonato (aspersores elevados)	me/l	<1,5	1,5 - 8,5	>8,5	

FUENTE: AYERS RS y WESTCOT DW. (1985)

dS / m = deciSiemen / metro en unidades del SI (equivalente a 1 mmho / cm = 1 millimho / centi-metros)

mg / l = miligramos por litro \approx partes por millón (ppm).

me / l = miliequivalentes por litro (mg / l de peso equivalente \div = me / l), en unidades del SI, me = 1 / 1 l milimoles por litro ajustado para la carga del electrón.

CEw: conductividad eléctrica del agua de riego. Se utiliza como medida indirecta de la concentración en sólidos disueltos totales (SDT). Se expresa en deciSiemens por metro (dS/m).

SDT: sólidos disueltos totales. Para la mayoría de las aplicaciones agrícolas existe una relación directa entre los valores de conductividad eléctrica (CE) y los de SDT con una precisión en torno al 10 %. La conversión se realiza mediante la siguiente expresión:

$$\text{SDT} = \text{CE} \cdot 640 \quad (\text{mg/l})$$

RAS ó SAR: relación de adsorción de sodio. Da una idea de la cantidad de sodio presente en el agua de riego en relación con otros cationes y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{SAR} = \text{Na} / \sqrt{(\text{Ca} + \text{Mg}) / 2}$$

FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ M y FERNÁNDEZ URGELLÉS O. (2007) manifiestan que los análisis de agua pueden presentar errores; sin embargo, estos pueden ser detectados mediante el empleo de formulas.

El error admisible en un balance iónico viene dado por:

$$\text{Error (\%)} = 200 \frac{\Sigma \text{ cationes} - \Sigma \text{ aniones}}{\Sigma \text{ cationes} + \Sigma \text{ aniones}}$$

y está dado por el grado de mineralización y tipo de agua, según lo siguiente:

Cuadro 3. Error admisible de agua

CE (umhos/cm)	Error admisible (%)
50	30
200	10
500	8
≥ 2000	4

FUENTE: FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ M y FERNÁNDEZ URGELLÉS O. (2007)

Estas técnicas se utilizan con el fin de detectar, y eventualmente corregir, los errores analíticos en la determinación de iones de un agua problema.

Las aguas deben ser eléctricamente neutras, en un análisis químico completo debe verificarse que la suma de aniones y cationes, cuando se expresan en miliequivalentes, debe estar equilibrada.

2.4 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

CUEVA MORENO, P. (2002) asegura que los levantamientos topográficos se realizan con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra, de elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre.

Añade que los levantamientos topográficos de la zona de riego, deben abarcar todos los accidentes de los terrenos que la atraviesan, linderaciones de propietarios con sus nombres, construcciones existentes, caminos, ríos, quebradas, etc.

CASANOVA M., L. (s.f., en línea) indica que por definición la taquimetría, es el procedimiento topográfico que determina en forma simultánea las coordenadas Norte, Este y Cota de puntos sobre la superficie del terreno.

Este procedimiento se utiliza para el levantamiento de detalles y puntos en donde no se requiere de grandes presiones.

De acuerdo a CUEVA MORENO, P. (2002), las curvas de nivel es una línea imaginaria que une puntos de igual altura con respecto a un plano de referencia (nivel medio del mar) y representa la intersección de una superficie o un plano de nivel con la superficie ondulada del terreno. Las curvas de nivel representan intervalos de altura equidistantes entre si.

CASANOVA M., L. (s.f., en línea) asegura que las curvas de nivel es el método más empleado para la representación gráfica de las formas del relieve de la superficie del terreno, ya que permite determinar, en forma sencilla y rápida, la cota o elevación de cualquier punto del terreno, trazar perfiles, calcular pendientes, resaltar las formas y accidentes del terreno, etc.

2.5 RIEGO POR GOTEO

HOLZAPFEL H., E. (s.f., en línea) define al sistema de riego por goteo como la aplicación frecuente de agua filtrada al suelo en pequeñas cantidades a través de una red de tuberías y dispositivos especiales denominadas "emisores", ubicadas a lo largo de la línea de distribución. De esta manera el agua es conducida desde la fuente a cada planta, eliminando totalmente las pérdidas por conducción y minimizando aquellas por evaporación y percolación. Con este método se pretende además controlar, bajo adecuadas condiciones de diseño, operación y manejo, el patrón con que el agua se distribuye en el suelo generando en la zona radicular del cultivo un ambiente con características físicas, químicas y biológicas que permitan mayores rendimientos, productos de alta calidad que incrementen la rentabilidad de la empresa agrícola.

2.5.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL RIEGO POR GOTEO

2.5.1.1 Ventajas

Según GOYAL MR. (2007), el sistema de riego por goteo presenta las siguientes ventajas:

Uso eficiente del agua:

- No causa humedecimiento del follaje.
- Reduce las pérdidas directas por evaporación.
- Elimina el escurrimiento superficial.
- Permite regar todo el predio hasta los bordes.
- Permite aplicar el riego a una profundidad exacta.

Reacción en la planta:

- Aumenta el rendimiento por unidad (hectárea-centímetro) de agua aplicada.
- Mejora la calidad de la cosecha.
- Permite obtener un rendimiento más uniforme.

El ambiente en la raíz:

- Mejora la aeración.
- Aumenta la provisión de nutrientes disponibles.
- Crea una condición casi constante de retención de agua a baja tensión el suelo.

Combate las plagas y enfermedades:

- Aumenta la eficiencia de las aplicaciones de plaguicidas.
- Reduce el desarrollo de insectos y de enfermedades.

Práctica y efectos agronómicos:

- Las actividades del riego no interfieren con las del cultivo, las aspersiones y la cosecha.
- Reduce la necesidad de cultivo, ya que hay menos malezas, endurecimiento superficial y compactación.
- Ayuda a controlar la erosión.
- Permite aplicar el abono con el agua de riego.
- Aumenta la eficiencia del trabajo en huertos frutales al mantener los espacios entre las hileras secos y nivelados.

Beneficios económicos:

- El costo es bajo comparado con el sistema de pisteros aéreos y otros sistemas permanentes.
- Los costos de operación y mantenimiento son, a menudo, bajos.
- Los costos son altos cuando la distancia media es de menos de 3m.
- Se puede usar en terrenos accidentados.
- La eficiencia de aplicación es alta.
- Permite utilizar tubería de menos diámetro.
- Requiere menos fuerza propulsora.

2.5.1.2 Desventajas

GAETE V., L. (2001) asegura que este sistema presenta las siguientes desventajas:

- Alto costo de inversión ya que se requiere de mínimo un emisor por planta, además de complejos sistemas de control y abastecimiento.
- El sistema debe poseer un eficiente sistema de filtrado, evitando taponamientos en los goteros lo que provoca entregas irregulares del caudal.

2.5.2 COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

2.5.2.1 Cabezal de control o cabezal de riego

HOLZAPFEL H., E. (s.f., en línea) expone que el cabezal del sistema consiste en una serie de dispositivos para entregar a la red hidráulica agua presurizada, de calidad adecuada, en el momento oportuno y en la cantidad requerida. El cabezal de control se compone en general de medidores de flujo, válvulas de control, inyector de productos químicos, filtros, manómetros, sensores especiales, controles automáticos o computadoras y equipo de bombeo (optativo). Normalmente, el cabezal de control está localizado en o cerca de la fuente de agua y/o energía.

Sistema de filtrado

RIEGO POR GOTEO (s.f., en línea) indica que trata de conseguir la limpieza del agua de partículas extrañas. Formando parte del sistema tenemos: filtros de arena y gravas, de mallas, de algas; sistemas fundados en la decantación, en cilindros, con sistemas automatizados o no, todos ellos pueden resultar válidos si forman parte de un buen proyecto que garantice la mínima obstrucción posible ya que de ella depende la eficacia del sistema. Una vez más el acierto dependerá de la acierto en la elección de la empresa que se responsabilice de la instalación después de un estudio detallado de las aguas y que responda de la eficacia y uniformidad del riego para el máximo aprovechamiento del cultivo.

Según HOLZAPFEL H., E. (s.f., en línea), el sistema de filtro debe tener la capacidad para transportar el caudal requerido y remover las partículas finas, de tamaño varias veces menor que el diámetro del elemento dentro del emisor. Normalmente las partículas que se filtran deben tener un tamaño igual o mayor a un octavo del área de flujo del emisor.

La mayoría de las instalaciones incluyen dos tipos de filtros: de arena y de malla, que evitan la obturación de los emisores con material extraño. Es recomendable utilizar desarenadores en la zona adyacente al pozo de captación para proteger la bomba y sacar del flujo hacia el equipo las partículas de tamaño mayor.

Las pérdidas de carga son de 1 a 3 m cuando están limpios y de 5 a 7 m cuando están sucios. Para conocer el momento en que la limpieza es necesaria, se debe medir la presión antes y después del filtro.

PALOMINO V., K. (2009) expone que la selección de los filtros en una instalación depende de la naturaleza y calidad de sedimentos y sustancias orgánicas que contengan el agua.

Cuadro 4. Necesidad de utilización de filtros según elementos presentes en el agua de riego.

Tipo de elemento	Hidrociclón	Grava	Mallas y Anillas
Arena	SÍ	NO	SÍ
Limo y Arcilla	NO	SÍ	SÍ
Substancias orgánicas	NO	SÍ	SÍ

FUENTE: PALOMINO V., K. (2009)

Unidad de fertilización

Conforme a HOLZAPFEL H., E. (s.f., en línea), los equipos modernos de riego presurizado tiene normalmente incorporado un módulo para inyectar fertilizantes y otros productos químicos al sistema a través de pequeñas bombas, estanques presurizados que operan por diferencia de presión, de un venturi o una válvula de variación de presión.

Bombas hidráulicas

GOYAL MR. (2007) indica que las bombas y las unidades de energía representan una parte significativa del costo inicial de un sistema de riego por goteo. Por consiguiente al seleccionar el equipo correcto, conviene conocer las características y reclamos de operación. Se debe adquirir un equipo de bomba y unidad de energía eficaz, confiable y de bajo precio.

Para seleccionar una bomba se debe conocer la presión total del sistema, el volumen de agua que se necesita y la fuerza de la unidad. La presión total que el sistema pueda imponer a la bomba depende de los siguientes factores:

1. El tope de elevación: Diferencia de la elevación entre la fuente de agua y el surtidor que se encuentra a una mayor altura en el terreno que se debe regar.
2. El tope de fricción: La presión requerida en el surtidor más distante. Conviene tener en cuenta que la descarga de la bomba se reduce a medida que la presión de operación aumenta.

Una bomba de una capacidad ligeramente mayor que la necesaria puede asegurar suficiente agua para enviarla por el sistema con una presión un poco mayor.

2.5.2.2 Tuberías de distribución

RIEGO POR GOTEO (s.f., en línea) expone que la red de tuberías con sus distintos diámetros, reductores y accesorios corresponden a la estructura del riego por goteo. El hecho de que hoy exista el PVC, y otros derivados del petróleo, han facilitado y ayudado a la difusión de este sistema por sus ventajas de transporte, su facilidad en el corte y en el pegado y al mismo tiempo la dureza y resistencia ante los cambios de temperatura han hecho que el fibrocemento se deje sólo para las redes principales de grandes cultivos.

PALOMINO V., K. (2009) menciona que las tuberías se van bifurcando desde el cabezal de riego hasta llegar a los emisores o goteros. Los distintos nombres que reciben las tuberías vienen dados por el rango de ramificación.

HOLZAPFEL H., E. (s.f., en línea) indica que la línea principal transporta el agua desde el cabezal de control a la línea de distribución, ya sean secundarias, auxiliares o laterales, dependiendo del diseño que se haya realizado.

2.5.2.3 Cabezales de campo

PALOMINO V., K. (2009) considera que son las válvulas que se instalan en el campo para suministrar el agua a las diferentes unidades de riego. Pueden ser simples (tipo esféricas) para operación manual o hidráulicas. En esta última la presión hidráulica acciona un diafragma que corta la presión y el flujo del caudal. Se puede accionar manualmente, en el lugar de la instalación, o a distancia con mandos hidráulicos o eléctricos. Se diferencian dos tipos: normalmente abiertas que cierran al recibir la señal hidráulica o normalmente cerradas que abren al recibir la señal hidráulica.

Accesorios

PALOMINO V., K. (2009) indica que los accesorios son el conjunto de piezas que se utilizan para pegar y ensamblar las tuberías y construir los cabezales de campo. Se utilizan accesorios de PVC, tales como tes, codos, curvas, cuplas, mangos de reducción, etc. Para unión de válvulas, filtros, reguladores de presión, etc. se utilizan piezas de rosca de polipropileno. En todos los casos deben tener características constructivas suficientes para soportar las altas presiones del sistema.

2.5.2.4 Emisores

RIEGO POR GOTEO. (s.f., en línea) señala que los goteros son los elementos cuya misión no es otra que la de aplicar el agua a las plantas a cultivar. Son también de diversas clases y modalidades pero todos ellos han de reunir al final las condiciones de regular el caudal adecuadamente y tener el orificio del tamaño adecuado para que se eviten las obstrucciones que constituyen el principal problema de esta modalidad de riego.

De acuerdo a HOLZAPFEL H., E. (s.f., en línea), los emisores son estructuras que reducen la presión prácticamente a cero, aplicando de esta manera el agua a la forma de una gota en la superficie del suelo. El caudal que entregan los emisores es función de la presión en la línea, normalmente en goteo varía entre 2 a 10 litros por hora.

2.6 DISEÑO AGRONÓMICO

2.6.1 NECESIDADES DE AGUA

2.6.1.1 Cálculo de la evapotranspiración potencial (ET_o)

Según TAPIA C., F. y OSORIO U., A. (1999), una forma práctica de determinar la evapotranspiración potencial es a través de la bandeja de evaporación clase A.

PARDO V., HJ. (2008) argumenta que el tanque evaporímetro clase A permite estimar los efectos integrados del clima: radiación, temperatura, viento y humedad relativa del aire; en función de la evaporación de una superficie de agua libre de dimensiones estándar. Existe una íntima relación entre los procesos de evapotranspiración del cultivo ET_c y la evaporación del tanque clase A.

Conforme a TAPIA C., F. y OSORIO U., A. (1999), la evapotranspiración potencial se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$ET_o = EB \times K_p$$

Donde:

ET_o = Evapotranspiración potencial en mm/día

EB = Evaporación desde la bandeja en mm/día

K_p = Coeficiente de la bandeja

El coeficiente de la bandeja (K_p) es un factor característico del evaporímetro y depende de las condiciones donde está instalado. Varía normalmente entre valores de 0,6 y 0,8 (Cuadro 5).

2.6.1.2 Cálculo de la evapotranspiración de cultivo (E_c)

Según ALAVA G., P. (2003), la evapotranspiración de un cultivo (E_c) se la calcula mediante la siguiente expresión:

$$E_c = K_c \times ET_o$$

2.6.1.3 Efecto de localización (K_L)

SALAS AF. y URRESTARAZU LP. (2008) argumentan que se basa en considerar la fracción de área sombreada por la planta con relación a la superficie del marco de plantación (o superficie ocupada por cada planta).

Fracción de área sombreada (A):

Área

$$A = \frac{\text{Área sombreada}}{\text{Sup. marco plantación}} = \frac{\text{Sup. proyección de la copa}}{\text{Sup. marco plantación}}$$

Cuadro 5. Coeficientes Kp para estimar la evapotranspiración potencial a partir de mediciones en el evaporímetro clase A

EVAPORIMETRO CLASE A	CASO A				CASO B			
	Evaporímetro rodeado de vegetación baja				Evaporímetro en barbecho de temporal			
H.R. media		Baja	Media	Alta		Baja	Media	Alta
		< 40	40 - 70	> 70		< 40	40 - 70	> 70
VIENTOS en Km/día	Distancia a barlomento de la cubierta verde, en m.				Distancia a barlomento del barbecho de secano, en m.			
Débiles 175	0	0,55	0,65	0,75	0	0,70	0,80	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	10	0,60	0,70	0,80
	100	0,70	0,80	0,85	100	0,55	0,65	0,75
	1000	0,75	0,85	0,85	1000	0,50	0,60	0,70
Moderados 175 - 425	0	0,50	0,60	0,65	0	0,65	0,75	0,80
	10	0,60	0,70	0,75	10	0,55	0,65	0,70
	100	0,65	0,75	0,80	100	0,50	0,60	0,65
	1000	0,70	0,80	0,80	1000	0,45	0,55	0,60
Fuertes 425 - 700	0	0,45	0,50	0,60	0	0,60	0,65	0,70
	10	0,55	0,60	0,65	10	0,50	0,55	0,65
	100	0,60	0,65	0,70	100	0,45	0,50	0,60
	1000	0,65	0,70	0,75	1000	0,40	0,45	0,55
Muy fuertes 700	0	0,40	0,45	0,50	0	0,50	0,60	0,65
	10	0,45	0,55	0,60	10	0,45	0,50	0,55
	100	0,50	0,60	0,65	100	0,40	0,45	0,50
	1000	0,55	0,60	0,65	1000	0,35	0,40	0,45

FUENTE: CAMPOS A. (1998)

De acuerdo a BOSWELL MJ. (1990), a efectos prácticos se puede hacer coincidir la superficie sombreada con la proyección sobre el terreno del perímetro de la cobertura vegetal.

La fracción de área mojada es:

$$A = \frac{\frac{\pi \times D^2}{4}}{S_p}$$

Donde:

D = Diámetro de la copa (m)

S_p = Marco de plantación (m²)

PROAÑO Z., J. (s.f.) argumenta que para hortícolas la fracción de área sombreada (A) se calcula mediante la siguiente expresión

$$A = \frac{\text{Dist. entre planta}}{\text{Dist. entre línea}}$$

SALAS AF. y URRESTARAZU LP. (2008) y BOSWELL MJ. (1990) coinciden en que diversos autores han estudiado la relación entre K_L y A obteniendo las fórmulas siguientes:

Aljiburi et al. K_L = 1,34 A

Decroix K_L = 0,1 + A

Hoare et al. K_L = A + 0,5 (1-A)

Séller K_L = A + 0,15 (1-A)

En la práctica se toma como valor de K_L la medida de los valores intermedios anteriores, después de eliminar los dos valores extremos.

BOSWELL MJ. (1990) indica que para valores A aproximados a la unidad se obtienen valores de K_L>1, pero dada la práctica imposibilidad de conseguir A=1 en la realidad, la aplicación de la fórmula se limita a valores de A inferiores a

0,75-0,80. Asimismo, en el caso de ausencia de cultivo ($A=0$), algunas fórmulas dan valores no nulos de K_L , lo que no tiene significado agronómico.

2.6.1.4 Correcciones por condiciones locales

- Variación climática (K_r)

SALAS AF. y URRESTARAZU LP. (2008) indican que los valores de Etc corresponden a la media de los valores climáticos de un determinado número de años, lo que implica que las necesidades calculadas son insuficientes en la mitad de ese periodo. Como en riego localizado se puede aplicar con mucha exactitud la cantidad de agua necesaria, conviene mejorar esas necesidades en un 15-20 %, por lo que $K_r = 1,15 - 1,20$.

