

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO
TECNIFICADO
POR GOTEO DE 115 HECTÁREAS DE
CULTIVO DE MANDARINOS**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECATRÓNICO**

TAYLOR JAVIER QUIÑONES GÓMEZ

PROMOCIÓN 2008-I

LIMA-PERÚ

2011

**A mi gran amigo Dios,
mentor de la vida, in memoriam**

**A Eulalia y Eliseo,
mis abnegados padres, in memoriam**

**A Yuly, Jimmy y Edward,
familia que Dios puso en mi camino**

**A mi pareja Daniela,
apoyo incondicional, in memoriam**

**Al Ing. Jorge Sifuentes,
ilustre maestro y amigo, in memoriam**

ÍNDICE

PRÓLOGO

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1	Antecedentes	03
1.2	Objetivo	04
1.3	Justificación	04
1.4	Alcance	05

CAPÍTULO II: RIEGO TECNIFICADO EN CÍTRICOS

2.1	Sistema de Riego tecnificado	06
	2.1.1 Componentes de un sistema de riego presurizado	08
	2.1.2 Sistema de control de riego	29
2.2	Los cítricos	42
	2.2.1 Variedades	43
	2.2.2 Plagas y enfermedades	47
	2.2.3 Patrones	49
	2.2.4 Producción y demanda a nivel nacional y mundial	50
	2.2.5 El mandarino	54
2.3	El Riego por goteo para mandarino	68
	2.3.1 Ventajas e inconvenientes del riego por goteo	69
	2.3.2 Componentes de un sistema de riego por goteo	70
	2.3.3 Programación del riego	72

2.3.4	Cálculos hidráulicos	82
2.3.5	Evaluación del sistema	89
2.3.6	Evaluación económica del proyecto	92

CAPÍTULO III: ESTUDIO DEL TERRENO DE CULTIVO

3.1	Condiciones geográficas del terreno	100
3.2	Requerimiento de agua	104
3.3	Producción del terreno por hectárea	121
3.4	Volumen, calidad y precio del producto	121

CAPÍTULO IV: SISTEMA DE RIEGO PARA PRODUCCIÓN DE MANDARINAS

4.1	Delimitación de las subunidades de riego	124
4.2	Cálculo y selección del diámetro de tuberías principales	125
4.2.1	Rutas del tendido de tuberías	127
4.2.2	Calculo del diámetro	129
4.2.3	Selección de tuberías, accesorios y materiales	130
4.3	Cálculo y selección del diámetro de tuberías secundarias	133
4.3.1	Rutas del tendido de tuberías	133
4.3.2	Cálculo de diámetro	134
4.3.3	Selección de tuberías, accesorios y materiales	134
4.4	Cálculo y selección de los laterales de riego	136
4.4.1	Rutas del tendido de laterales	136
4.4.2	Cálculo de diámetro y longitud critica	136
4.4.3	Selección de mangueras y accesorios	138
4.5	Selección de válvulas hidráulicas	142
4.5.1	Tipos de válvulas	143
4.5.2	Selección	144

4.5.3	Calibración y puesta en operación	147
4.6	Cálculo y selección del sistema de fertilización	151
4.6.1	Rutas del tendido de líneas de fertilización	151
4.6.2	Cálculo de diámetro y longitud de las líneas	151
4.6.3	Selección de tuberías y accesorios.	153
4.7	Cálculo, selección y configuración de la comunicación remota	155
4.7.1	Traza de los microtubos	155
4.7.2	Cálculo de diámetro y longitud de los microtubos	155
4.7.3	Selección del tipo de Comunicación Remota	157
4.7.4	Configuración de Equipos a condiciones de operación	159
CAPÍTULO V: COSTOS		
5.1	Costos Directos	168
5.2	Costos Indirectos	168
5.3	Análisis del Costo / Beneficio	168
CONCLUSIONES		170
RECOMENDACIONES		171
MATERIAL DE REFERENCIA		173
ANEXOS		
PLANOS		

PRÓLOGO

El riego tecnificado viene cobrando vital importancia en la industria agrícola nacional, debido a sus ventajas en el ahorro del consumo de recursos hídricos y la eficiencia en el manejo de estos para los cultivos para obtener un producto con alta calidad para su exportación.

En el presente informe de suficiencia profesional, se usó los avances tecnológicos en equipos de control hidráulicos y electrónicos, para implementar un sistema de riego tecnificado para árboles de mandarinos.

Para la mejor realización del trabajo, el mismo se ha dividido en capítulos de la manera siguiente:

En el Capítulo I, Introducción del estudio, se presenta la situación problemática que enfrenta el proyecto, se citan los objetivos de este trabajo, además los antecedentes y finalmente la justificación del presente trabajo.

En el Capítulo II, Riego tecnificado por goteo, comprende los sistemas de riego tecnificado utilizados para los cultivos y sus componentes, variedades de cítricos y riego por goteo para arboles mandarinos.

En el Capítulo III, se trata el estudio del terreno de cultivo, sus condiciones geográficas, requerimiento de agua y producción esperada de mandarinos por hectárea.

El Capítulo IV, es la parte más importante del presente trabajo y trata en detalle el sistema de riego tecnificado por goteo para la producción de mandarinas. Cálculo y selección de tuberías primarias, tuberías secundarias, tuberías terciarias y laterales de riego, selección de válvulas hidráulicas, elaboración del sistema de fertilización y, cálculo, selección y configuración de la comunicación remota.

En el Capítulo V, se estima la inversión total de la ampliación de la plantación de mandarinos. Se presentan los costos directos, costos indirectos, flujo de caja con el VAN y el TIR correspondiente.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

La costa peruana se caracteriza por tener valles con suelos áridos, con poca o nada de materia orgánica, normalmente constituidos por arena, presencia de fuertes vientos, con clima árido y baja precipitación, a esto se le puede sumar la escasez de recursos hídricos, lo que hace que el desarrollo de proyectos en el ámbito agrícola requiera gran inversión económica en equipos y materiales de alta tecnología para el riego.

El riego por goteo es una de las alternativas que permite tener una mejor utilización del agua; ya que si una planta requiere 40 litros para satisfacer sus necesidades vitales, en riego por goteo se le suministra 45 litros, frente al método del riego por surcos donde hay que suministrar 70 litros de agua. Esto puede ser expresado con el parámetro eficiencia en el consumo del agua; riego por goteo hasta un 90%. Adicionalmente, tiene la ventaja de que puede implementarse en zonas con geografía difícil y terrenos inclusive áridos, como es el caso de los valles costeros, y que no requiere alta exigencia en cantidad y calidad de agua.

1.1 Antecedentes

El riego por goteo en el Perú, se comenzó a instalar a nivel comercial al comienzo de los años ochenta. Actualmente, en las dos primeras décadas del 2000, el gobierno está incentivando dicha tecnología, mediante programas de apoyo económico (Programa sectorial de riego, ley 28585), lo que ha permitido bajar los

costos de inversión, por lo cual la demanda de instalación se ha incrementado (Reyes, 2000).

En el fundo donde se desarrolla el proyecto, se cuenta con 120 hectáreas de paltos, 40 hectáreas de tangelos, 30 hectáreas de naranjos y 40 hectáreas de mandarina, los cuales se vienen exportando a Europa y Estados Unidos desde hace unos 10 y 2 años respectivamente, generando la sostenibilidad económica de la empresa.

En los últimos años, existe una evolución creciente del mercado de la mandarina a nivel mundial, y las actuales negociaciones internacionales (como por ejemplo el T.LC.) están propiciando una excelente oportunidad para la agroexportación de mandarinas.

1.2 Objetivo

Diseñar el sistema de riego tecnificado por goteo de 115 hectáreas de mandarinos, en el valle costero de Huaura - Irrigación Santa Rosa, para obtener un producto que cumpla con la calidad y condiciones requeridas para su exportación a Reino Unido, Canadá, Holanda y Estados Unidos.