- Variación por advención (K_a)

Según BOSWELL MJ. (1990) y SALAS AF. y URRESTARAZU LP. (2008), los efectos del movimiento de aire por advención, tienen un efecto considerable en el microclima que afecta al cultivo, ya que este microclima depende, además del propio cultivo, de la extensión de la superficie regada y de las características de los terrenos colindantes. En caso de parcelas pequeñas, el microclima del cultivo será muy distinto según esté rodeado de una masa verde o de un terreno sin cultivar, lo que origina un aire más caliente en el segundo caso. Por consiguiente, el coeficiente K_a vendrá en función de la naturaleza del cultivo y del tamaño de la superficie regada (figura 3). Se toma como superficie regada, no sólo la parcela considerada, sino también las que la rodean que también estén regadas.

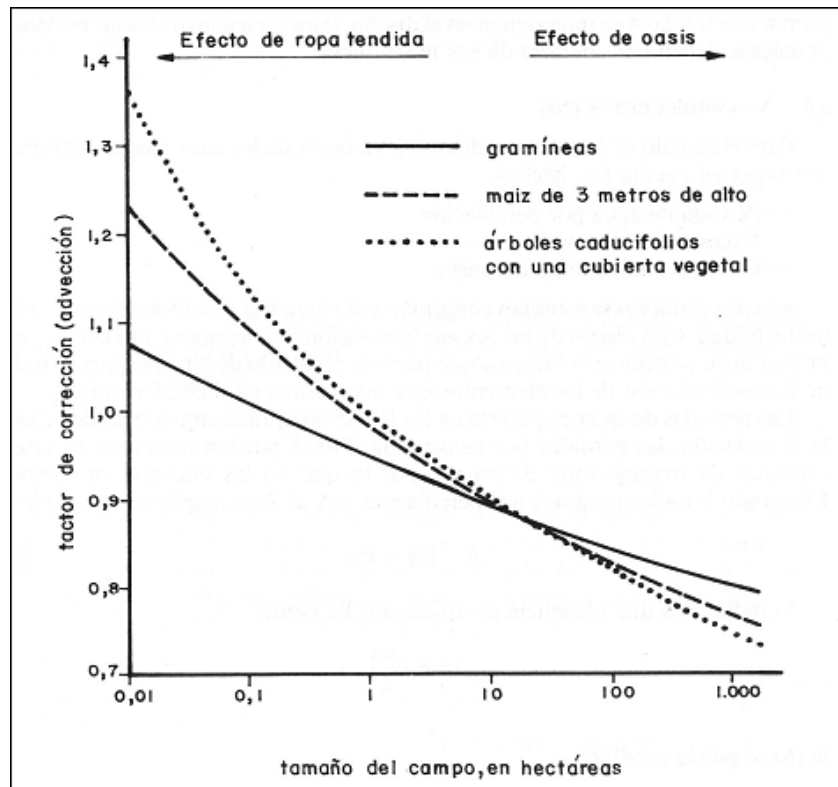


Figura 3. Variación del factor de corrección por advención.

2.6.1.5 Necesidades netas (Nn)

SALAS AF. y URRESTARAZU LP. (2008) aseguran que la estimación de las necesidades netas de agua en riego localizado tiene mayor importancia que en otros sistemas de riego, ya que es muy limitado el papel del suelo como almacén o reserva de agua. Esta estimación se hace por los mismos procedimientos empleados en los demás sistemas, pero se aplican después unos coeficientes correctores.

En resumen, el efecto de la localización y la alta frecuencia de aplicación suponen, con respecto a otros sistemas de riego, una disminución de la evaporación y un aumento de la transpiración. El balance de necesidades netas será menor en plantaciones jóvenes de frutales y en marcos grandes de plantación, mientras que no habrá diferencia apreciable en cultivos hortícola con gran

densidad de plantas. En cualquier caso, las necesidades netas se corrigen mediante los siguientes coeficientes correctores.

$$N_n = E_{tc} \cdot K_L \cdot K_r \cdot K_a$$

2.6.1.6 Necesidades totales (Nt)

SALAS AF. y URRESTARAZU LP. (2008) mencionan que las necesidades totales son mayores que las necesidades netas, ya que es preciso aportar cantidades adicionales para compensar las pérdidas causadas por percolación profunda, por salinidad y por uniformidad de riego.

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

$$K = 1 - E_a$$

$$K = R_L \text{ (Se elige el valor más alto de K)}$$

Donde:

N_t = Necesidades totales

N_n = Necesidades netas

E_a = Eficiencia de aplicación

R_L = Requerimientos de lavado

CU = Coeficiente de uniformidad

- Eficiencia de aplicación

SALAS AF. y URRESTARAZU LP. (2008) afirman que varios autores informan acerca de los valores de E_a . Entre ellos seleccionamos los proporcionados por S  ller (1978) según el cual, para la estimación de E_a hay que distinguir dos casos: Climas áridos en donde no se ha tenido en cuenta la precipitación efectiva para el

cálculo de Nn (cuadro 6), y climas húmedos, en los que si se ha tenido en cuenta (cuadro 7).

Cuadro 6. Valores de Ea en climas áridos

Profundidad de raíces (m)	Textura			
	Muy porosa (grava)	Arenosa	Media	Fina
< 0,75	0,85	0,90	0,95	0,95
0,75 - 1,50	0,90	0,90	0,95	1,00
> 1,50	0,95	0,95	1,00	1,00

FUENTE: SALAS AF. y URRESTARAZU LP. (2008)

Cuadro 7. Valores de Ea en climas húmedos

Profundidad de raíces (m)	Textura			
	Muy porosa (grava)	Arenosa	Media	Fina
< 0,75	0,65	0,75	0,85	0,90
0,75 - 1,50	0,75	0,80	0,90	0,95
> 1,50	0,80	0,90	0,95	1,00

FUENTE: SALAS AF. y URRESTARAZU LP. (2008)

- Requerimientos de lavado

PROAÑO Z., J. (s.f.) asegura que las necesidades de lavado R es asunto complicado. Además, puede ser conveniente no cargar al riego todas las necesidades de lavado, permitiendo que la lluvia sea parte de esa mejora. Su estudio detallado se puede ver en “Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos” (F. Pizarro, Ed. Agrícola, Madrid 1985). Un método más sencillo de cálculo, aunque menos correcto, consiste en calcular el LR aplicando la siguiente fórmula:

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

Donde:

Cei= Conductividad eléctrica del agua de riego

CEe= Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo, valor que se impone como objetivo a conseguir como el lavado y que depende de los cultivos a implantar.

- **Coefficiente de uniformidad**

SALAS AF. y URRESTARAZU LP. (2008) argumentan que el coeficiente de uniformidad (CU) se utiliza para evaluar las instalaciones en funcionamiento y para el diseño de nuevas instalaciones. En el diseño, el CU es una condición que se impone y que viene determinada por factores económicos (Cuadro 8).

Cuadro 8. Valores de CU recomendables en riego localizado

Emisor	Emisores por planta	Topografía y pendiente (i)	CU
Goteros espaciados más de 1 m	Más de 3	Uniforme (1<2 %)	0,90 - 0,95
		Uniforme (1>2 %) u ondulada	0,85 - 0,90
	Menos de 3	Uniforme (1<2 %)	0,85 - 0,90
		Uniforme (1>2 %) u ondulada	0,80 - 0,90
Goteros espaciados menos de 1 m, mangueras y cintas de exudación		Uniforme (1<2 %)	0,80 - 0,90
		Uniforme (1>2 %) u ondulada	0,70 - 0,85
Difusores y microaspersores		Uniforme (1<2 %)	0,90 - 0,95
		Uniforme (1>2 %) u ondulada	0,85 - 0,90

FUENTE: SALAS AF. y URRESTARAZU LP. (2008)

2.6.2 DOSIS, FRECUENCIA, TIEMPO DE RIEGO Y NÚMERO DE EMISORES

PROAÑO Z., J. (s.f.) señala que en el riego de cultivos de alta densidad, es preferible realizar los cálculos por m² en vez que por planta. La disposición típica

de estos cultivos es de una tubería lateral por cada línea de plantas, con emisores muy próximos entre si (30-80 cm.), en estos casos se recurre no a humedecer cada planta, sino a formar una franja húmeda continua a lo largo de la línea, lo que es una condición muy importante para evitar que haya semillas en la zona seca y salina situada en el borde de los bulbos.

SALAS AF. y URRESTARAZU LP. (2008) manifiestan que una vez calculadas las necesidades de riego hay que determinar la dosis, frecuencia y duración del riego, así como el número de emisores por planta y el caudal por emisor. Finalmente se decide la disposición de los emisores.

2.6.2.1 Número de emisores por planta

SALAS AF. y URRESTARAZU LP. (2008) señalan que el número de emisores por planta (n) viene dando por la siguiente expresión:

$$n = \frac{\text{Superf. mojada por planta}}{\text{Superf. mojada por emisor}} = \frac{\text{Superf. ocupada por planta} \times P}{100 \times \text{Superf. mojada por emisor}}$$

PROAÑO Z., J. (s.f.) indica que el número de emisores por planta esta dado por la siguiente expresión:

$$e > \frac{Sp \times PAR}{100 \times Ae}$$

Donde:

Sp = Marco de plantación.

PAR = Porcentaje de superficie mojada.

Ae = Diámetro de bulbo húmedo.

TAPIA C., F. y OSORIO U., A. (1999) argumentan que el número de goteros o emisores por planta va a depender fundamentalmente de que proporción de suelo se quiera mojar (P.S.M.), la cual no debería de ser inferior al 30 – 40 %. De esta forma el número de goteros (n.g.) puede quedar definida por la siguiente relación:

$$n. g. \geq \frac{M. P. \times P. S. M.}{100 \times A_{mg}}$$

Donde:

n.g. = número de goteros por planta

M.P. = marco de plantación (m²)

P.S.M. = porcentaje de suelo a mojar

A_{mg} = área mojada por emisor (m²)

El área mojada por el emisor (A_{mg}), puede calcularse tomando en cuenta la información del cuadro 9 y 10, donde se indican los diámetros mojados por emisor para distintas condiciones de suelo y profundidad de raíces.

$$A_{mg} = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

2.6.2.2 Dosis, intervalo entre riegos y duración del riego

SALAS AF. y URRESTARAZU LP. (2008) manifiestan que la cantidad de agua aplicada en cada riego o dosis de riego será:

$$D_t = n \times q \times t$$

$$D_t = N_t \times I$$

Donde:

D_t= Dosis total, en litros

n = Número de emisores

q = Caudal de cada emisor, en litros/hora

t = Tiempo de duración del riego, en horas

N_t = Necesidades totales, en litros por día

I = Intervalo entre riegos, en días

Cuadro 9. Aproximación del diámetro mojado y espaciamiento con emisores de 2 y 4 litros/hora según el tipo de suelo para tiempos de riego de unas 3 h (Keller)

Textura del suelo	Diámetro mojado (m)	Espaciamiento entre emisores	
		Mínimo	Máximo
<i>Emisores de 4 litros/hora</i>			
Fina	1,50	0,95	1,50
Media	1,10	0,70	1,00
Gruesa	0,75	0,45	0,70
<i>Emisores de 2 litros/hora</i>			
Fina	1,30	0,80	1,20
Media	0,90	0,55	0,55
Gruesa	0,50	0,30	0,45

FUENTE: SALAS AF. y URRESTARAZU LP. (2008)

Cuadro 10. Diámetro mojado por un emisor de 4 litros/hora (Keller)

Profundidad de raíces y textura del suelo	Grado de estratificación del suelo		
	Homogéneo	Estratificado	En capas
	Diámetro mojado (m)		
Profundidad = 0,80 m			
Ligera	0,50	0,80	1,10
Media	1,00	1,25	1,70
Pesada	1,10	1,70	2,00
Profundidad = 1,70 m			
Ligera	0,80	1,50	2,00
Media	1,25	2,25	3,00
Pesada	1,70	2,00	2,50

FUENTE: SALAS AF. y URRESTARAZU LP. (2008)

De ambas ecuaciones se deduce la siguiente:

$$n \times q \times t = N_t \times I$$

Ecuación con dos incógnitas, intervalo y tiempo, en donde hay que fijar una de ellas. En suelo de textura arenosa, en donde se originan bulbos estrechos y profundos, se tiende a intervalos muy cortos (uno o dos riegos diarios), tiempos breves y número elevado de emisores. En suelos de textura arcillosa se tiende a intervalos más largos (tres o cuatro días por semana), tiempos de riego más amplios y menor número de emisores. En suelos de textura franca se suele regar una vez por día.

El tiempo de riego vendrá dado por la expresión:

$$t = \frac{N_t \times I}{n \times q}$$

Otra formula empleada para obtener el tiempo de riego del cultivo se detalla en la siguiente formula:

$$t = \frac{d \times A}{q}$$

Donde:

t = tiempo de riego

d = lamina de agua (necesidades netas)

A = área de influencia del emisor

q = caudal del gotero

2.6.2.3 Disposición de los emisores

SALAS AF. y URRESTARAZU LP. (2008) indican que al distribuir sobre el terreno las tuberías portaemisores hay que tener en cuenta varias consideraciones:

- Proporcionar a cada planta el número de emisores requeridos en el diseño agronómico.
- No dificultar las labores de cultivo.
- Hacer la mínima inversión.

En colocación de los goteros a lo largo de la tubería portagoteros, para la zona húmeda en línea continua, a lo largo de la cual las plantas desarrollan su sistema radical. Este sistema ofrece la ventaja de facilitar las labores agrícolas, pero tiene el inconveniente de que puede producirse la caída de las plantas de porte alto. Se adapta bien a los cultivos en línea.

El solape se define como el porcentaje de distancia recubierta por dos bulbos consecutivos con relación al radio del bulbo

$$S = \frac{a}{r} 100$$

S = Solape expresado en tanto por 100

a = distancia recubierta por dos bulbos consecutivos.

r = Radio del bulbo.

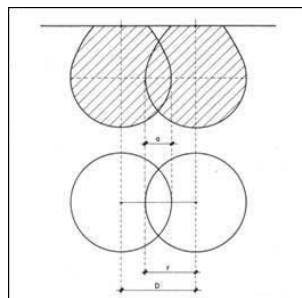


Figura 4. Solape

La distancia D entre goteros consecutivos debe ser: $D = r(2 - \frac{s}{100})$

Se recomienda que el solape deba estar comprendido entre el 15 y el 30 %.

2.6.2.4 Sector de riego

PROAÑO Z., J. (s.f.) propone la siguiente ecuación para el cálculo del sector de riego (SR):

$$SR = \frac{\text{Caudal disponible}}{\text{caudal que requiere cada ha}}$$

2.7 DISEÑO HIDRÁULICO

2.7.1 VELOCIDADES RECOMENDABLES

Según SALAS AF. y URRESTARAZU LP. (2008), como normal general no conviene sobrepasar la velocidad de 3 m/s. En ramales portaemisores, portales laterales y, en general, en las conducciones que tienen muchas salidas conviene una velocidad de alrededor de 1 m/s. En el resto de las tuberías de riego se puede mantener una velocidad de alrededor de 1,5-2 m/s.

En las tuberías de impulsión no se debe sobrepasar los 2 m/s, siendo aconsejable un intervalo de 0,8 a 1,5 m/s, que es lo correspondiente al mínimo coste. La velocidad mínima se sitúa alrededor de 0,5 m/s; si el agua lleva partículas en suspensión no se debe bajar de 0,6 m/s.

BOSWELL MJ. (1990) indica que la velocidad media de flujo en una tubería se puede calcular usando la igualdad $Q = VA$. Cambiando unidades y resolviéndola para V.

$$V = 1\,273 \frac{Q}{D^2}$$

Donde:

V = Velocidad media (m/s)

Q = Caudal (l/s)

D = Diámetro interior (mm)

ARLETTE M., CN *et al.* (2008) manifiesta que los diferentes regímenes de flujo y la asignación de valores numéricos de cada uno fueron reportados por primera vez por Osborne Reynolds en 1883. Reynolds observó que el tipo de flujo adquirido por un líquido que fluye dentro de una tubería depende de la velocidad del líquido, el diámetro de la tubería y de algunas propiedades físicas del fluido.

Así, el número de Reynolds es un número adimensional que relaciona las propiedades físicas del fluido, su velocidad y la geometría del ducto por el que fluye y está dado por:

$$Re = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu}$$

Donde:

Re = Número de Reynolds

D = Diámetro del ducto

v = Velocidad promedio del líquido

ρ = Densidad del líquido

μ = Viscosidad del líquido

Generalmente cuando el número de Reynolds se encuentra por debajo de 2 100 se sabe que el flujo es laminar, el intervalo entre 2 100 y 4 000 se considera como flujo de transición y para valores mayores de 4 000 se considera como flujo turbulento.

2.7.2 PÉRDIDA DE CARGA HIDRÁULICA

BOSWELL MJ. (1990) asegura que a menudo, es conveniente expresar las ecuaciones de pérdida de carga de una forma general, para facilitar su uso en análisis algebraico y en la escritura de programas de ordenador. Tanto la ecuación de Hazen-Williams y de Darcy-Weisbach se pueden expresar en forma general por la ecuación siguiente.

$$H_f = K \times D^{-n} \times Q^m \times L$$

Donde:

H_f = Pérdida de carga (mca)

Q = Caudal (l/s)

L = Longitud de la tubería (m)

D = Diámetro interior

K , n , y m = Coeficiente de pérdidas de carga.

En el cuadro 11 se dan los valores de los coeficientes de pérdida de carga para las ecuaciones de Hazen-Weisbach en tubería de PVC.

Cuadro 11. Constantes para las ecuaciones de pérdidas de carga en tuberías de PVC

EC. PÉRDIDAS DE CARGA	No REYNOLDS (× 1 000)	COEFICIENTES		
		k	n	m
Hazen-Williams	40 - 1 000	$1,1361 \times 10^6$	4,871	1,852
Darcy-Weisbach				
a) Hagen-Poiseuille	0 - 2	$4,20 \times 10^3$	4,000	1,000
b) Blasius	2 - 100	$7,87 \times 10^5$	4,750	1,750
c) Watters-keller	100 - 1 000	$9,59 \times 10^5$	4,828	1,828

FUENTE: BOSWELL MJ. (1990)

2.7.3 PRESIÓN NECESARIA DEL GRUPO DE BOMBEO

Según SALAS AF. y URRESTARAZU LP. (2008), la presión en los emisores de riego localizado para un funcionamiento adecuado está en torno a 1 kg/cm^2 (o entre $0,5$ y 3 kg/cm^2 si los emisores son autocompensantes). Así, la presión necesaria a la salida del cabezal de riego deberá ser la que requieren los emisores más las pérdidas de carga producidas en el paso del agua por las conducciones (tuberías y piezas especiales). Para determinar la presión necesaria al principio de la instalación hay que considerar las pérdidas producidas en el propio cabezal de riego, ocasionadas por los elementos que la componen (filtros, válvulas, contadores, etc.)

Las casas fabricantes deben suministrar los datos correspondiente, a esos elementos. Si no se dispone de estos datos, a efectos de diseño pueden servir los valores que se muestran en el cuadro 12.