1.3 Justificación

El fundo Horno Alto comprende un total de 345 hectáreas, de las cuales 230 hectáreas están produciendo cítricos y paltas desde el año 1998. La gerencia general decidió que las 115 hectáreas restantes sean dedicadas a la producción de mandarinas; para ello se me encargó elaborar la propuesta técnica-económica de utilización de las 115 hectáreas del terreno disponible para el cultivo. Resultado de

esta propuesta, es el trabajo de ingeniería realizado del cual estoy presentado el presente informe de suficiencia profesional.

1.4 Alcance

El proyecto, dentro de los cítricos comunes en el mercado (naranjas, mandarinas, tangelos, etc.), trata de la producción de mandarinas Satsuma Okitsu utilizando el riego tecnificado por goteo en arboles de mandarino en 115 hectáreas de terreno apto para cultivo, ubicado en la zona de Sayán – Huaura.

Este proyecto tratará específicamente aspectos agronómicos, hidráulicos y de automatización que permitan llevar a cabo la irrigación de los árboles de mandarinos, conforme a especificaciones técnicas vigentes de utilización de fertilizantes, necesidades de agua, un control sanitario de plagas; y toda esta actividad bajo monitoreo personal, control utilizando dispositivos electrónicos.

Este proyecto utiliza mano de obra de la población aledaña a la zona, mejorando así los ingresos de aproximadamente 400 pobladores de la Irrigación Santa Rosa, para labores de campo y cosecha; además adquieren capacitación en labores culturales de campo, que les servirá para desenvolverse en otras actividades comunes.

Queda fuera del alcance de este informe, la evaluación del impacto ambiental que se produce al tener 115 de áreas verdes. El cálculo de la captura de CO₂, que forma parte del proyecto de Mecanismo de desarrollo limpio (MDL) queda como un beneficio adicional a este proyecto no está dentro del alcance del trabajo presentado.

CAPÍTULO II RIEGO TECNIFICADO EN CÍTRICOS

2.1 Sistema de riego tecnificado

Este sistema permite la obtener altos rendimientos en los cultivos de frutales. Los diversos sistemas disponibles en el mercado (goteo, cintas, aspersión, etc.) se adaptan a todo tipo de suelos y relieves permitiendo un mejor uso de la superficie, dado que no es necesario destinar espacio a canales o regueros que ocupan hasta un 10% del área del cultivo.

Otra de las ventajas es el control de la denominada lámina de riego, que permite asegurar la irrigación en oportunidad y cantidad que la siembra requiere, el eficiente aprovechamiento del agua (de especial relevancia en periodos de sequía) y la ausencia de problemas de anegamiento, encostramiento y erosión, particularmente cuando recién se realiza la plantación, es decir cuando el suelo se encuentra sin cubierta vegetal.

En términos de volumen de Riego, el objetivo es siempre llevar al suelo a capacidad de campo, es decir reponiendo el “agua más útil” (humedad fácilmente aprovechable por la planta) cuando esta se agota. Existen muchas herramientas de medición de humedad del suelo, desde artesanales como barrenos (que son barras con una punta de extracción de tierra) hasta sondas insertadas cerca de las raíces con software de monitoreo.

Existen diferentes alternativas para la tecnificación de un determinado método de riego, entendiéndose por ello el uso de la "técnica", para obtener el máximo beneficio del agua de riego, es decir, que gran parte de lo suministrado vaya en directo beneficio de las plantas y no se traduzca en pérdidas. Dentro de la tecnificación pueden plantearse los siguientes objetivos respecto al manejo del agua: uso de caudal adecuado, pendiente apropiada, tiempo y frecuencia de riego según demandas del cultivo, mínima pérdida de agua por escurrimiento superficial y percolación profunda, entre otros.

El logro de objetivos, como los planteados, no siempre resulta fácil, siendo uno de los mayores problemas de manejo del agua las bajas eficiencias obtenidas con los métodos tradicionales. Al respecto, desde hace aproximadamente 30 años, la agricultura mundial ha ido incorporando tecnologías que tienden a entregar el agua a las plantas en aquellos puntos del terreno donde se desarrolla la mayor cantidad de raíces, concibiéndose de este modo la idea del *Riego Localizado*. Bajo este concepto de riego localizado tienen cabida todos aquellos métodos como goteo, cintas, microaspersión, microjet, etc., los cuales requieren para su funcionamiento una determinada presión, lo que obliga al uso de conductos cerrados o tuberías para la conducción, distribución y aplicación del agua, surgiendo el concepto de *Riego Presurizado*.