Cuadro 12. Pérdida de carga producida por elementos del cabezal de riego

Elemento del cabezal	Pérdida de carga (m)
Hidrociclón	3 - 5
Filtro de arena	3 - 5
Filtro de malla	1 - 3
Filtro anillas	1 - 3
Tanque de fertilización	1 - 4
Inyector hidráulico	4 - 5
Inyector venturi	5 - 20
Regulador de presión	4 - 6
Válvula	1 - 3

FUENTE: SALAS AF. y URRESTARAZU LP. (2008)

La presión necesaria del grupo de bombeo, también llamada altura manométrica total o altura total de elevación, la podemos obtener aplicando la siguiente expresión:

$$H_m = H_o + h_r \text{ impulsión} \pm \Delta Z$$

Donde:

H_m = Altura manométrica total

H_o = Altura de presión a la entrada del cabezal

$h_r \text{ impulsión}$ = Pérdida de carga de la conducción desde la bomba hasta el cabezal

ΔZ = Diferencia de cota entre el nivel del agua y el cabezal

2.8 ANÁLISIS ECONÓMICO

Según BARRERA R. (2000), para hacer un estimativo sobre rentabilidad se toma como unidad de superficie una hectárea. Se estiman como inversiones: el tanque de almacenamiento de agua, el tanque de fertilización, filtros, la tubería que trae el agua que trae el agua del pozo subterráneo o del canal y la que la conduce al campo, los tableros de control, los microtubos, la unidad de bombeo, el terreno, los accesorios necesarios y la mano de obra requerida para la instalación. Como costos variables se consideran: la mano de obra para la operación del sistema, la asistencia técnica, así como los costos de producción de los rubros agrícolas.

Para calcular el gasto fijo anual se estima una vida útil de los implementos de riego y que dependen del material usado y su elaboración. Por ejemplo la motobomba, tanques, accesorios, materiales de polietileno tienen una vida útil de cinco años.

Con base a los datos anteriores se establece la relación beneficio costo para una producción continua durante un año partiendo de los ingresos brutos/año y los costos fijos y variables/año.

Para medir la rentabilidad de un proyecto o negocio cualquiera y hacer comparaciones que permitan escoger la mejor alternativa desde el punto de vista económico la tasa interna de retorno TIR y el valor actual neto VAN son instrumentos de gran importancia.

También la RBC es un cociente entre la suma del “valor futuro de los beneficios” y la suma del “valor de los costos” descontados en la misma tasa de interés.

$$RBC = \frac{\sum VFB}{\sum VFC}$$

Donde:

RBC = Relación beneficio/ costo

$\sum VFB$ = Suma de los beneficios actualizados

$\sum VFC$ = Suma de los costos anuales actualizados

En los proyectos se debe escoger la alternativa que presenta una RBC mas alta y que los proyectos de inversión con una $RBC < 1$ no son rentables; la rentabilidad de un cultivo es el requisito básico para el éxito de la producción agrícola.

2.9 CULTIVOS

2.9.1 SANDÍA (*Citrullus lanatus.*)

2.9.1.1 Riego

MANUAL TÉCNICO DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS EXPERIMENTADOS EN LA PENÍNSULA DE SANTA ELENA. (s.f.) argumenta que el riego que mejor se adapta a este cultivo es el riego por goteo; sin embargo, también se obtienen aceptables rendimientos con otros métodos de

riego, incluido por surcos. Durante el ciclo, según el estado del cultivo, el volumen de agua varía entre 500 a 750 mm.

BASIC IRRIGATION SCHEDULING BIS (s.f., en línea) presenta en el siguiente cuadro el coeficiente de cultivo de sandía en sus cuatro etapas:

Cuadro 13. Valores de Kc sandía

Cultivo	Kc			
	Inicial	Media	Desarrollo	Maduración
Sandía	0,80	1,00	1,00	0,75

FUENTE: BASIC IRRIGATION SCHEDULING BIS (s.f., en línea)

2.9.2 MELÓN (*Cucumis melo* L.)

2.9.2.1 Riego

MANUAL TÉCNICO DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS EXPERIMENTADOS EN LA PENÍNSULA DE SANTA ELENA. (s.f.) asegura que el método de riego que mejor se adapta al melón es el riego por goteo, por tratarse de una planta muy sensible a los encharcamientos, con aporte de agua y nutrientes en función del estado fenológico.

El volumen de riego varía entre 200 a 300 mm de agua por ciclo utilizando riego por goteo.

EL RIEGO (2010) presenta en el siguiente cuadro el coeficiente de cultivo de sandía en sus cuatro etapas:

Cuadro 14. Valores de Kc melón

Cultivo	Kc			
	Inicial	Media	Desarrollo	Maduración
Melón	0,45	0,75	1,00	0,75

FUENTE: EL RIEGO (2010)

2.9.3 PIMIENTO (*Capsicum annuum*.)

2.9.3.1 Riego

MANUAL TÉCNICO DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS EXPERIMENTADOS EN LA PENÍNSULA DE SANTA ELENA. (s.f.) asegura que los requerimientos totales se determinan de acuerdo a las condiciones climáticas y a las variedades que van desde 200 a 300 mm de riego durante el ciclo.

EL RIEGO (2010) detalla el valor del coeficiente del cultivo de pimiento en el siguiente cuadro:

Cuadro 15. Valores de Kc pimiento

Cultivo	Kc			
	Inicial	Media	Desarrollo	Maduración
Pimiento	0,35	0,70	1,05	0,90

FUENTE: EL RIEGO (2010)

2.9.4 MAÍZ (*Zea mays*.)

2.9.4.1 Riego

VÍA RURAL. (s.f., en línea) indica que en el total del ciclo, el maíz requiere de 500 a 600 mm de agua. El máximo consumo diario se da en el período que va desde la octava o novena hoja, que es cuando comienza a formar la espiga y se define el rendimiento potencial máximo de la planta, hasta fines del llenado del grano, donde requiere unos 300 mm.

EL RIEGO (s.f., en línea) asegura que el coeficiente del cultivo de maíz considerando cuatro etapas (cuadro 16).

Cuadro 16. Valores de Kc maíz

Cultivo	Kc			
	Inicial	Media	Desarrollo	Maduración
Maíz	0,40	0,80	1,15	0,70

FUENTE: EL RIEGO (2010)

* * * * *

El sistema de riego por goteo permite aplicar agua filtrada en pequeñas cantidades y los fertilizantes directamente sobre el sistema radicular del cultivo; permite utilizar terrenos accidentados y presenta una eficiencia del 90 %. Una de las principales desventajas que presenta este sistema es el alto costo de inversión.

El sistema de filtrado debe tener la capacidad para transportar el caudal requerido y remover las partículas finas. Normalmente las partículas que se filtran deben tener un tamaño igual o mayor a un octavo del área de flujo del emisor.

El diseño agronómico, determina la cantidad de agua que necesita la planta y que ha de transportar la instalación, correspondiente a las necesidades brutas de riego en las épocas de máxima necesidad; el diseño hidráulico, determina los componentes, dimensiones de la red y funcionamiento de la instalación de riego; el diseño gráfico representa a los dos diseños anteriores y debe presentar la información necesaria para la implementación del diseño en el terreno. Los cálculos del diseño se realizan considerando las características del emisor, topografía, dimensiones de la finca, entre otros.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El estudio para el sistema de riego por goteo se realizó en la finca “Las Mercedes”, ubicada a 5 km de Olón, recinto San Vicente de Loja, parroquia Manglaralto, cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena; entre los meses de noviembre del 2010 y mayo del 2011. La ubicación geográfica es 01°47'10" latitud sur y 80° 44'55" longitud oeste.

El trabajo consistió en realizar el levantamiento topográfico especificando las curvas de nivel del sector cada metro; con lo cual se pudo diseñar cinco hectáreas de riego por goteo parcelario para los cultivos de sandía, melón, pimiento y maíz, en sus tres componentes: diseño agronómico, diseño hidráulico y diseño gráfico.

3.2 CARACTERÍSTICAS AGROQUÍMICAS DEL SUELO Y AGUA

El suelo a una profundidad de 20 cm, presenta las siguientes características (cuadros 2A y 3A):

pH	7,3		Parcialmente neutro
Nitrógeno	36	ppm	Medio
Fósforo	47	ppm	Alto
Potasio	6,98	meq/100ml	Alto
Calcio	22	meq/100ml	Alto
Magnesio	4,8	meq/100ml	Alto
Azufre	5	ppm	Medio

Zinc	2,7	ppm	Bajo
Cobre	5,8	ppm	Alto
Hierro	16	ppm	Bajo
Manganeso	7,1	ppm	Medio
Boro	0,70	ppm	Alto
Densidad aparente	1,5		
Materia orgánica	3,1		Medio
Sumatoria de bases	33,78	meq/100ml	

Así mismo, el análisis de extracto de pasta de suelo (cuadro 4A) indica:

pH	8,4	
CE	0,50	ds/m
Na	0,11	meq/l
K	1,41	meq/l
Ca	2,57	meq/l
Mg	0,91	meq/l
CO ₃ H	5,0	meq/l
CO ₃	2,2	meq/l
SO ₄	0,28	meq/l
Cl	1,5	meq/l
RAS	1,0	
PSI	1	

Estas características hablan de un suelo no salino, una CE de 0,50 ds / m que no va a influir en el rendimiento del cultivo.

Para el riego de los cultivos se va a utilizar agua de río, el análisis químico de agua de menciona (cuadro 5A) arroja los siguientes datos:

pH	7,5	
CE	910	$\mu\text{S/m}$
Ca^{++}	5,55	meq/l
Na^+	2,17	meq/l
Mg^{++}	1,15	meq/l
K^+	0,23	meq/l
Suma de cationes	9,1	meq/l
$\text{CO}_3^=$	0,48	meq/l
CO_3H^-	3,8	meq/l
$\text{SO}_4^=$	1,9	meq/l
Cl^-	3,0	meq/l
Suma de aniones	9,18	meq/l

Calidad del agua de riego

$$\text{Error (\%)} = 200 \frac{\Sigma \text{ cationes} - \Sigma \text{ aniones}}{\Sigma \text{ cationes} + \Sigma \text{ aniones}}$$

$$\text{Error (\%)} = 200 \frac{9,1 - 9,18}{9,1 + 9,18}$$

$$\text{Error (\%)} = 0,87$$

Según los criterios de FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ M y FERNÁNDEZ URGELLÉS O. (2007) el análisis del agua de río que se emplea en el riego de los cultivos presenta un error de 0,87 lo que quiere decir que los resultados del análisis del agua son confiables.

De acuerdo a los criterios establecidos por AYERS RS y WESTCOT DW. (1985), en las directrices para la interpretación de la calidad de agua para riego los datos obtenidos en el análisis de agua señalan lo siguiente:

- La conductividad eléctrica que posee el agua de riego es de 910 $\mu\text{S}/\text{m}$ o $\text{CE} = 0,91 \text{ dS}/\text{m}$, que corresponde a una calidad de agua con leves restricciones de uso en riego.
- El calculo SAR señala el riesgo de sodificación del complejo de cambio (degradación de la estructura del suelo). El índice SAR hace referencia a la proporción relativa en que se encuentran el ion sodio y los iones calcio y magnesio; en la que los cationes se expresan en meq/l .

$$\begin{aligned}\text{SAR} &= \text{Na} / \sqrt{(\text{Ca} + \text{Mg}) / 2} \\ \text{SAR} &= 2,17 / \sqrt{(5,55 + 1,15) / 2} \\ \text{SAR} &= 2,17 / \sqrt{3,35} \\ \text{SAR} &= 2,17 / 1,83 \\ \text{SAR} &= 1,18\end{aligned}$$

Si los valores SAR están entre 0 y 3, de acuerdo a la conductividad eléctrica (CE_w) del agua de riego, puede presentar restricciones: con una $\text{CE}_w \geq 0,7 \text{ dS}/\text{m}$ el agua no presenta restricciones; si la CE_w esta entre 0,7-0,2 dS/m el agua para riego presenta restricción moderada; la restricción del agua de riego es grave cuando el agua tiene valores de $\text{CE}_w < 0,2 \text{ dS}/\text{m}$. En este caso el análisis $\text{SAR} = 1,18$ y el agua presenta una $\text{CE}_w = 0,91 \text{ dS}/\text{m}$, por lo tanto podemos decir que el agua presenta escaso o ningún poder de sodificación.

El agua de río analizada presenta salinidad leve a media, sin embargo, se puede utilizar para riego en suelos con buen drenaje, sembrar cultivos que toleren la salinidad; contienen bajo contenido de sodio y se puede emplear en la mayoría de los casos.

3.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS

Las condiciones climáticas que registra la estación Suspiro, se detallan en el cuadro 17.

Cuadro 17. Registro histórico del periodo 1991 - 1996

Estación: Suspiro

Latitud: 2° 15' S

Longitud: 80° 35' E

Elevación: 35

Meses - Variables	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)			Vel. Viet. (m/s)		Precipitación	Evaporación
	Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.	Día	Noche	mm	mm
Enero	30,6	21,2	25,9	91	68	80	9,3	5,1	39,5	161,3
Febrero	30,4	21,7	26,1	92	70	81	8,3	4,9	125,8	130,5
Marzo	31,7	21,0	26,4	93	68	81	6,9	4,0	92,8	173,5
Abril	31,5	20,5	26,0	89	65	77	7,6	4,1	18,5	131,9
Mayo	29,7	20,7	25,2	93	71	82	7,3	3,3	11,9	151,7
Junio	26,6	19,7	23,2	95	80	88	5,0	2,5	12,5	117,0
Julio	24,6	19,3	22,0	96	84	90	4,8	3,0	17,6	77,0
Agosto	24,3	18,5	21,4	96	82	89	6,2	3,9	14,1	59,0
Septiembre	24,7	18,6	21,7	95	80	88	6,5	2,9	6,3	71,5
Octubre	24,1	19,0	21,6	97	84	91	6,4	3,3	38,6	96,0
Noviembre	24,3	19,4	21,9	97	82	90	5,1	2,7	9,8	121,6
Diciembre	29,0	20,0	24,5	93	70	82	8,0	4,3	26,1	164,4

FUENTE: SICA (s.f., en línea)

3.4 MATERIALES

3.4.1 EQUIPO DE CAMPO

En el trabajo de levantamiento topográfico, se emplearon los siguientes materiales:

- Machete
- Motoguadaña
- Estacas
- Cinta métrica
- Teodolito

- Mira vertical
- GPS
- Tablero
- Hojas
- Lápiz
- Cámara fotográfica

3.4.2 EQUIPO DE OFICINA

Durante el diseño del sistema de riego se emplearon los siguientes materiales:

- Software AutoCAD 2010
- Calculadora
- Computadora
- Análisis de agua
- Análisis de suelo
- Catálogo de materiales de riego
- Hojas

3.5 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Para facilitar el levantamiento topográfico del predio destinado al diseño de riego fue necesario limpiar el terreno mediante el uso de machete, motoguadaña y rastrillo.

En el predio específicamente en los puntos de inflexión, fue necesario colocar estacas de madera pintadas de color blanco, las mismas que facilitan la ubicación de los puntos que se consideran para el levantamiento topográfico.

Antes de realizar el levantamiento en el área a diseñar el riego, fue necesario usar el nivel y la mira vertical para transportar el BM 1,5 km aproximadamente, hasta el terreno a levantar. El levantamiento topográfico se realizó mediante el uso de

teodolito y mira vertical; el método topográfico empleado fue taquimetría; este proceso no se necesita recorrer toda la línea a medir. Todo lo que se necesita es que un asistente, el cual lleva consigo una mira vertical sobre la cual se hacen las observaciones con el teodolito, se coloque en los puntos en los cuales se requiere determinar las distancias y elevación.

El levantamiento topográfico se realizó con la finalidad de determinar: linderos, ríos, caminos, construcciones existentes, la configuración y la posición sobre la superficie de la tierra del terreno destinado para el diseño del sistema de riego (cuadros 1A y figura 1A).

3.6 DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO

3.6.1 DISEÑO AGRONÓMICO

El diseño agronómico representa la primera fase donde se determina el requerimiento de riego del cultivo y cantidad de agua que ha de transportar la instalación, correspondiente a las necesidades brutas de riego en las épocas de máxima necesidad.

Entre los parámetros que comprende el diseño agronómico están: necesidades netas, necesidades totales de riego; dosis, frecuencia, tiempo de riego, número y disposición de los emisores. Todos estos valores determinarán los cálculos del diseño gráfico e hidráulico.

3.6.1.1 Cálculo de la evapotranspiración potencial (ET_o)

Para realizar el cálculo de la evapotranspiración potencial se utilizó la ecuación del tanque evaporímetro clase A. La ecuación de Penman modificada no se empleó debido a la falta de datos de la estación meteorológica Suspiro.

$$ET_o = EB \times K_p$$

$$ET_o = 5,6 \frac{\text{mm}}{\text{día}} \times 0,7$$

$$ET_o = 3,92 \text{ mm/día}$$

Para efectos de diseño de riego, el cálculo se realiza con los datos del mes de mayor evaporación media que corresponde a marzo, con un valor de $ET_o=3,92$ mm/día.

3.6.1.2 Pimiento (*Capsicum annuum*.)

Los requerimientos totales de agua se determinan de acuerdo a las condiciones climáticas y a las variedades que van desde 200 a 300 mm de riego durante el ciclo en la península de Santa Elena. El coeficiente de cultivo (K_c) va desde 0,35 en la etapa inicial y 1,05 en la etapa de desarrollo del cultivo.

El presente diseño de riego contempla sembrar 1 ha de pimiento con un marco de plantación de 1,5 m entre línea x 0,30 m entre planta sembradas a doble hilera, logrando una densidad de 44 444 plantas/ha. El caudal de agua de río disponible para riego en la época más crítica es de 11 l/s. El intervalo entre riego será de 1 día con el empleo de emisores (goteros) con un caudal de 2 l/h.

Evapotranspiración de cultivo (ET_c)

Para el cultivo de pimiento el máximo valor de $K_c= 1,05$ correspondiente a la etapa de desarrollo. Para determinar la evapotranspiración del cualquier cultivo de pimiento se emplea la siguiente fórmula:

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

$$ET_c = 3,92 \text{ mm/día} \times 1,05$$

$$ET_c = 4,12 \text{ mm/día}$$

Efecto de localización (K_L)

El efecto de localización considera la superficie sombreada con la proyección sobre el terreno del perímetro de la cobertura vegetal. En este caso, las plantas están sembradas a doble hilera, provocando una sombra en franja sobre la superficie del terreno correspondiente a 6 000 m², por lo que se hace necesario calcular el factor de corrección K_L:

$$A = \frac{\text{Área Sombreada}}{\text{Área Total}}$$

$$A = \frac{6\,000\text{m}^2}{10\,000\text{m}^2}$$

$$A = 0,6$$

$$K_1 = 1,34 A = 1,34 (0,6) = 0,804 \quad *$$

$$K_1 = 0,1 + A = 0,1 + 0,6 = 0,7$$

$$K_1 = A + 0,5(1 - A) = 0,6 + 0,5(1 - 0,6) = 0,6 + 0,2 = 0,8$$

$$K_1 = A + 0,15(1 - A) = 0,6 + 0,15(1 - 0,6) = 0,6 + 0,06 = 0,66 \quad *$$

$$0,7 + 0,8 = 1,5 \div 2 = 0,75 \text{ K}_1$$

Se toma como valor de K_L la medida de los valores intermedios anteriores, después de eliminar los dos valores extremos. K_L=0,75

Variación climática (K_r)

Debido a las variaciones en toma de datos en valores referentes a la media, es necesario utilizar un 15-20 % que permita aplicar con mucha exactitud la cantidad de agua necesaria; en este caso se considera conveniente mejorar en un 15 %.

$$K_r = 1,15$$

Variación por advención (Ka)

Según BOSWELL MJ. (1990) y SALAS AF. y URRESTARAZU LP. (2008) los efectos del movimiento de aire por advención, tienen un efecto considerable en el microclima que afecta al cultivo, ya que este microclima depende, además del propio cultivo, de la extensión de la superficie regada y de las características de los terrenos colindantes. El coeficiente Ka se da en función de la naturaleza del cultivo y del tamaño de la superficie regada, en este caso 1ha.

$$K_a = 0,97$$

Necesidades netas (Nn)

Para el cálculo de las necesidades netas se considera la evapotranspiración potencial del cultivo, el efecto de localización, variación climática y advención. En este caso el pimiento presenta unas necesidades netas de 3,44 mm/día.

$$N_n = E_{Tc} \times K_l \times K_r \times K_a$$

$$N_n = 4,12 \times 0,75 \times 1,15 \times 0,97$$

$$N_n = 3,44 \text{ mm/día}$$

Necesidades totales (Nt)

Las necesidades totales son mayores que las necesidades netas, ya que es preciso aportar cantidades adicionales en las que se debe considerar la fracción de lavado y el coeficiente de uniformidad del sistema de riego:

- **Fracción de lavado - Cálculo de K**

$$K = 1 - E_a = 1 - 0,90 = 0,1$$

En este caso se ha considerado necesario aumentar el valor de la fracción de lavado a 0,2 para asegurar un óptimo lavado.

- **Coefficiente de uniformidad**

Considerando lo establecido por SALAS AF. y URRESTARAZU LP. (2008) se asume un valor de 0,90 como el coeficiente de uniformidad del sistema de riego.

$$N_t = \frac{N_n}{(1 - K)CU} = \frac{3,44}{(1 - 0,2)0,90} = \frac{3,44}{0,72} = 4,77 \text{ mm/día}$$

Volumen de agua a aplicar

El volumen a aplicar se obtiene con el valor de la lámina bruta (necesidades netas) multiplicando por la superficie de riego 1 ha, para el cultivo de pimiento el volumen de agua a aplicar es 47,7 m³/ha/día.

Selección de emisor

Los goteros empleados serán de 2 l/h que están incorporados a la manguera de 16 mm. Los goteros requieren un filtrado de 120 a 140 mesh. El canal de flujo, moldeado con precisión, proporcionando una aplicación uniforme de agua y fertilizantes a la zona de la raíz, lo que permite regar con una mayor longitud de manguera. Resiste rasgaduras y es menos susceptible a sufrir daños, lo que asegura un producto duradero.

Cuadro 18. Características técnicas del emisor

Diámetro interior	Caudal	Presión de trabajo		
		Mínimo (PSI)	Máximo (PSI)	Lavado (PSI)
mm.	l/h			
16	2	6	12	15

En el presente diseño de riego estos emisores serán empleados para regar todos los cultivos: pimiento, maíz, sandía y melón.

Área mojada por emisor

El emisor empleado en el sistema de riego es un gotero con un caudal de 2 l/h, el radio del bulbo húmedo es 0,40 m, entonces:

$$Ae = \pi r^2 = 0,5m^2$$

Con el gotero de 2 l/h se obtiene un área mojada por emisor de 0,5 m².

Número de emisores

En el riego de cultivos de alta densidad es preferible realizar los cálculos por m² en lugar de por planta. La disposición típica de estos cultivos es de una tubería lateral por cada línea de plantas, con emisores muy próximos entre si (30-80 cm.); en estos casos se recurre no humedecer cada planta, sino formar una franja húmeda continua a lo largo de la línea.

Como los cálculos se hacen por m², Sp (marco de plantación) = 1

$$e = \frac{1}{S \times L}$$

$$e = \frac{1}{0,5 \times 1,5}$$

$$e = 1,33 \text{ emisores/m}^2$$

Donde:

S= Espaciamiento entre goteros

L= Distancia entre laterales

Tiempo de riego

$$t = \frac{d \times A}{q} = \frac{4,77 \times 0,5}{2} = 1,19h$$

Este resultado indica que para cubrir las necesidades netas del cultivo de pimiento con los goteros a una distancia de 0,5 m se debe regar 1,19 horas; es decir 1 hora 11 minutos diarios cada sector en la época de mayor demanda hídrica del cultivo.

Determinación del sector de riego (SR)

El sector de riego se calcula de la siguiente manera:

Caudal/ha = Caudal gotero x Número de goteros

Caudal/ha = 2 l/h x 13 333 goteros

Caudal/ha = 26 666 l/h/ha = 7,40 l/s

$$SR = \frac{\text{Caudal disponible}}{\text{Caudal que requiere cada ha}}$$

$$SR = \frac{11 \text{ l/s}}{7,40 \text{ l/s}} = 1,48 \text{ ha}$$

Considerando el caudal de agua disponible en la fuente de agua (rio) y el caudal que requiera cada hectárea de cultivo de pimiento; el sector de riego puede ser máximo de 1,48 ha.

Para este diseño para el cultivo de pimiento se ha considerado un sector de riego de 1 ha, con un caudal de 7,40 l/s, el mismo que se puede cubrir con el caudal del agua de rio existente (11 l/s).

3.6.1.3 Maíz (*Zea mays.*)

En el total del ciclo, las necesidades de agua en el maíz generalmente varía entre 500 a 600 mm El coeficiente de cultivo (Kc) va desde 0,40 en la etapa inicial, 0,80 en la etapa media, el mayor Kc en la etapa de desarrollo 1,15 y en la etapa de maduración desciende a 0,70 en la etapa de maduración. y 1,05 en la etapa de desarrollo del cultivo.

Para la siembra de maíz se destinó 1 ha, con un marco de plantación de 1,5 m entre línea x 0,30 m entre planta sembradas a doble hilera, logrando una densidad de 44 444 plantas/ha. El caudal de agua de río disponible para riego en la época más crítica es de 11 l/s. El intervalo entre riego será de 1 día con el empleo de emisores (goteros) con un caudal de 2 l/h.

Evapotranspiración de cultivo (ETc)

Para el cultivo de maíz el máximo valor de Kc= 1,15 correspondiente a la etapa de desarrollo.

Para determinar la evapotranspiración del maíz se emplea la siguiente fórmula:

$$ETc = ETo \times Kc$$

$$ETc = 3,92 \frac{\text{mm}}{\text{día}} \times 1,15$$

$$ETc = 4,5 \text{ mm/día}$$

Efecto de localización (Kl)

El efecto de localización considera la superficie sombreada con la proyección sobre el terreno del perímetro de la cobertura vegetal. En este caso las plantas están sembradas a doble hilera, provocando una sombra en franja sobre la superficie del terreno correspondiente a 6 000 m², por lo que se hace necesario calcular el factor de corrección Kl:

$$A = \frac{\text{Área Sombreada}}{\text{Área Total}}$$

$$A = \frac{6000\text{m}^2}{10000\text{m}^2}$$

$$A = 0,6$$

$$Kl = 1,34 A = 1,34 (0,6) = 0,804 \quad *$$

$$Kl = 0,1 + A = 0,1 + 0,6 = 0,7$$

$$Kl = A + 0,5(1 - A) = 0,6 + 0,5(1 - 0,6) = 0,6 + 0,2 = 0,8$$

$$Kl = A + 0,15(1 - A) = 0,6 + 0,15(1 - 0,6) = 0,6 + 0,06 = 0,66 \quad *$$

$$0,7 + 0,8 = 1,5 \div 2 = 0,75 \text{ Kl}$$

Se toma como valor de Kl la medida de los valores intermedios anteriores, después de eliminar los dos valores extremos. Kl=0,75

Variación climática (Kr)

Esta corrección es necesario realizar, debido a las variaciones en toma de datos en valores referentes a la media, es necesario utilizar un 15-20 % que permita aplicar con mucha exactitud la cantidad de agua necesaria; en este caso se considera conveniente adicionar 15 %.

$$Kr = 1,15$$

Variación por advención (Ka)

BOSWELL MJ. (1990) y SALAS AF. y URRESTARAZU LP. (2008) indica que los efectos del movimiento de aire por advención, tienen un efecto considerable en el microclima que afecta al cultivo, ya que este microclima depende, además del propio cultivo, de la extensión de la superficie regada y de las características de los terrenos colindantes. El coeficiente Ka se da en función de la naturaleza del cultivo y del tamaño de la superficie regada, en este caso 1ha.

$$Ka = 0,97$$

Necesidades netas (Nn)

Para el cálculo de las necesidades netas se considera la evapotranspiración potencial del cultivo, el efecto de localización, variación climática y advención. En este caso el maíz presenta unas necesidades netas de 3,76 mm/día.

$$Nn = ETc \times Kl \times Kr \times Ka$$

$$Nn = 4,5 \times 0,75 \times 1,15 \times 0,97$$

$$Nn = 3,76 \text{ mm/día}$$

Necesidades totales (Nt)

Las necesidades totales son mayores que las necesidades netas, ya que es preciso aportar cantidades adicionales en las que se debe considerar la fracción de lavado y el coeficiente de uniformidad del sistema de riego:

- **Fracción de lavado - Cálculo de K**

$$K = 1 - Ea = 1 - 0,90 = 0,1$$

En este caso se ha considerado necesario aumentar el valor de la fracción de lavado a 0,2 para asegurar un óptimo lavado.

- **Coefficiente de uniformidad**

Considerando lo establecido por SALAS AF. y URRESTARAZU LP. (2008) se asume un valor de 0,90 como el coeficiente de uniformidad del sistema de riego.

$$Nt = \frac{Nn}{(1 - K)CU} = \frac{3,76}{(1 - 0,2)0,90} = \frac{3,76}{0,72} = 5,22 \text{ mm/día}$$

Volumen de agua a aplicar

El volumen a aplicar se obtiene con el valor de la lámina bruta (necesidades netas) multiplicando por la superficie de riego 1 ha, para el cultivo de maíz el volumen de agua a aplicar es 52,2 m³/ha/día

Área mojada por emisor

El emisor empleado en el sistema de riego es un gotero con un caudal de 2 l/h, el radio del bulbo húmedo es 0,40 m, entonces:

$$Ae = \pi r^2 = 0,5m^2$$

Con el gotero de 2 l/h se obtiene un área mojada por emisor de 0,5 m².

Número de emisores

En el riego de cultivos de alta densidad es preferible realizar los cálculos por m² lugar de por planta. La disposición típica de estos cultivos es de una tubería lateral por cada línea de plantas, con emisores muy próximos entre si (30-80 cm.), en estos casos se recurre no a humedecer cada planta, sino a formar una franja húmeda continua a lo largo de la línea.

Como los cálculos se hacen por m², Sp (marco de plantación) = 1

$$e = \frac{1}{S \times L}$$

$$e = \frac{1}{0,5 \times 1,5}$$

$$e = 1,33 \text{ emisores/m}^2$$

Tiempo de riego

$$t = \frac{d \times A}{q} = \frac{5,22 \times 0,5}{2} = 1,30 \text{ h}$$

Este resultado indica que para cubrir las necesidades netas del cultivo de maíz con los goteros a una distancia de 0,5 m se debe regar 1,30 horas; es decir 1 hora 18 minutos diarios cada sector en la época más seca.

Determinación del sector de riego (SR)

El sector de riego se calcula de la siguiente manera:

Caudal/ha = Caudal gotero x Numero de goteros

Caudal/ha = 2 l/h x 13 333 goteros

Caudal/ha = 26 666 l/h/ha = 7,40 l/s

$$SR = \frac{\text{Caudal disponible}}{\text{Caudal que requiere cada ha}}$$

$$SR = \frac{11 \text{ l/s}}{7,40} = 1,48 \text{ ha}$$

Considerando el caudal de agua disponible en la fuente de agua (rio) y el caudal que requiera cada hectárea de cultivo de maíz; el sector de riego puede ser máximo de 1,48 ha.

Para este diseño para el cultivo de maíz se ha considerado un sector de riego de 1 ha, con un caudal de 7,40 l/s, el mismo que se puede cubrir con el caudal del agua de rio existente (11 l/s).

3.6.1.4 Sandía (*Citrullus lanatus.*) y melón (*Cucumis melo L.*)

Los requerimientos totales de agua se determinan de acuerdo a las condiciones climáticas y a las variedades que van desde 500 a 750 mm para el cultivo de sandía y 200 a 300 mm por ciclo utilizando riego por goteo en la península de Santa Elena. El cultivo de melón y sandía se establece en 1,00 como el valor máximo de coeficiente de cultivo (Kc).

El caudal de agua de río disponible para riego en la época más crítica es de 11 l/s. El intervalo entre riego será de 1 día con el empleo de emisores (goteros) con un caudal de 2 l/h.

El presente diseño de riego contempla sembrar 1,5 ha de melón con un marco de plantación de 2,00 m entre línea x 0,35 m entre planta, logrando una densidad de 14 285 plantas/ha. En otras 1,5 ha se tiene previsto sembrar sandía con un marco de plantación de 4,00 m entre línea x 0,50 m entre planta, logrando una densidad de 5 000 plantas/ha.

Evapotranspiración de cultivo (ETc) sandía y melón

Para el cultivo de sandía el máximo valor de Kc= 1,00 correspondiente a la etapa media y de desarrollo.

Para determinar la evapotranspiración del cualquier cultivo de sandía se emplea la siguiente fórmula:

$$ETc = ETo \times Kc$$

$$ETc = 3,92 \frac{\text{mm}}{\text{día}} \times 1$$

$$ETc = 3,92 \text{ mm/día}$$

Efecto de localización (K_L)

En este caso el Efecto de localización (K_L) que se considera es 1, debido a que el área sombreada es igual al área total.

Variación climática (K_r)

Generalmente debido a las variaciones en toma de datos en valores referentes a la media, se recomienda utilizar un 15-20 % con la finalidad de aplicar con más exactitud la cantidad de agua necesaria; en este caso se considera conveniente mejorar en un 15 %.

$$K_r = 1,15$$

Variación por advención (K_a)

Según BOSWELL MJ. (1990) y SALAS AF. y URRESTARAZU LP. (2008) los efectos del movimiento de aire por advención, tienen un efecto considerable en el microclima que afecta al cultivo, ya que este microclima depende, además del propio cultivo, de la extensión de la superficie regada y de las características de los terrenos colindantes. El coeficiente K_a se da en función de la naturaleza del cultivo y del tamaño de la superficie regada en este caso 1,5 ha.

$$K_a = 0,97$$

Necesidades netas (N_n)

Para el cálculo de las necesidades netas se considera la evapotranspiración potencial del cultivo, el efecto de localización; variación climática y advención. En este caso de sandía y melón presentan unas necesidades netas de 4,37 mm/día.

$$N_n = E_{Tc} \times K_l \times K_r \times K_a$$

$$N_n = 3,92 \times 1 \times 1,15 \times 0,97$$

$$N_n = 4,37 \text{ mm/día}$$

Necesidades totales (Nt)

Las necesidades totales son mayores que las necesidades netas, ya que es preciso aportar cantidades adicionales en las que se debe considerar la fracción de lavado y el coeficiente de uniformidad del sistema de riego.

- **Fracción de lavado - Cálculo de K**

$$K = 1 - E_a = 1 - 0,90 = 0,1$$

En este caso se ha considerado necesario aumentar el valor de la fracción de lavado a 0,2 para asegurar un óptimo lavado.

- **Coefficiente de uniformidad**

Considerando lo establecido por SALAS AF. y URRESTARAZU LP. (2008) se asume un valor de 0,90 como el coeficiente de uniformidad del sistema de riego.

$$N_t = \frac{N_n}{(1 - K)CU} = \frac{4,37}{(1 - 0,2)0,90} = \frac{4,37}{0,72} = 6,07 \text{ mm/día}$$

Volumen de agua a aplicar

El volumen a aplicar se obtiene con el valor de la lamina bruta (necesidades netas) multiplicando por la superficie de riego 1 ha, para el cultivo de sandía y melón el volumen de agua a aplicar es 60,7 m³/ha/día

Área mojada por emisor

El emisor empleado en el sistema de riego es un gotero con un caudal de 2 l/h, el radio del bulbo húmedo es 0,40 m

$$Ae = \pi r^2 = 0,5m^2$$

Con el gotero de 2 l/h se obtiene un área mojada por emisor de 0,5 m².

Número de emisores

En el riego de cultivos de alta densidad es preferible realizar los cálculos por m² en lugar de por planta. La disposición típica de estos cultivos es de una tubería lateral por cada línea de plantas, con emisores muy próximos entre si (30-80 cm.), en estos casos se recurre no a humedecer cada planta, sino a formar una franja húmeda continua a lo largo de la línea.

Como los cálculos se hacen por m², Sp (marco de plantación) = 1

- **Sandía**

$$e = \frac{1}{S \times L}$$

$$e = \frac{1}{0,5 \times 4}$$

$$e = 0,5 \text{ emisores/m}^2$$

- **Melón**

$$e = \frac{1}{S \times L}$$

$$e = \frac{1}{0,5 \times 2}$$

$$e = 1 \text{ emisores/m}^2$$

Tiempo de riego

- **Sandía**

$$t = \frac{d \times A}{q} = \frac{6,07 \times 0,5}{2} = 1,52 \text{ h}$$

Este resultado indica que para cubrir las necesidades netas del cultivo de sandía con los goteros a una distancia de 0,5 m se debe regar 1,52 horas; es decir 1 hora 31 minutos diarios cada sector en la época más seca.

- **Melón**

$$t = \frac{d \times A}{q} = \frac{6,07 \times 0,5}{2} = 1,52 \text{ h}$$

Este resultado indica que para cubrir las necesidades netas del cultivo de melón con los goteros a una distancia de 0,5 m se debe regar 1,52 horas; es decir 1 hora 31 minutos diarios cada sector en la época más seca.

Determinación del sector de riego (SR)

El sector de riego se calcula de la siguiente manera:

- **Sandía**

Caudal/ha = Caudal gotero x Numero de goteros

Caudal/ha = 2 l/h x 5 000 goteros

Caudal/ha = 10 000 l/h /ha = 2,77 l/s

$$SR = \frac{\text{Caudal disponible}}{\text{Caudal que requiere cada ha}}$$

$$SR = \frac{11 \text{ l/s}}{2,77} = 3,97 \text{ ha}$$

Considerando el caudal de agua disponible en la fuente de agua (rio) y el caudal que requiera cada hectárea de cultivo de sandía; el sector de riego puede ser máximo de 3,97 ha.