Luego entonces, cuando se habla de riego por goteo, se está haciendo referencia a una forma de "tecnificación del riego a través de la localización del agua aplicada", la cual es conducida por tuberías que tienen una determinada presión interna.

Cualquiera sea la forma de aplicar el agua (goteros, cintas, microaspersores, microjets), los componentes utilizados para la operación de estos métodos son

similares. A continuación se entrega un detalle de las características de los diferentes elementos que lo componen.

2.1.1 Componentes de un sistema de riego presurizado

Un equipo de riego presurizado consta de tres unidades fundamentales:

- Cabezal de riego (reservorio, estación de bombeo, centro de control, etc.).
- Red de conducción y distribución (línea principal, línea secundaria, arco de riego, bigotes, cintas de riego, etc.).
- Emisores (Goteros, microaspersores, etc.).

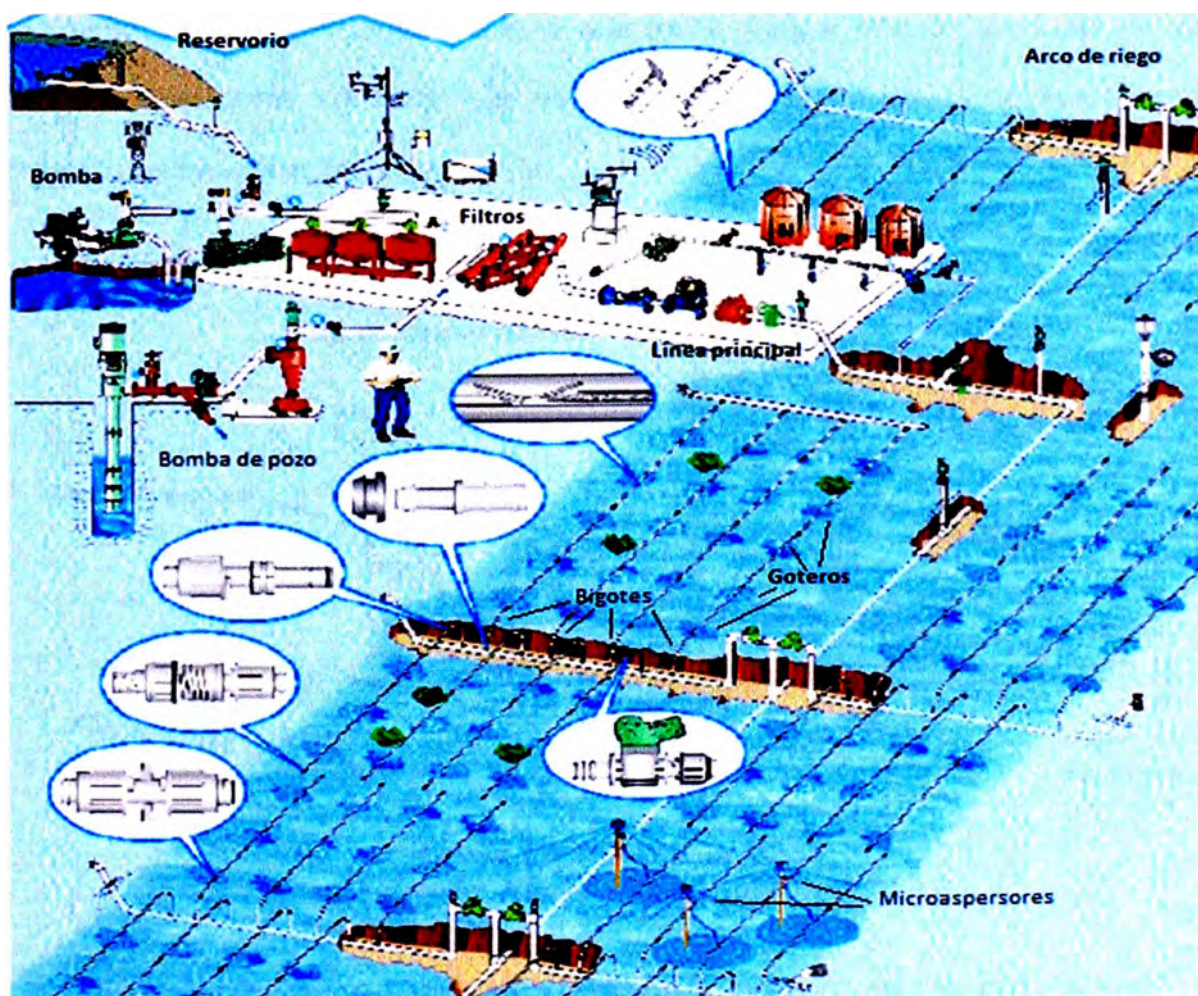


Figura 2.1. Disposición dentro de un predio de los componentes de un riego presurizado
Fuente: Álvarez Juan (2008)

2.1.1.1 Cabezal de riego

El cabezal de un equipo de riego presurizado está compuesto principalmente por cuatro unidades o elementos:

- A. Fuente impulsora del agua.
- B. Unidad de filtraje.
- C. Unidad de fertilización.
- D. Elementos de programación y control de flujo.

A. Fuente impulsora del agua

Sin lugar a dudas que el principal componente de un sistema de riego presurizado es la fuente impulsora, la que debe otorgar presión y caudal de agua suficiente al sistema; situación que debe estar en función de las necesidades que demanda una instalación en particular.