Para el cultivo de sandía se ha considerado un sector de riego de 1,50 ha, con un caudal de 4,15 l/s, el mismo que se puede cubrir con el caudal del agua de rio existente (11 l/s).

- **Melón**

Caudal/ha = Caudal gotero x Numero de goteros

Caudal/ha = 2 l/h x 10 000 goteros

Caudal/ha = 20 000 l/h /ha = 5,55 l/s

$$SR = \frac{\text{Caudal disponible}}{\text{Caudal que requiere cada ha}}$$

$$SR = \frac{11 \text{ l/s}}{5,55} = 1,98 \text{ ha}$$

Considerando el caudal de agua disponible en la fuente de agua (rio) y el caudal que requiera cada hectárea de cultivo de melón, el sector de riego puede ser máximo de 1,98 ha.

El melón al igual que la sandia tienen un sector de riego de 1,5 ha, que en el melón representa un caudal de 8,32 l/s, el mismo que se puede cubrir con el caudal del agua de rio existente (11 l/s).

3.6.1.5 Resumen del diseño agronómico

En el cuadro 19 se muestran los resultados más relevantes de los cálculos realizados en el diseño agronómico; el caudal con el que se diseñó el riego es 8,32 l/s.

Cuadro 19. Resumen del diseño agronómico

Cultivo	Necesidades netas/ha	Tiempo de riego/ha	Caudal/ha	Sector máximo de riego	Sector de riego	Caudal/Sector
Pimiento	4,77 mm/día	1,19 h	7,40 l/s	7,40 l/s	1 ha	7,40 l/s
Maíz	5,22 mm/día	1,30 h	7,40 l/s	7,40 l/s	1 ha	7,40 l/s
Sandía	6,07 mm/día	1,52 h	2,77 l/s	3,97 l/s	1,5 ha	4,15 l/s
Melón	6,07 mm/día	1,52 h	5,55 l/s	1,98 l/s	1,5 ha	8,32 l/s

3.6.2 DISEÑO HIDRÁULICO Y GRÁFICO

Con el diseño hidráulico se determinan los componentes, dimensiones de la red y funcionamiento de la instalación de riego, de tal manera que se puedan aplicar las necesidades de agua al cultivo en el tiempo que se haya establecido, teniendo en cuenta el diseño agronómico previamente realizado.

Comprende el cálculo de las conducciones del sistema de riego a presión, haciendo uso de modelos matemáticos, considerando las características del emisor elegido, topografía y dimensiones de la finca y otros. Los cálculos hidráulicos consisten en dimensionar las tuberías, teniendo en cuenta normas establecidas de caudales de presión y velocidades.

3.6.2.1 Determinación de tubería terciaria

Para determinar que tubería se empleará en el diseño de riego, sea ésta primaria, secundaria o terciaria, se debe considerar los siguientes parámetros: la velocidad, número de Reynolds y las pérdidas de cargas no deberán ser mayores al 20 % con relación a la presión de trabajo del emisor. Para este calculo se considera una manguera de 16 mm de diámetro nomina.

- **Cálculo de velocidad (v)**

El tipo de flujo adquirido por un líquido que fluye dentro de una tubería depende de la velocidad del líquido, el diámetro de la tubería y de algunas propiedades físicas del fluido. La velocidad media de flujo en una tubería se puede calcular usando la siguiente formula:

$$v = 1\,273 \frac{Q}{D^2}$$

$$v = 1\,273 \frac{0,062}{13,6^2}$$

$$v = 0,43 \text{ m/s}$$

El criterio de análisis que se recomienda generalmente es que la velocidad media no supere 2,00 m/s.

- **Cálculo del número de Reynolds**

El número de Reynolds es un número adimensional que relaciona las propiedades físicas del fluido, su velocidad y la geometría del ducto por el que fluye:

Datos:

$$\rho = 1\,000 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$$

$$v = 0,43 \text{ (m/s)}$$

$$D = 0,0136 \text{ (m)}$$

$$\mu = 0,001 \text{ (Kg/m x s)}$$

$$Re = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{0,0136 \cdot 0,43 \cdot 1\,000}{0,001}$$

$$Re = 5\,848$$

Para calcular las pérdidas de carga por fricción en las líneas de 16 mm, primero se procedió a determinar el número de Reynolds, con la finalidad de establecer qué ecuaciones o modelos matemáticos se deben utilizar en el cálculo de pérdidas; en este caso el número de Reynolds es menor a 5 848, rango en el que no es aplicable la fórmula de Hazen-Williams, debido a esto se utilizó la ecuación de Blasius que corresponde a números de Reynolds entre 2 000 y 100 000.

▪ **Cálculo de la pérdida de carga por la ecuación de Blasius**

$$H_f = K \times D^{-n} \times Q^m \times L$$

$$H_f = 7,87 \times 10^5 \times 13,6^{-4,750} \times 0,062^{1,750} \times 56$$

$$H_f = 1,40 \text{ m. c. a} = 2,00 \text{ PSI}$$

Donde:

H_f = Pérdida de carga (mca)

Q = Caudal (l/s)

L = Longitud de la tubería (m)

D = Diámetro interior

$K, n, \text{ y } m$ = Coeficiente de pérdidas de carga.

Finalmente se observa que la pérdida de carga por fricción total en la línea de 16 mm es 2,00 PSI.

Considerando la velocidad del fluido, el número de Reynolds y la pérdida de carga se puede concluir que se puede emplear la manguera de 16 mm como tubería terciaria.

3.6.2.2 Determinación de tubería secundaria

Las tuberías secundarias son determinadas de acuerdo al plano y considerando la distribución de las tuberías en cada módulo. Los módulos de riego son cuatro y

están divididos por cultivos: pimiento, maíz, melón y sandía; en este caso las tuberías secundarias corresponden a un diseño telescópico con diámetros nominales de 40, 50 y 63 mm.

- **Cálculo de velocidad (v)**

El tipo de flujo adquirido por un líquido que fluye dentro de una tubería depende de la velocidad del líquido, el diámetro de la tubería y de algunas propiedades físicas del fluido. Para el cálculo de esta tubería secundaria se utilizó la ecuación:

$$v = 1\,273 \frac{Q}{D^2}$$

Obteniendo una velocidad de 1,26; 1,60 y 1,52 m/s para cada tubería respectivamente. El criterio de análisis que se recomienda generalmente es que la velocidad media no debe superar el valor de 2,00 m/s.

- **Cálculo del número de Reynolds**

El número de Reynolds es un número adimensional que relaciona las propiedades físicas del fluido, su velocidad y la geometría del ducto por el que fluye:

$$Re = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu}$$

Para calcular las pérdidas de carga por fricción en las tuberías secundarias, primero se procedió a determinar el número de Reynolds, con la finalidad de establecer qué ecuaciones o modelos matemáticos se deben utilizar en el cálculo de pérdidas; de la tubería de 40, 50 y 63 mm se encuentran entre el rango de 40 000 - 1 000 000 número de Reynolds (Cuadro 20) que es aplicable la fórmula de Hazen-Williams para la pérdida de carga por rozamiento.

- **Cálculo de la pérdida de carga por la ecuación de Hazen – Williams**

Las pérdidas de carga se calcula aplicando la siguiente formula:

$$H_f = K \times D^{-n} \times Q^m \times L$$

Para las tuberías de 40, 50 y 63 mm se presentaron las siguientes perdidas de carga: 3,02; 2,30 y 2,46 PSI respectivamente.

3.6.2.3 Determinación de tubería primaria

La tubería principal es donde circula el agua del caudal de diseño total y la longitud del recorrido máximo de la tubería. Para este cálculo se considera una tubería de 90 mm de diámetro nominal.

Todos los cálculos se realizan considerando las formulas y criterios empleados para determinar las tuberías secundarias y terciarias.

- **Calculo de velocidad (v)**

El flujo presenta una velocidad de 1,44 m/s.

- **Cálculo del número de Reynolds**

El número de Reynolds es un número 123 264, rango en el que es aplicable a la fórmula de Hazen-Williams que corresponde a números de Reynolds entre 40 000 y 1 000 000.

Cálculo de la pérdida de carga por la ecuación de Hazen – Williams

La pérdida de carga por fricción total en la tubería de 90 mm es 8,20 PSI.

En el cuadro 20 se muestra los resultados de las pérdidas de carga en las tuberías primarias, secundarias y terciarias.

Cuadro 20. Resumen de pérdidas de carga de tuberías

Tubería	Diámetro Nominal	Velocidad	Número de Reynolds	Pérdida de carga
	mm	m/s	Número	PSI
Terciaria	16	0,43	5 848	2,00
Secundaria	40	1,26	47 124	3,02
	50	1,60	75 200	2,30
	63	1,52	89 680	2,46
Primaria	90	1,44	123 264	8,20

3.6.2.4 Determinación de pérdidas de carga en accesorios

- **Válvula de control**

Con 30 m³/h de caudal se puede usar una válvula tipo globo de 2"; teniendo una pérdida de carga 4 PSI.

- **Sistema de filtrado**

Con la finalidad de asegurar el filtrado del agua y asegurar el óptimo funcionamiento de los goteros de empleara filtros de anillo y malla con una capacidad de filtrado de 30 m³/h

Filtro de anillo

Debido a las características el agua del rio de necesita un filtro de anillo con una capacidad de filtrado mínimo de 30 m³/h, este filtro tiene una perdida de presión de 5 PSI (cuadro 21).

En el siguiente cuadro se detallan las características técnicas del filtro:

Cuadro 21. Características del filtro de anillo 3” XD

Conexión:	Rosca macho 3”
Caudal:	30 m ³ /h
Grado de filtrado:	120 mesh
Área filtrante:	10 800 cm ²
Velocidad de trabajo:	0,4 - 0,6 m/s
Presión mínima para retrolavado:	2.8 bar (28 mca)
Presión máxima de trabajo:	10 bar (100 mca)

Filtro de malla

Para filtrar de 30 m³/h podemos usar el filtro de malla. Este filtro tiene una pérdida de presión de 5 PSI (cuadro 22).

Cuadro 22. Características del filtro de malla 3”

Tipo de filtro:	Malla plástica
Conexión:	Rosca macho 3”
Caudal:	30 m ³ /h
Grado de filtrado:	120 mesh
Área filtrante:	621 cm ²
Velocidad de trabajo:	0,4 - 0,6 m/s
Presión mínima para retrolavado:	2.8 bar (28 mca).
Presión máxima de trabajo:	10 bar (100 mca).

▪ **Cálculo de la tubería de succión 90 mm**

El cálculo de la velocidad y el número de Reynolds será igual al cálculo anterior de la tubería de igual diámetro.

Pérdida de carga por la ecuación de Hazen – Williams

$$H_f = K \times D^{-n} \times Q^m \times L$$

$$H_f = 1,1361 \times 10^6 \times 85,6^{-4,871} \times 8,32^{1,852} \times 6$$

$$H_f = 0,13 \text{ m. c. a} = 0,20 \text{ PSI}$$

Finalmente se observa que la pérdida de carga por fricción total en la tubería de 90 mm es 0,20 PSI.

- **Altura de aspiración h_s**

Corresponde a la altura entre el espejo de agua y la altura de la bomba.

$$h = 3 \text{ m}$$

$$h_s = 3 \text{ m.c.a}$$

$$h_s = 4,26 \text{ PSI}$$

3.6.2.5 Cálculo requerido de bombeo

La bomba se selecciona de tal modo que pueda suministrar el agua necesaria con suficiente carga, de modo que pueda vencer las pérdidas totales existentes en todo el sistema, sean estas en la tubería, accesorios, altura, y para que descargue los emisores (goteros) el caudal adecuado. En el cuadro 23 se detalla la carga dinámica total del sistema de riego.

Cuadro 23. Carga dinámica total del sistema de riego

CARGA DINÁMICA TOTAL (TDH)	PSI	PIE DE CARGA
Presión de operación de emisores	15,00	34,65
Hf en líneas de riego	2,00	4,62
Hf en secundarias	2,46	5,68
Hf en primaria	8,20	19,00
Hf en válvulas	4,00	9,24
Hf en el filtro de anillo	5,00	11,55
Hf en el filtro de malla	5,00	11,55
Hf Venturi	10,00	23,10
Hf en accesorios	5,00	11,55
Altura de aspiración h_s (3m)	4,26	9,84
Hf en tuberías de aspiración	0,20	0,46
Desnivel del terreno (5m)	7,10	16,41
TOTAL	68,22	157,65

3.6.2.6 Cálculo de la bomba

- **Potencia hídrica**

Los cálculos son realizados para el mayor caudal del sector de riego; en este caso el mayor caudal es de 8,32 l/s que corresponde a 1,5 ha de cultivo de melón; detallado en el Cuadro 19.

$$Q = 8,32 \text{ l/s} = 131,87 \text{ g/m}$$

$$HP = \frac{Q(\text{gpm}) \times TDM(\text{pie})}{3960}$$

$$HP = \frac{131,87 \times 157,65}{3960}$$

$$HP = 5,25$$

- **Potencia al freno de la bomba**

$$BHP = \frac{HP}{EF}$$

$$BHP = \frac{5,25}{0,65}$$

$$BHP = 8,07$$

HP = Potencia hídrica

EF = Eficiencia de la bomba (Se considera una eficiencia del 65%)

- **20% de reserva para el motor**

$$BHP = 8,07 \times 1,2$$

$$BHP = 9,68 \text{ HP}$$

El motor que la bomba será de 9,68HP \approx 10HP

3.6.2.7 Diseño gráfico

El diseño gráfico se realizó en base al levantamiento topográfico y considerando el diseño agronómico. El plano elaborado que se presenta la figura 5 diseñado a escala 1:1000.

La forma y dimensiones de cada módulo de riego (figura 2A) se trazaron en base a la topografía del terreno; en los módulos donde las curvas de nivel son significativas es decir, el terreno es irregular, las líneas de riego de 16 mm están dispuestas en el mismo sentido de las curvas de nivel, optimizando el riego. En total se trazaron diez módulos de 0,5 ha cada uno y cuatro sectores de riego, a saber:

- | | | |
|------------|--------|----------|
| - Sector 1 | 1,5 ha | melón |
| - Sector 2 | 1,5 ha | sandía |
| - Sector 3 | 1,0 ha | maíz |
| - Sector 2 | 1,0 ha | pimiento |

En el plano se puede apreciar la distribución de los cultivos melón, sandía, maíz y pimiento; de las tuberías de 90 mm, 63 mm, 50 mm y 40 mm; la ubicación del cabezal de riego (figura 3A), válvulas y la fuente de agua (rio).

3.7 ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SISTEMA DE RIEGO

3.7.1 COSTOS DEL SISTEMA DE RIEGO

Con la finalidad de analizar el costo de implementación del sistema de riego diseñado, se realizó el presupuesto de los costos de instalación y materiales; el cuadro 24 indica los costos de implementación del sistema de riego por goteo que ascienden a \$ 15 309,26, es decir aproximadamente \$ 3 061,85 por hectárea.

====->PLANO<<<=====

Cuadro 24. Costos de implementación del sistema de riego. Dólares

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Tubería PVC E/C 90mm (x 6,00 m.)	Tubo	46	29,38	1351,48
Tubería PVC E/C 63mm (x 6,00 m.)	Tubo	16	14,92	238,72
Tubería PVC E/C 50mm (x 6,00 m.)	Tubo	56	12,48	698,88
Tubería PVC E/C 40mm (x 6,00 m.)	Tubo	63	9,39	591,57
Manguera 16 mm (goteros 0,50m)	m	24450	0,25	6112,50
TEE E/C 90mm	Unidad	3	10,11	30,33
Cruz E/C 90mm	Unidad	3	17,47	52,41
Reductor buje E/C 90 a 63mm	Unidad	10	4,48	44,80
Reductor buje E/C 50 a 40mm	Unidad	10	0,62	6,20
Reductor buje E/C 63 a 50mm	Unidad	6	4,00	24,00
Reductor buje E/C 25 a 20mm	Unidad	13	0,45	5,85
Válvula compuerta 3/4"	Unidad	2	18,40	36,80
Unión universal 90mm (3")	Unidad	2	40,41	80,82
Unión universal 25mm (3/4")	Unidad	2	1,09	2,18
Tapón hembra E/C 40mm	Unidad	5	0,43	2,15
Tapón hembra E/C 50mm	Unidad	4	0,84	3,36
Tapón hembra E/C 63mm	Unidad	1	1,81	1,81
ADAPTADOR MACHO C/R-E/C 40mm a 1 1/4"	Unidad	5	0,78	3,90
ADAPTADOR MACHO C/R-E/C 50mm a 1 1/2"	Unidad	16	1,52	24,32
ADAPTADOR MACHO C/R-E/C 63mm a 2"	Unidad	9	2,45	22,05
ADAPTADOR MACHO C/R-E/C 90mm a 3"	Unidad	6	5,00	30,00
ADAPTADOR MACHO C/R-E/C 25mm a 3/4"	Unidad	8	0,29	2,32
Tapón H roscable 1 1/4"	Unidad	5	0,80	4,00
Tapón H roscable 2"	Unidad	1	2,00	2,00
Tapón H roscable 1 1/2"	Unidad	4	0,94	3,76
Kalipega	Litro	3	14,90	44,70
Poli-limpia	Litro	3	10,02	30,06
Cinta teflón 19mm x 15m c/carrete	Carrete	10	0,94	9,40
Sellante polipropileno 100 ml	Unidad	1	10,96	10,96
Ventury 3/4"	Unidad	1	96,77	96,77
Tanque plástico 250 L	Unidad	1	35,73	35,73
Kit para tanque 3/4"	Unidad	1	3,09	3,09
Filtro de malla	Unidad	1	33,60	33,60
Filtro de disco	Unidad	1	35,00	35,00
Cheque	Unidad	1	18,68	18,68
Manómetro c/glicerina 1RM 1/4" @100psi	Unidad	13	30,30	393,90
Válvula de aire R/M 3/4"	Unidad	11	11,14	122,54
Codo E/C x 90° 90mm	Unidad	3	5,47	16,41
Codo E/C x 45° 90mm	Unidad	1	6,85	6,85
Codo E/C x 90° 50mm	Unidad	24	2,25	54,00
Codo E/C x 45° 50mm	Unidad	6	1,26	7,56
Codo E/C x 45° 63mm	Unidad	4	3,55	14,20
Codo E/C x 90° 63mm	Unidad	16	2,00	32,00
Collar derivación 50mm a 3/4"	Unidad	12	2,60	31,20
Collar derivación 63mm a 3/4"	Unidad	8	3,38	27,04
Collar derivación 90mm a 3/4"	Unidad	6	5,30	31,80
Conector con caucho PVC 16mm	Unidad	514	0,70	359,80
Válvula de compuerta 1 1/2"	Unidad	6	43,18	259,08
Válvula de compuerta 2"	Unidad	4	70,88	283,52
Válvula de compuerta 3"	Unidad	2	161,00	322,00
Válvula cheque 3"	Unidad	1	67,00	67,00
Bomba centrifuga 10 hp	Unidad	1	1.181,75	1.181,75
Sub-Total				11.723,10
Imprevistos 5 %				586,16
Instalación del sistema de riego				3.000,00
TOTAL				15.309,26

Toda inversión en agricultura se debe realizar considerando las características de la zona, las necesidades de los cultivos, los mercados, entre otros, es decir todos los factores que intervienen en la cadena productiva. En este sentido solo el análisis económico financiero permite determinar la viabilidad de las propuestas.

De ser la vida útil del sistema de riego cinco años, el análisis económico financiero señala a hortalizas y maíz como cultivos que permiten el retorno adecuado de las inversiones.

3.7.2 VIDA ÚTIL

Debido a que las mangueras de riego están expuestas al sol y a una manipulación constante, la vida útil del sistema de riego está considerada para cinco años, aunque el material PVC puede durar entre 20 y 25 años si está cubierto o enterrado, no existiendo deterioro por exposición a radiación solar.

3.7.3 DEPRECIACIÓN

Asumiendo que la implementación del diseño se lo realice en el mes de enero del 2012, el monto a depreciar en cinco años sería de \$ **15 309,26**; la depreciación es lineal, siendo en este caso \$ **3 061,85** (cuadro 25).

Cuadro 25. Depreciación del sistema de riego. Dólares

Tiempo Años	Carga por depreciación	Importe por fondo para depreciar	Valor en libros al final año
			15 309,26
1	3 061,85	3 061,85	12 247,41
2	3 061,85	6 123,70	9 185,56
3	3 061,85	9 185,55	6 123,71
4	3 061,85	12 247,40	3 061,86
5	3 061,85	15 309,25	0,01

3.7.4 COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LOS CULTIVOS

En anexos (cuadros 6A– 9A) se detalla los costos de producción de los cultivos, según el cronograma propuesto en el cuadro 10A.

La presente evaluación considera la inversión e instalación de riego tecnificado presurización mecánica en los cultivos de sandía, melón, maíz y pimiento.

Considerando la depreciación del sistema de riego, los ingresos y egresos de la finca, el análisis económico se realizó a cinco años. El cuadro 26 contiene los ingresos generados en las 5 ha de cultivos.

Cuadro 26. Ingresos estimados en 5 ha de cultivo/año. Dólares

Cultivo	Área cultivada	Ciclos de cultivo	Ingresos/ciclo/ha	Ingresos total/año
Pimiento	1 ha	1	15 000,00	15 000,00
Maíz	6 ha *	1	2 160,00	12 960,00
Sandía	1,5 ha	1	9 375,00	14 062,50
Melón	1,5 ha	1	14 285,20	21 427,80
TOTAL	10 ha			63 450,30

* Se asume 6 ha de maíz, considerando que en un año la superficie ocupada por pimiento, sandía y melón se rotara con la siembra de este cultivar.

Los ingresos anuales de la finca son \$ 63 450,00; ingresos que son generados por el cultivo de un ciclo de pimiento (1 ha), maíz (6 ha), sandía (1,5 ha) y melón (1,5 ha).

Como lo demuestra el cuadro 27, los gastos producidos en un año por las 5 ha de cultivo y depreciación del sistema de riego por goteo suman \$36 428,35.

Cuadro 27. Costos operacionales anuales cultivo ciclo corto. Dólares

Cultivo	Área cultivada	Ciclos de cultivo	Egresos/ciclo/ha	Total egresos/año
Pimiento	1 ha	1	7 900,86	7 900,86
Maíz	6 ha*	1	1 247,73	7 486,38
Sandía	1,5 ha	1	4 184,28	6 276,42
Melón	1,5 ha	1	3 801,89	5 702,84
Sub-Total				27 366,50
Depreciación sistema de riego				3 061,85
Costos administrativos				6 000,00
TOTAL				36 428,35

3.7.5 FLUJO DE CAJA

En el flujo de caja se ven reflejados los diferentes tipos de ingresos y egresos que se van a presentar en las 5 ha del proyecto (cuadro 28).

En este proyecto, la relación ingresos – egresos en el flujo de caja arroja un superávit en los 5 años, siendo \$ 32 521,96; \$ 7 164,88; \$ 33 256,81; \$ 7 899,72 y \$ 33 991,65 el primero, segundo, tercero, cuarto y quinto año respectivamente.

Para la implementación del sistema de riego, las instituciones bancarias aportan el 80 % de las inversiones (\$ 12 247,41) y el aporte empresarial, el 20 % restante, siendo este \$ 3 061,85; estos ingresos se presentan solo en el año uno que es donde se realizan todas las inversiones. El crédito para los cultivos de ciclo corto es \$ 27 366,50.

El crédito inversión, el aporte empresarial, el crédito ciclo corto y las ventas de producción van a constituir todos los ingresos del flujo de caja en el primer año y estos en conjunto ascienden a \$ 106 125,76; para los años posteriores los ingresos dependerán de las ventas y la renovación del crédito de ciclo corto.

Cuadro 28. Flujo de caja. Dólares

Actividad	Años				
	1	2	3	4	5
1. Ingresos					
Ventas de la producción	63 450,00	63 450,00	63 450,00	63 450,00	63 450,00
Crédito inversión 80 %	12 247,41				
Aporte empresaria inversión 20 %	3 061,85				
Crédito ciclo corto	27 366,50		27 366,50		27 366,50
Total ingresos	106 125,76	63 450,00	90 816,50	63 450,00	90 816,50
2. Egresos					
Inversión	15 309,26				
Gastos operacionales	36 428,35	36 428,35	36 428,35	36 428,35	36 428,35
Servicio de la deuda ciclo corto					
- Capital	13 683,25	13 683,25	13 683,25	13 683,25	13 683,25
- Interés	3 283,98	1 641,99	3 283,98	1 641,99	3 283,98
Servicio de la deuda de inversión					
- Amortización	3 061,85	3 061,85	3 061,85	3 061,85	3 061,85
- Interés	1 837,11	1 469,69	1 102,27	734,84	367,42
Total egresos	73 603,80	56 285,12	57 559,69	55 550,28	56 824,84
Superávit o déficit	32 521,96	7 164,88	33 256,81	7 899,72	33 991,65

En los gastos se distinguen las inversiones, gastos operacionales y servicio de la deuda de ciclo corto e inversión. Los gastos operacionales representan el mayor egreso en todo el proyecto y ascienden a \$ 36 428,35 cada año.

El servicio de la deuda ciclo corto considera el capital (\$ 27 366,50) e interés al 12 % (\$ 3 283,98), crédito que es renovado cada dos años.

El servicio de la deuda inversión está compuesto por la amortización y los intereses (cuadro 29); la amortización es dividir la deuda proveniente del crédito bancario y el aporte empresarial para la cantidad de años del proyecto que en este caso son cinco. Los intereses según la banca nacional se sitúan en el 12 % siendo para el primer año, \$ 4 898,96 y en el quinto año \$ 3 429,27 (cuadro 29).

Cuadro 29. Servicio de la deuda. Dólares

Años	Capital	Amortización	Interés	Total
1	15309,26	3 061,85	1 837,11	4 898,96
2	12247,41	3 061,85	1 469,69	4 531,54
3	9185,56	3 061,85	1 102,27	4 164,12
4	6123,70	3 061,85	734,84	3 796,70
5	3061,85	3 061,85	367,42	3 429,27

3.7.6 EVALUACIÓN FINANCIERA

La evaluación financiera demuestra un déficit (\$ -10 153,80) en el primer año, como resultado de las inversiones realizadas en este periodo; en los siguientes años se nota un superávit, cuadro 30.

Cuadro 30. Evaluación financiera. Dólares

Actividad	Años				
	1	2	3	4	5
1. Ingresos					
Ventas de la producción	63 450,00	63 450,00	63 450,00	63 450,00	63 450,00
Total ingresos	63 450,00	63 450,00	63 450,00	63 450,00	63 450,00
2. Egresos					
Inversión	15 309,26				
Gastos operacionales	36 428,35	36 428,35	36 428,35	36 428,35	36 428,35
Servicio de la deuda ciclo corto					
- Capital	13 683,25	13 683,25	13 683,25	13 683,25	13 683,25
- Interés	3 283,98	1 641,99	3 283,98	1 641,99	3 283,98
Servicio de la deuda de inversión					
- Amortización	3 061,85	3 061,85	3 061,85	3 061,85	3 061,85
- Interés	1 837,11	1 469,69	1 102,27	734,84	367,42
Total egresos	73 603,80	56 285,12	57 559,69	55 550,28	56 824,85
Superávit o déficit	-10 153,80	7 164,88	5 890,31	7 899,72	6 625,15

La TIR se sitúa sobre el 56 % para el periodo total de proyecto. Por ser este índice superior al interés se puede pronosticar que el proyecto será rentable en el transcurrir de los cinco años que se estima.

También considerando una tasa de descuento del 12 % (aceptable para proyectos de inversión agropecuarios) el valor actual neto se ubica en \$ 10 772,40 que refleja una buena rentabilidad del proyecto.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base al diseño agronómico, hidráulico y al análisis económico se concluye:

- La zona, motivo de intervención del presente proyecto se caracteriza por un clima seco en el periodo octubre – enero, por lo que el agua que requieren los cultivos debe ser aportada en forma de riego.
- La aplicación de técnicas de diseño agronómico y la utilización de datos climatológicos de la zona, conllevan a determinar que las necesidades hídricas en la época de mayor demanda para los cultivos inmersos en el proyecto son los siguientes: pimiento, 4,77 mm/día; maíz, 5,22 mm/día; sandía y melón, 6,07 mm/día.
- La implementación de 5 ha de sistema de riego por goteo en San Vicente de Loja, cantón Santa Elena, requiere QUINCE MIL TRECIENTOS NUEVE 26/100 (\$15 309,26) DÓLARES AMERICANOS.
- La depreciación del sistema de riego se realizó de forma lineal a cinco años; su valor anual es \$ 3 061,85.
- El análisis económico financiero del proyecto de riego en San Vicente de Loja demuestra que es factible técnica y económicamente; así la tasa interna de retorno se sitúa en 56 % y el VAN a una tasa de descuento del 12 % en \$ 10 772,40; estos índices financieros señalan la viabilidad económica financiera del proyecto, corroborando lo que señala la literatura, en el sentido de que casi todos los proyectos de tecnificación en riego presentan una alta rentabilidad, aún considerando los altos costos de inversión.

Partiendo de las conclusiones generadas en el proyecto se recomienda:

- Implementar el presente proyecto, pues los índices financieros analizados señalan la rentabilidad del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALAVA G., P. 2003. Cálculo y diseño de riego por goteo. Guayaquil, EC.
2. ARLETTE M., CN *et al.* 2008. Numero de reylods. Universidad Iberoamericana ciudad de México. en línea. Consultado 31 ago. 2010. Disponible en http://web.me.com/fjguerra/Personal/6º_Semestre_files/Re.pdf
3. AYERS RS y WESTCOT DW. 1985. Calidad del agua para la agricultura. FAO Riego y Drenaje. Roma. IT.
4. BARRERA R. 2000. Riegos y drenajes. 4ed. Bogotá. CO. 628 p.
5. BASIC IRRIGATION SCHEDULING (BIS). en línea. Consultado 26 jul. 2010. Disponible en http://biomet.ucdavis.edu/irrigation_scheduling/bis/BIS.htm
6. BOSWELL MJ. 1990. Manual de diseño y manejo de sistemas de micro-irrigación. Trad. J. RODRÍGUEZ L., A. PÉREZ R. y M. BELLO H. 2ed.
7. CAMPOS A. 1998. Procesos del ciclo hidrológico. 3 ed. MX.
8. CASANOVA M., L. Levantamientos topográficos. en línea. Consultado 20 jul. 2010. Disponible en <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/lnova/Archivos/FORMATO-PDF/CAPITULO-7.pdf>
9. CUEVA MORENO, P. 2002. Topografía aplicada a la construcción de obras civiles. 323p.

10. EL RIEGO. 2010. Necesidades de agua en los cultivos. en línea. Consultado 20 jul. 2010. Disponible en http://www.elriego.com/informa_te/riego_agricola/Fundamentos_riego/programacion_riegos/necesidades_agua.htm
11. FAO. 1993. El estado mundial de la agricultura y la alimentación 1993. en línea. Consultado 03ago. 2010. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/003/t0800s/t0800s09.htm>
12. FAO. 2002. Producción y protección vegetal – 90. El cultivo protegido en el clima mediterráneo. en línea. Consultado 31 ago. 2008. Disponible en <http://www.fao.org/DOCREP/005/S8630S/s8630s07.htm>
13. FAO. 2005. Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal. Boletín de suelos de la FAO - 79 en línea. Consultado 03 ago. 2010. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/008/y4690s/y4690s02.htm>
14. FAO. 2006. Estudio FAO riego y drenaje 56. Evapotranspiración del cultivo. en línea. Consultado 08 ago. 2008. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/x0490s/x0490s.pdf>
15. FAO. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín de tierras y agua de la FAO 8. en línea. Consultado 03 ago. 2010. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/lw8s.pdf>
16. FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ M y FERNÁNDEZ URGELLÉS O. 2007. Evaluación de la calidad físicoquímica y bacteriológica del agua subterránea en pozos criollos del municipio de Moa. . en línea. Consultado 03 ago. 2010. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/2235/223515990003.pdf>

17. FOTH HD. 1990. Fundamentos de la ciencia del suelo. 4ed. MX, Continental SA. 433 p.
18. GAETE V., L. 2001. Manual de diseño de sistemas de riego tecnificado. Tesis Ing. Ejecución Mecánico. Universidad de Talca. Talca, CL. 216 p.
19. GOYAL MR. 2007. Manejo del riego por goteo. LUGO LÓPEZ MA. Y SNYDER VA. en línea. Consultado 26 jul. 2010. Disponible en http://www.ece.uprm.edu/~m_goyal/gota2006/cap01suelo.pdf
20. HOGARES JUVENILES CAMPESINOS. 2002. Manual agropecuario. Tecnologías de la granja integral autosuficiente. Bogotá, CO. 1093 p.
21. HOGARES JUVENILES CAMPESINOS. 2010. Granja integral autosuficiente. Bogotá. CO. 304 p.
22. HOLZAPFEL H., E. Riego por goteo y microjet. en línea. Consultado 25 jun. 2010. Disponible en <http://www.irrifer.cl/muestrapresentaciones.php?id=31>
23. INSTITUTO NACIONAL DE RIEGO INAR. 2010. Tecnificación del riego. en línea. Consultado 25 jun. 2010. Disponible en <http://www.inar.gov.ec/index.php?idSeccion=98>
24. MANUAL TÉCNICO DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS EXPERIMENTADOS EN LA PENÍNSULA DE SANTA ELENA. Estudio del potencial agroindustrial y exportador de la península de Santa Elena y los recursos necesarios para su implementación.

25. MENDOZA S., I. 2009. Calidad de las aguas residuales urbano-industriales que riegan el valle del Mezquital, Hidalgo, Mexico. Tesis de Doctora en Viencias.
26. Noticias de la FAO, marzo de 2000. Publicación mensual de la Dirección de Información, Roma-Italia.
27. PALOMINO V., K. 2009. Riego por goteo. Lima, PE. Macro. p 76-99.
28. PARDO V., HJ. 2008. Programación del riego mediante el balance hídrico en una plantación de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el cantón Marcelino Maridueña provincia del Guayas. Universidad agraria del Ecuador.
29. PROAÑO Z., J. Riego localizado. Sistema de postgrado de la universidad Agraria del Ecuador.
30. RIEGO POR GOTEO. en línea. Consultado 24 jun. 2010. Disponible en http://www.euroresidentes.com/jardineria/sistemas_de_riego/riego/riego_por_goteo/instalaciones_riego_por_goteo.htm
31. SALAS AF. y URRESTARAZU LP. 2008. Hidráulica y riego. Riego por goteo. en línea. Consultado 08 ago. 2010. Disponible en <http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-yriegos/temario/Tema%2010.Riego%20goteo/index.htm>
32. SICA. en línea. Consultado 08 ago. 2008. Disponible en http://www.sica.gov.ec/agronegocios/est_peni/DATOS/COMPONENTE1/ANEXOS/ANEXO1.HTM

33. TAPIA C., F. y OSORIO U., A. 1999. Conceptos sobre diseño y manejo de riego presurizado. en línea. Consultado 25 jun. 2010. Disponible en http://www.siar.cl/docs/conceptos_riego_presurizado.pdf

34. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE USDA. 2004. Clasificación textural de los suelos. . en línea. Consultado 4 sep. 2010. Disponible en <http://www.miliarium.com/prontuario/Tablas/Suelos/ClasesTexturales.htm>

35. VÍA RURAL. Manual maíz. en línea. Consultado 26 jul. 2010. Disponible en <http://www.viarural.com.ar/viarural.com.ar/insumosagropecuarios/agricolas/semillashibridas/cargill/manualmaiz/manualmaizcargill44.htm>

36. WIKIPEDIA. 2010. Evapotranspiración. en línea. Consultado 4 sep. 2010. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Evapotranspiraci%C3%B3n#Evapotranspiraci.C3.B3n_de_referencia_o_evapotranspiraci.C3.B3n_del_cultivo_de_referencia_.28ETo.29

ANEXOS

Cuadro 1A. Taquimetría – Cálculo de coordenadas

EST	PUNTOS	DIST. INCLINADA	< VERTICAL	AZIMUT	Rumbo	Dist. Horizontal	Dist. vertical		Cotas	Proyecciones			Coordenadas		
							(+)	(-)		N (+)	S (-)	E (+)	W (-)	N (Y)	E (X)
	BM								64,597						
A (1,55)		23	85° 56' 26"	233° 57' 9"	S 53° 57' 09" W	22,88	1,628		62,969		13,46		18,499	9803732	532515
	B	100	94° 50' 6"	339° 56' 32"	N 21° 56' 32" W	99,29		8,428	54,541	92,09			37,1	9803824,09	532477,9
B (1,45)	C	89	92° 17' 52"	258° 27' 05"	S 78° 27' 05" W	88,85		3,568	50,973		17,78		87,05	9803806,31	532390,85
C (1,51)	1	108	90° 41' 31"	233° 49' 33"	S 53° 49' 33" W	107,98		1,3	49,673		63,31		86,59	9803743	532304,26
	2	98,1	90° 22' 44"	290° 32' 21"	N 70° 32' 21" W	98,09		0,648	50,325	32,68			92,48	9803838,99	532298,37
	3	85	89° 37' 20"	338° 06' 8"	N 22° 06' 08" W	84,99		0,56	51,533	78,74			31,98	9803885,05	532358,87
	4	69	89° 06' 55"	20° 20' 49"	N 20° 20' 49" E	68,98		1,065	52,038	64,67		23,98		9803741,64	532414,83
	5	67,8	88° 51' 13"	35° 05' 35"	N 35° 05' 35" E	67,7		1,356	52,329	55,39		38,92		9803861,7	532429,77
	6	63,9	89° 27' 58"	121° 17' 42"	S 59° 17' 42" E	63,89		0,595	51,568		32,62	54,93		9803773,69	532445,78
	7	93	86° 35' 12"	103° 38' 13"	S 77° 38' 13" E	92,67		5,537	56,51		19,84	90,52		9803786,47	532481,37
	8	85	88° 07' 06"	42° 04' 45"	N 42° 04' 45" E	84,9		2,79	53,763	63,01		56,89		9803869,32	532447,74
B (1,39)	9	53,1	90° 34' 23"	359° 56' 55"	N 01° 56' 55" W	53,09		0,531	54,01	53,06			1,8	9803877,15	532389,05
	10	62,3	91° 20' 34"	30° 48' 14"	N 30° 48' 14" E	62,26		1,459	53,082	53,47		31,88		9803877,56	532509,78
	11	69,2	88° 31' 05"	96° 04' 47"	S 84° 04' 47" E	69,15		1,789	56,33		7,13	68,78		9803816,96	532546,68