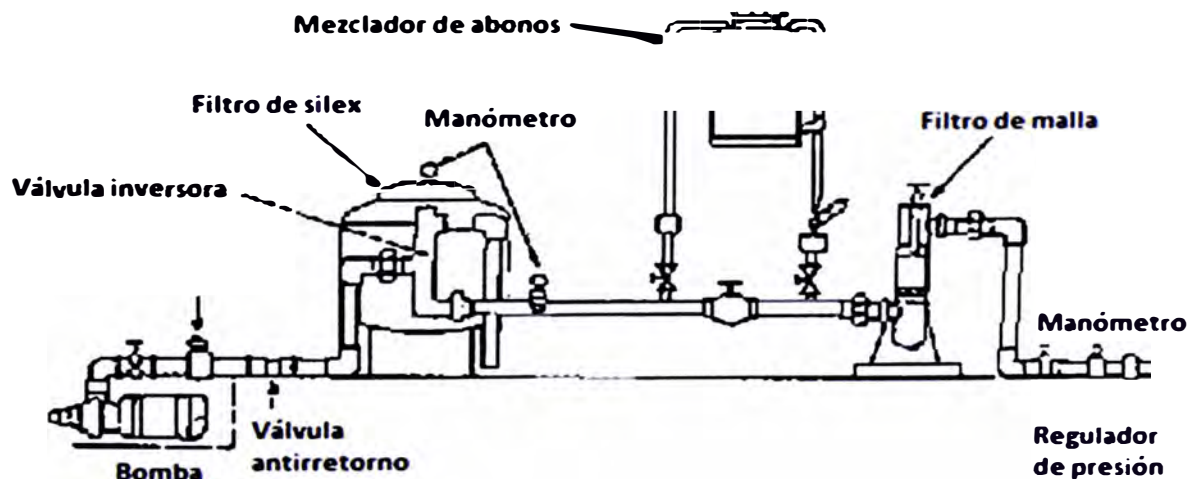


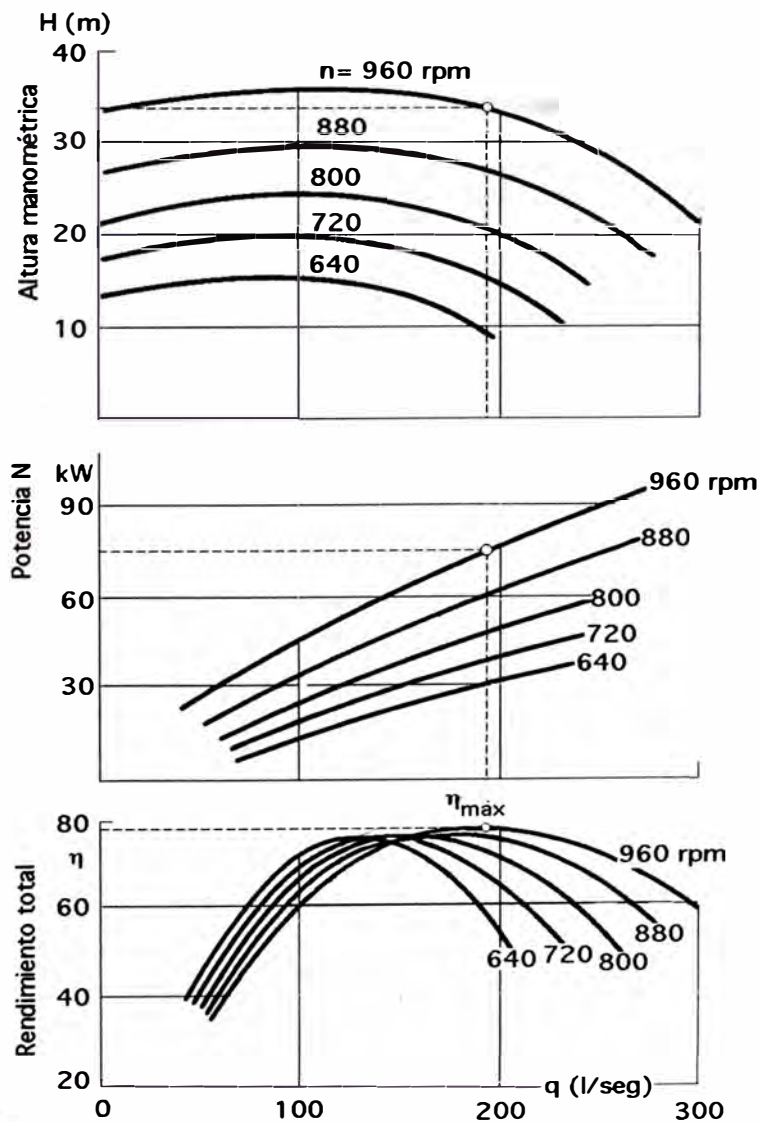
Figura 2.2. Cabezal de riego
Fuente: Osorio, Alfonso y Tapia, Francisco (1999)

En relación a los caudales y presiones proporcionadas por las bombas, éstas vienen especificadas en catálogos editados por los fabricantes, donde se relaciona el caudal con la presión y la potencia requerida para diferentes diámetros

de rodete o impulsor y distintos niveles de eficiencia de funcionamiento del grupo motobomba. Las curvas que representan estas relaciones se denominan "curvas de descarga de la bomba".

Para la selección de la bomba, habría que interceptar los valores de caudal y presión requerida, en la zona de las curvas que presenten un mayor valor de eficiencia ($\eta\%$).

Gráfico 2.1. Curva característica de una bomba tipo a diferentes velocidades de rotación.



Fuente: Fernández Pedro (2009)

En otras situaciones la presión puede ser otorgada por un estanque elevado sobre el nivel del suelo, un canal trazado en altura (Figura 2.3) o una red comunitaria de agua presurizada.

En el caso de un canal trazado en altura se utiliza la gravedad como fuente de presión. En tal situación se deben considerar 2 aspectos principales:

- El desnivel entre el espejo de agua de la fuente y la superficie a regar.
- El caudal requerido para dimensionar la salida del estanque auxiliar y la tubería de conducción hasta la unidad de filtros.