	D	59,8	89° 26' 35"	69° 28' 06"	N 69° 28' 06" E	59,79	0,581		55,122	20,97		56		9803845,06	532533,9
D (1,46)	E	71	91° 04' 40"	59° 25' 37"	N 59° 25' 37" E	70,97		1,335	53,787	36,09		61,1		9803881,15	532595
E (1,485)	12	57	90° 46' 46"	268° 37' 48"	S 88° 37' 48" W	56,98		0,775	53,012		1,36		56,96	9803879,79	532538,04
	13	44,8	88° 47' 42"	184° 23' 08"	S 04° 23' 08" W	44,78	1,884		55,671		44,64		3,42	9803836,51	532591,58
	14	65,9	89° 25' 08"	143° 27' 08"	S 37° 27' 08" E	65,89	0,668		54,455		52,3	40,06		9803828,85	532635,06
	15	82	89° 18' 52"	117° 02' 58"	S 63° 02' 58" E	81,98	0,981		54,768		37,15	73,07		9803844	532668,07
	F	95,4	89° 14' 20"	60° 48' 20"	N 60° 48' 20" E	95,38	1,267		55,054	46,52		83,26		9803927,67	532678,26
F (1,47)	16	93,8	90° 20' 48"	217° 44' 26"	S 37° 44' 26" W	93,79		0,567	54,487		74,16		57,4	9803853,51	532620,86
	17	85,1	88° 53' 22"	104° 48' 20"	S 76° 48' 20" E	85,06	1,649		56,703		19,41	82,81		9803908,26	532761,07
	18	106	88° 38' 46"	68° 18' 44"	N 68° 18' 44" E	105,94	2,504		57,558	39,15		98,44		9803966,82	532776,7
	19	130	88° 56' 51"	40° 07' 44"	N 40° 07' 44" E	129,95	2,387		57,441	99,36		83,75		9804027,03	532762,01
	G	106	89° 05' 57"	19° 11' 23"	N 19° 11' 23" E	105,97	1,666		56,72	100,08		34,83		9804027,75	532713,09
G (1,485)	H	25,3	91° 19' 35"	300° 11' 51"	N 60° 11' 51" W	25,28		0,585	56,135	12,56		21,93		9804040,31	532691,16
E (1,52)	20	96,1	90° 32' 49"	306° 41' 04"	N 54° 41' 04" W	96,89		0,924	52,863	56,01		79,06		9803937,16	532515,94
	I	65,2	90° 38' 50"	301° 00' 36"	N 59° 00' 36" W	65,15		0,736	53,051	33,54		55,85		9803914,69	532539,15
I (1,46)	J (POZO)	37	91° 28' 37"	243° 32' 14"	S 63° 32' 14" W	36,97		0,953	49,098		16,47		33,09	9803898,22	532506,06

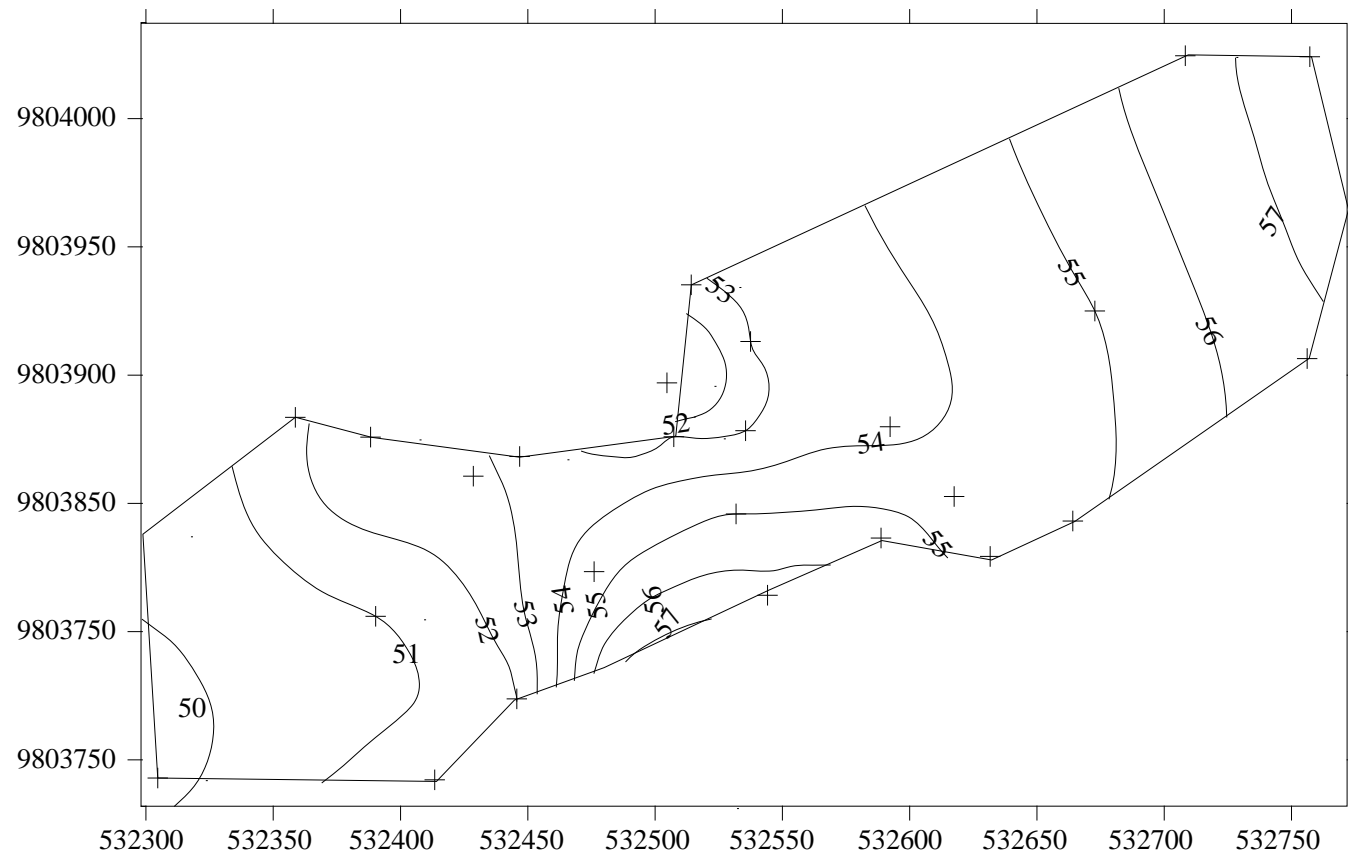



Figura 1A. Curvas de nivel del área de diseño

Cuadro 2A. Análisis de suelos

 <p>INIAP INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</p>	<p>ESTACION EXPERIMENTAL "BOLICHE" LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Km. 26 Vía Duran Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi- Ecuador Teléfono: 2717161 Fax: 2717119</p>
--	---

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO	DATOS DE LA PROPIEDAD	PARA USO DEL LABORATORIO
Nombre : IVO HUMBERTO RÍOS Dirección : Ciudad : Teléfono : Fax :	Nombre : HDA. MERCEDES Provincia : SANTA ELENA Cantón : Parroquia : MANGLARALTO Ubicación : RCTO. SAN VICENTE DE LOJA	Cultivo Actual : TRIGO N° de Reporte : Fecha de Muestreo : 31/05/2008 Fecha de Ingreso : 02/06/2008 Fecha de Salida : 13/06/2008

N° Muest.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	(meq/l)½	ppm	Textura (%)			Clase Textural
	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.	Mg	K	K	Σ Bases	RAS	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
17813					3,1 M	4,5	0,69	3,84	33,78						

INTERPRETACION			
Al+H, Al y Na	C.E.		M.O. y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio
T = Tóxico			A = Alto

ABREVIATURAS
C.E. = Conductividad Eléctrica
M.O. = Materia Orgánica
RAS = Relacion de Adsorción de Sodio

METODOLOGIA USADA
C.E. = Conductímetro
M.O. = Titulación de Walkley Black
Al+H = Titulación con NaOH


 RESPONSABLE DEPARTAMENTO

RESPONSABLE LABORATORIO

Cuadro 3A. Análisis de suelos macro y micro elementos

 INIAP <small>INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</small>	ESTACION EXPERIMENTAL "BOLICHE" LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Km. 26 Via Duran Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi- Ecuador Teléfono: 2717161 Fax: 2717119
--	---

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO Nombre : IVO HUMBERTO RÍOS Dirección : Ciudad : Teléfono : Fax :	DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre : HDA. MERCEDES Provincia : SANTA ELENA Cantón : Parroquia : MANGLARALTO Ubicación : RCTO. SAN VICENTE DE LOJA	PARA USO DEL LABORATORIO Cultivo Actual : TRIGO N° Reporte : Fecha de Muestreo : 31/05/2008 Fecha de Ingreso : 02/06/2008 Fecha de Salida : 13/06/2008
--	---	--


N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm		meq/100ml			ppm					
	Identificación	Area		N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
17813	LOTE - 1		7,3 PN	36 M	47 A	6,98 A	22 A	4,8 A	5 M	2,7 B	5,8 A	16 B	7,1 M	0,70 A

INTERPRETACION					METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES
pH			Elementos: de N a B		pH	= Suelo: agua (1:2,5)	Olsen Modificado
MAc = Muy Acido	LAc = Liger. Acido	LAi = Lige. Alcalino	RC = Requiere Cal	B = Bajo	N,P,B	= Colorimetria	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn
Ac = Acido	PN = Prac. Neutro	MeAl = Media. Alcalino		M = Medio	S	= Turbidimetria	Fosfato de Calcio Monobásico
MeAc = Media. Acido	N = Neutro	Al = Alcalino		A = Alto	K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	= Absorción atómica	B,S


 RESPONSABLE DEPARTAMENTO

 RESPONSABLE LABORATORIO

Cuadro 4A. Análisis de extracto de pasta de suelo

 INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS	ESTACIÓN EXPERIMENTAL BOLICHE LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Km. 26 VÍA DURAN - TAMBO Guayaquil - Ecuador Teléfono: 2717261-62 Fax: 2717260
--	--

PROPIETARIO:	IVO HUMBERTO RÍOS	PLANILLA:	4933
REMITENTE:	ING. EISON VALDIVIEZO	FECHA DE MUESTREO:	31/05/2008
HACIENDA:	LAS MERCEDES	FECHA DE INGRESO:	02/06/2008
LOCALIZACIÓN:	MANGLARALTO	FECHA DE SALIDA:	13/06/2008

DETERMINACION DE SALINIDAD DE EXTRACTO DE PASTA DE SUELOS

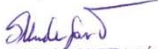
NO LABORATORIO	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	pH	C.E. dS/m	meq/l								RAS	PSI*	
				Na	K	Ca	Mg	SUMA	CO3H	CO3	SO4			CL
17813	LOTE - 1	8.4	0.50	0.11	1.41	2.57	0.91	5.0	2.2	0.28	1.5	1.0	0.10	< 1

NOTA: El Laboratorio no es responsable de la toma de las muestras
 N.D.- No detectable

* Cálculo efectuado según monograma de suelos salinos y sódicos manual No. 60

INTERPRETACIÓN:

C.E. = 0 - 2,0 = Suelo no salino, efecto de sales despreciables
 2.1 - 4,0 = Suelo ligeramente salino, puede reducirse las cosechas de cultivos sencibles
 4.1 - 8.0 = Suelo salino, se reducen las cosechas de numerosos cultivos
 Más de 8 = Suelo muy salino


 ING. SONIA ALCÍVAR DE GARCÍA
 RESPONSABLE LABORATORIO

Cuadro 5A. Análisis químico de agua



ESTACIÓN EXPERIMENTAL BOLICHE

LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

RESULTADO DE ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUAS

SERVICIO A PRODUCTORES Nº 0001206

PROPIETARIO: IVO Humberto Ríos Nº LAB.: 788 Fact. # 4933
 REMITENTE: Ing. Eisón Valdivieso F/MUESTREO: 31/05/08
 GRANJA/HDA.: Las Mercedes F/INGRESO: 02/06/08
 F/SALIDA: 06/06/08

LOCALIZACIÓN: Rcto. San Vicente de Loja Manglaralto Guayas
(PARROQUIA) (CANTÓN) (PROVINCIA)

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: Agua de Pozo

Lugar de muestreo: Pozo Río Canal Piscina Otros

EXAMEN FÍSICO:

- 1.- Temperatura
 2.- C.E. a 25°C (uS /cm) 910
 3.- pH 7.5

EXAMEN QUÍMICO:

Cationes	(meq/l)	(%)	(Aniones)	(meq/l)	(%)
Ca ⁺⁺	5.55		CO ₃ =	0.48	
Na ⁺	2.17		CO ₃ H ⁻	3.8	
Mg ⁺⁺	1.15		SO ₄ =	1.9	
k ⁺	0.23		NO ₃ ⁻		
Mn ⁺⁺			B		
Fe ⁺⁺			Cl ⁻	3.0	
Suma	9.1		Suma	9.18	

EXAMEN QUÍMICO: R.A.S. : 1.2
 P.S.I. : - 1
 % Na : 24

CLASE: C3 S1

INTERPRETACIÓN: C3.- Aguas de salinidad mediana a alta

S1.- Aguas de contenido bajo de sodio

JEFE DPTO. SUELOS

LABORATORISTA

Dra. Gloria Carrera de Pozo

Cuadro 6A. Presupuesto de 1 ha del cultivo de pimiento

COSTOS DE PRODUCCIÓN - PIMIENTO POR HA.							
RIEGO: GOTEO							
Híbridos:	Quetzal - Salvador	Zona de Siembra:	Santa Elena				
Fecha de Elaboración:	03-may-11	Ciclo de cultivo:	65 días (inicio de cosecha)				
Comercialización:	Sacos 33 kilos	Costo Jornal:	10				
A. COSTOS DIRECTOS							
	Insumos y labores	Unidad	Cantidad	P. Unitario \$	Costo T. \$	%	
A1. Preparación Terreno							
	Arada, rastrada	h	5	\$ 35,00	\$ 175,00		
	Sub total A1					\$ 175,00	2%
A2. Siembra							
	Bandejas germinadoras	200 cavidades	120,00	\$ 1,89	\$ 226,80		
	Turba (sustrato)	Funda	3,00	39,79	119,37		
	Semevín	100 g	1,00	\$ 4,63	\$ 4,63		
	Semilla	Sobre (1000)	47,00	46,50	2185,50		
	Llenar bandejas, siembra/riego	jornal	20,00	\$ 10,00	\$ 200,00		
	Sub total A2					2736,30	30%
A3. Trasplante							
	Trasplante	jornal	25	\$ 10,00	\$ 250,00		
	Sub total A3					\$ 250,00	3%
A4. Fertilización							
	Completo 18-46-0	Sacos de 50 kg.	4	\$ 30,00	\$ 120,00		
	Muriato Potasio	Sacos de 50 kg	2	\$ 36,10	\$ 72,20		
	Nitrato de amonio	Sacos de 50 kg.	10	\$ 23,64	\$ 236,40		
	Nitrato de potasio	Sacos de 50 kg.	10	\$ 44,20	\$ 442,00		
	Acido fosfórico	50 kg.	2	\$ 127,69	\$ 255,38		
	Stimulol	Kg.	14	\$ 9,37	\$ 131,18		
	Librel MIX-AL	Kg.	2	\$ 18,28	\$ 36,56		
	Yaramila complex	50 kg.	1	\$ 84,21	\$ 84,21		
	Evergreen	L	1	\$ 15,00	\$ 15,00		
	Aplicación	jornal	25	\$ 10,00	\$ 250,00		
	Sub total A4					\$ 1.642,93	23%
A5. Control de Malezas							
	H1 Super	L	2	\$ 34,41	\$ 68,82		
	Ronstar	L	2	\$ 32,00	\$ 64,00		
	Deshierba manual	jornal	7	\$ 10,00	\$ 70,00		
	Aplicación	jornal	4	\$ 10,00	\$ 40,00		
	Sub total A5					\$ 242,82	3%
A6. Control de Insectos Plagas							
	Karate Zeon	500 cm ³	6	\$ 18,00	\$ 108,00		
	Rescate	500 gr.	1	\$ 104,00	\$ 104,00		
	Verlaq	L	2	\$ 52,63	\$ 105,26		
	Regent	L	1	\$ 104,00	\$ 104,00		
	Methavin 90	100 g	10	\$ 6,00	\$ 60,00		
	Confidor	500 g	1	\$ 85,00	\$ 85,00		
	Aplicación	jornal	16	\$ 10,00	\$ 160,00		
	Sub total A6					\$ 726,26	10%
A7. Control de Enfermedades							
	Cymoxapac	500 g	15	\$ 5,58	\$ 83,70		
	Amistar	100 g	8	\$ 25,79	\$ 206,32		
	Avalancha	500 g	2	\$ 9,58	\$ 19,16		
	Bravo 720	L	15	\$ 15,00	\$ 225,00		
	Nimrod	L	1	\$ 36,32	\$ 36,32		
	Rovral	500 g	1	\$ 16,32	\$ 16,32		
	mancozeb	500 g	15	\$ 3,50	\$ 52,50		
	Skul	L	2	\$ 37,00	\$ 74,00		
	Anvil	L	2	\$ 49,00	\$ 98,00		
	Sub total A7					\$ 811,32	11%
A8. Operación Sistema de Riego							
	Combustible	gl.	300	\$ 1,20	\$ 360,00		
	Personal de riego	jornal	8	\$ 10,00	\$ 80,00		
	Sub total A8					\$ 440,00	6%
A9. Cosecha							
	Recolección y clasificación	jornal	50	\$ 10,00	\$ 500,00		
	Sub total A9					\$ 500,00	7%
A10. Imprevistos 5 %							
						376,23	5%
TOTAL A1+A2+A3+A4+A5+A6+A7+A8+A9+A10					7.900,86	100%	

B.- RENDIMIENTO ESPERADO

RENDIMIENTO POR HA.	VALOR	TOTAL DOLARES
1.250 sacos 33 kg	12	15000
Costos directos US\$.		7.900,86
Rendimiento /Ha. US\$.		15000,00
Utilidad aproximada US\$.		7.099,14

Cuadro 7A. Presupuesto de 1 ha del cultivo de maíz

COSTOS DE PRODUCCIÓN - MAÍZ DULCE POR HA.							
RIEGO: G O T E O							
Fecha de Elaboración:		03-may-11		Zona de Siembra:		Sta Elena	
Comercialización:		Quintal		Ciclo de Cultivo:		80 días	
				Costo Jornal:		10,00	
A.	COSTOS						
	Insumos y labores	Unidad	Cantidad	P. Unitario \$	Costo T. \$	%	
A1.	Preparación Terreno						
	Arada, rastrada	h	2,00	\$ 35,00	\$ 70,00		
	<i>Sub total A1</i>					\$ 70,00	6%
A2.	Siembra						
	Glifosato	gl	1,00	\$ 10,00	\$ 10,00		
	Semevín	100 cc	1,00	\$ 4,63	\$ 4,63		
	Semilla	funda 15 kg	2,00	\$ 50,00	\$ 100,00		
	Siembra y riego	jornal	8,00	\$ 10,00	\$ 80,00		
	<i>Sub total A2</i>					\$ 194,63	16%
A3.	Fertilización						
	Urea	Saco 50 Kilos	5,00	\$ 29,40	\$ 147,00		
	Muriato de potasio	Saco 50 Kilos	4,00	\$ 36,10	\$ 144,40		
	Fertilizante MAG	Saco 50 Kilos	4,00	\$ 30,00	\$ 120,00		
	Acido fosfórico	litros	4,00	\$ 6,35	\$ 25,40		
	Aplicación	jornal	8,00	\$ 10,00	\$ 80,00		
	<i>Sub total A3</i>					\$ 516,80	41%
A4.	Control de Malezas						
	2,4 D Amina	Litros	1,00	\$ 7,10	\$ 7,10		
	Paraquat	Litros	1,00	\$ 6,80	\$ 6,80		
	Aplicación	jornal	4,00	\$ 10,00	\$ 40,00		
	<i>Sub total A4</i>					\$ 53,90	4%
A5.	Control de Insectos Plagas						
	Lamba Cialotrina	Litros	0,50	\$ 40,00	\$ 20,00		
	Cypermtrina	Litros	0,50	\$ 7,80	\$ 3,90		
	Aplicación	jornal	4,00	\$ 10,00	\$ 40,00		
	<i>Sub total A5</i>					\$ 63,90	5%
A6.	Operación Sistema de Riego						
	Combustible	gl.	100,00	\$ 1,20	\$ 120,00		
	Personal de riego	jornal	6,00	\$ 10,00	\$ 60,00		
	<i>Sub total A6</i>					\$ 180,00	14%
A7.	Cosecha						
	Recolección y clasificación	jornal	10,00	\$ 10,00	\$ 100,00		
	<i>Sub total A7</i>					\$ 100,00	8%
A10.	Imprevistos 5 %					\$ 68,50	5%
TOTAL					\$ 1.247,73	100%	

B. RENDIMIENTO ESPERADO

RENDIMIENTO POR HA.	VALOR	TOTAL DOLARES
180 quintales	12,00	\$ 2.160,00

Costos directos US\$.	\$ 1.247,73
Rendimiento /Ha. US\$.	\$ 2.160,00
Utilidad aproximada US\$.	\$ 912,27

Cuadro 8A. Presupuesto de 1 ha del cultivo de sandía

COSTOS DE PRODUCCIÓN - SANDÍA POR HA.							
IRIEGO: GOTEO							
Híbridos:	Royal Charleston - Glory Jumbo	Zona de Siembra:	Santa Elena				
Fecha de Elaboración:	03-may-11	Ciclo de cultivo:	65 días (inicio de cosecha)				
Comercialización:	Unidad (Por tamaño)	Costo Jornal:	10,00				
A. Costos Directos							
A1.	Insumos y labores	Unidad	Cantidad	P. Unitario \$	Costo T. \$	%	
	Preparación Terreno						
	Arada, rastrada y acamada	h	5,00	\$ 35,00	\$ 175,00		
	Sub total A1					\$ 175,00	4%
A2.	Siembra						
	Bandejas germinadoras	128 cavidades	48,00	\$ 1,89	\$ 90,72		
	Turba (sustrato)	Funda	1,00	\$ 39,79	\$ 39,79		
	Semevin 35 PF (FLO)	100 cc	1,00	\$ 4,63	\$ 4,63		
	Semilla Royal Charleston	Sobre 5 MX	3,00	\$ 180,00	\$ 540,00		
	Siembra y riego	jornal	8,00	\$ 10,00	\$ 80,00		
	Sub total A2					\$ 755,14	18%
A3.	Transplante						
	Trasplante	jornal	10,00	\$ 10,00	\$ 100,00		
	Sub total A3					\$ 100,00	2%
A4.	Fertilización						
	Completo 18-46-0	Sacos de 50 kg.	3,00	\$ 30,00	\$ 90,00		
	Muriato Potasio	Sacos de 50 kg.	4,00	\$ 36,10	\$ 144,40		
	Nitrato de amonio	Sacos de 50 kg.	5,00	\$ 23,64	\$ 118,20		
	Nitrato de potasio	Sacos de 50 kg.	3,00	\$ 44,20	\$ 132,60		
	Acido fosfórico	50 kg.	1,00	\$ 127,69	\$ 127,69		
	Stimufol	kg.	2,00	\$ 9,37	\$ 18,74		
	Librel MIX-AL	kg.	2,00	\$ 18,28	\$ 36,56		
	Germinox 15	Ltr.	2,00	\$ 4,95	\$ 9,90		
	Solubor	500 gr.	2,00	\$ 2,63	\$ 5,26		
	Yaramila complex	50 kg.	1,00	\$ 84,21	\$ 84,21		
	Evergreen	Ltr.	1,50	\$ 15,00	\$ 22,50		
	Best K	Ltr.	1,50	\$ 14,75	\$ 22,13		
	Saeta	500 gr.	1,00	\$ 10,25	\$ 10,25		
	Aplicación	jornal	9,00	\$ 10,00	\$ 90,00		
	Sub total A4					\$ 912,44	22%
A5.	Control de Malezas						
	H1 Super	Ltr.	2,00	\$ 34,41	\$ 68,82		
	Deshierba manual	jornal	7,00	\$ 10,00	\$ 70,00		
	Aplicación	jornal	4,00	\$ 10,00	\$ 40,00		
	Sub total A5					\$ 178,82	4%
A6.	Control de Insectos Plagas						
	Karate Zeon	500 cc	1,00	\$ 18,00	\$ 18,00		
	Rescate	500 gr.	1,00	\$ 104,00	\$ 104,00		
	Verlaq	Ltr.	1,00	\$ 52,63	\$ 52,63		
	Regent	Ltr.	1,00	\$ 104,00	\$ 104,00		
	Methavin 90	100 gr.	4,00	\$ 6,00	\$ 24,00		
	Confidor	500 gr.	1,00	\$ 85,00	\$ 85,00		
	Aplicación	jornal	16,00	\$ 10,00	\$ 160,00		
	Sub total A6					\$ 547,63	13%
A7.	Control de Enfermedades						
	Cymoxapac	500 gr.	2,00	\$ 5,58	\$ 11,16		
	Amistar	100 gr.	4,00	\$ 25,79	\$ 103,16		
	Allette	100 gr.	5,00	\$ 4,85	\$ 24,25		
	Avalancha	500 gr.	2,00	\$ 9,58	\$ 19,16		
	Bravo 720	Ltr.	1,00	\$ 15,00	\$ 15,00		
	Nimrod	Ltr.	1,00	\$ 36,32	\$ 36,32		
	Start	500 gr.	2,00	\$ 16,32	\$ 32,64		
	Acroplant	750 GR	1,00	\$ 13,70	\$ 13,70		
	Folio Gold	Ltr.	1,00	\$ 32,11	\$ 32,11		
	Carbencap	Ltr.	1,00	\$ 16,50	\$ 16,50		
	Sub total A7					\$ 304,00	7%
A8.	Operación Sistema de Riego						
	Combustible	gl.	360,00	\$ 1,20	\$ 432,00		
	Personal de riego	jornal	8,00	\$ 10,00	\$ 80,00		
	Sub total A8					\$ 512,00	12%
A9.	Cosecha						
	Recolección y clasificación	jornal	50,00	\$ 10,00	\$ 500,00		
	Sub total A9					\$ 500,00	12%
A10.	Imprevistos 5 %						
	TOTAL A1+A2+A3+A4+A5+A6+A7+A8+A9+A10					\$ 4.184,28	100%
B.- RENDIMIENTO ESPERADO							
RENDIMIENTO POR HA.		VALOR	TOTAL DOLARES				
7.500 Unidades		1,25	\$ 9.375,00				
		Costos directos US\$.		\$ 4.184,28			
		Rendimiento /Ha. US\$.		\$ 9.375,00			
		Utilidad aproximada US\$.		\$ 5.190,72			

Cuadro 9A. Presupuesto de 1 ha del cultivo de melón

COSTOS DE PRODUCCIÓN - MELÓN POR HA.							
IRIEGO: GOTEO							
Híbrido:		Edisto Híbrido, Excelsior		Zona de Siembra:		Santa Elena	
Fecha de Elaboración:		03-may-11		Ciclo de Cultivo:		65 días (inicio de cosecha)	
Comercialización:		Unidad (Por tamaño)		Costo Jornal:		10,00	
A. Costos Directos							
	Insumos y labores	Unidad	Cantidad	P. Unitario \$	Costo T. \$	%	
A1.	Preparación Terreno						
	Arado, rastrada y acamada	h/ha.	5,00	\$ 35,00	\$ 175,00		
	<i>Sub total A1</i>					\$ 175,00	5%
A2.	Siembra						
	Bandejas germinadoras	128 cavidades	62,00	\$ 1,89	\$ 117,18		
	Turba (sustrato)	Funda	1,00	\$ 39,79	\$ 39,79		
	Semevín	100 cc	1,00	\$ 4,63	\$ 4,63		
	Semilla	1000 semillas	8,00	\$ 27,58	\$ 220,64		
	Siembra y riego	jornal	8,00	\$ 10,00	\$ 80,00		
	<i>Sub total A2</i>					\$ 462,24	12%
A3.	Trasplante						
		jornal	12,00	\$ 10,00	\$ 120,00		
	<i>Sub total A3</i>					\$ 120,00	3%
A4.	Fertilización						
	Completo 18-46-0	Sacos de 50 kg.	3,00	\$ 30,00	\$ 90,00		
	Muriato Potasio	Sacos de 50 kg.	4,00	\$ 36,10	\$ 144,40		
	Nitrato de amonio	Sacos de 50 kg.	5,00	\$ 23,64	\$ 118,20		
	Nitrato de potasio	Sacos de 50 kg.	3,00	\$ 44,20	\$ 132,60		
	Acido fosfórico	50 kg.	1,00	\$ 127,69	\$ 127,69		
	Stimufol	Kg.	2,00	\$ 9,37	\$ 18,74		
	Librel BMX	500 gr.	4,00	\$ 18,28	\$ 73,12		
	Germinox	Ltr.	2,00	\$ 4,95	\$ 9,90		
	Solubor	500 gr.	2,00	\$ 2,63	\$ 5,26		
	Yaramila complex	50 kg.	1,00	\$ 84,21	\$ 84,21		
	Evergreen	Ltr.	1,50	\$ 15,00	\$ 22,50		
	Best K	Ltr.	1,50	\$ 14,75	\$ 22,13		
	Saeta	500 gr.	1,00	\$ 10,25	\$ 10,25		
	Aplicación	jornal	9,00	\$ 10,00	\$ 90,00		
	<i>Sub total A4</i>					\$ 949,00	25%
A5.	Control de Malezas						
	H1 Súper	Ltr.	2,00	\$ 34,41	\$ 68,82		
	Desherba manual	jornal	7,00	\$ 10,00	\$ 70,00		
	Aplicación	jornal	4,00	\$ 10,00	\$ 40,00		
	<i>Sub total A5</i>					\$ 178,82	5%
A6.	Control de Insectos Plagas						
	Karate Zeon	500 cc	1,00	\$ 18,00	\$ 18,00		
	Rescate	500 gr.	1,00	\$ 104,00	\$ 104,00		
	Verlaq	Ltr.	1,00	\$ 52,63	\$ 52,63		
	Regent	Ltr.	1,00	\$ 104,00	\$ 104,00		
	Methavin	100 gr.	4,00	\$ 6,00	\$ 24,00		
	Confidor	500 gr.	1,00	\$ 85,00	\$ 85,00		
	Aplicación	jornal	10,00	\$ 10,00	\$ 100,00		
	<i>Sub total A6</i>					\$ 487,63	13%
A7.	Control de Enfermedades						
	Cymoxapac	500 gr.	2,00	\$ 5,58	\$ 11,16		
	Amistar	100 gr.	4,00	\$ 25,79	\$ 103,16		
	Alliette	100 gr.	5,00	\$ 4,85	\$ 24,25		
	Avalancha	500 gr.	2,00	\$ 9,58	\$ 19,16		
	Bravo 720	Ltr.	1,00	\$ 15,00	\$ 15,00		
	Nimrod	Ltr.	0,50	\$ 36,32	\$ 18,16		
	Acroplant	750 GR	1,00	\$ 13,70	\$ 13,70		
	Folio Gold	Ltr.	1,00	\$ 32,11	\$ 32,11		
	<i>Sub total A7</i>					\$ 236,70	6%
A8.	Operación Sistema de Riego						
	Combustible	gl.	360,00	\$ 1,20	\$ 432,00		
	Personal de riego	jornal	8,00	\$ 10,00	\$ 80,00		
	<i>Sub total A8</i>					\$ 512,00	13%
A9.	Cosecha						
	Recolección y clasificación	jornal	50,00	\$ 10,00	\$ 500,00		
	<i>Sub total A9</i>					\$ 500,00	13%
A10.	Imprevistos 5 %						
						\$ 180,51	5%
TOTAL					\$ 3.801,89	100%	

B. RENDIMIENTO ESPERADO

RENDIMIENTO POR HA.	VALOR	TOTAL DOLÁRES
35.713 Unidades	0,40	\$ 14.285,20
Costos directos US\$.		\$ 3.801,89
Rendimiento /Ha. US\$.		\$ 14.285,20
Utilidad aproximada US\$.		\$ 10.483,31

Cuadro 10A. Cronograma anual de cultivos

Cronograma de cultivos												
Cultivo	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Maíz	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x
Pimiento	x	x							x	x	x	x
Sandía	x	x								x	x	x
Melón	x	x								x	x	x

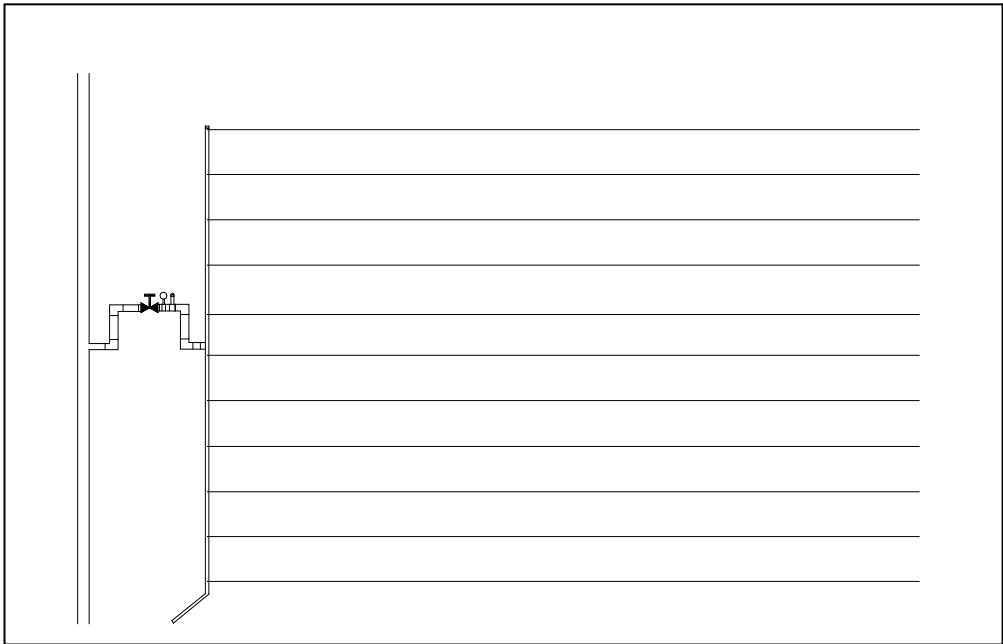


Figura 2A. Esquema de un módulo de riego

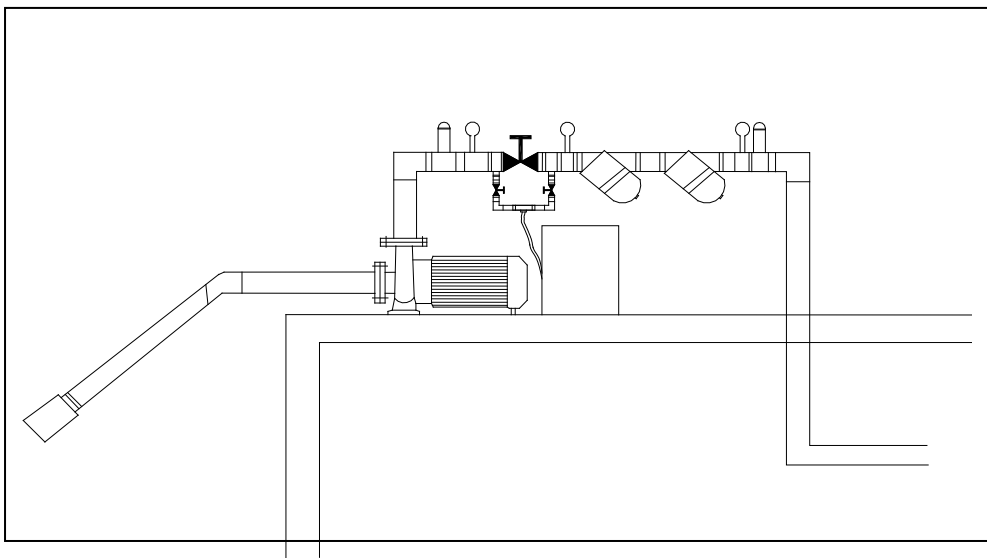


Figura 3A. Esquema del cabezal de riego



Figura 4A. Área del proyecto

LISTADO DE ANEXOS

- Cuadro 1A.** Taquimetría – Cálculo de coordenadas
- Cuadro 2A.** Análisis de suelos
- Cuadro 3A.** Análisis de suelos macro y microelementos
- Cuadro 4A.** Análisis de extracto de pasta de suelo
- Cuadro 5A.** Análisis químico de agua
- Cuadro 6A.** Presupuesto de 1 ha del cultivo de pimiento
- Cuadro 7A.** Presupuesto de 1 ha del cultivo de maíz
- Cuadro 8A.** Presupuesto de 1 ha del cultivo de sandía
- Cuadro 9A.** Presupuesto de 1 ha del cultivo de melón
- Cuadro 10A.** Cronograma anual de cultivos

Figura 1A. Curvas de nivel del área de diseño

Figura 2A. Esquema de un módulo de riego

Figura 3A. Esquema del cabezal de riego

Figura 4A. Área del proyecto