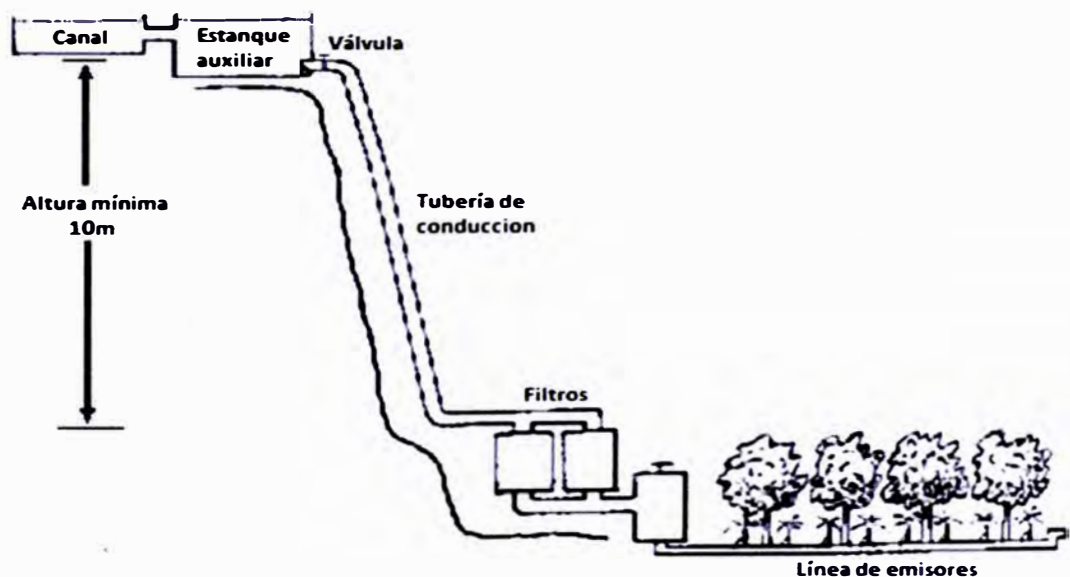


Figura 2.3 Diseño de cabezal de bombeo utilizando la fuerza de gravedad.

Fuente: Osorio, Alfonso y Tapia, Francisco (1999)

La situación presentada considera también la construcción de un pequeño estanque auxiliar ubicado al lado del canal, el que funciona como desarenador y facilita la extracción de agua.

B. Unidad de filtraje

Corresponde a una unidad de singular importancia en el cabezal, dado que su acción impide el taponamiento u obturación de los emisores. Esto nos indica que

el agua que se va a aplicar al terreno debe ir filtrada; utilizándose para tal función tres elementos complementarios:

- Filtro de arena.
- Filtros Hidrociclón,
- Filtro de anillos
- Filtro de malla.

Estos tipos de filtros deben instalarse si se utilizan aguas superficiales (canal, vertiente). Cuando se utiliza agua de pozo se puede obviar el filtro de arena.

Filtros de arena

También denominados *filtro de grava*, corresponden a recipientes o tanque de metal, normalmente circulares, que llevan en su interior arena o grava de un determinado tamaño. Cuando el agua atraviesa el tanque, la arena realiza el filtrado de limos, arenas finas y materia orgánica. El diámetro del tanque está en relación directa con el caudal de agua que se desea filtrar, utilizándose como referencia tasas de filtraje entre 10 y 15 l/s/m² de superficie filtrante (debe considerarse que un m² de superficie filtrante equivale a tener un filtro cilíndrico de 1,13 m de diámetro). De esta manera, para filtrar caudales menores, se requerirá una superficie menor, y por lo tanto, un filtro de diámetro más pequeño. La limpieza de estos filtros se hace produciendo la inversión del flujo (retrolavado), lo que se logra con la apertura y cierre de la válvula correspondiente. La operación de lavado se facilita cuando se instalan dos filtros; de esta forma un filtro puede estar funcionando normalmente y el otro estar en proceso de retrolavado, como se muestra en la Figura 2.4, cuanto menor sea el caudal por superficie de lecho filtrante más eficaz será el filtrado. La operación de retrolavado debe efectuarse frecuentemente para que no se produzca disminución en la presión de operación

del sistema, permitiéndose pérdidas de carga no superiores a los cuatro a seis metros columna de agua (m.c.a.).

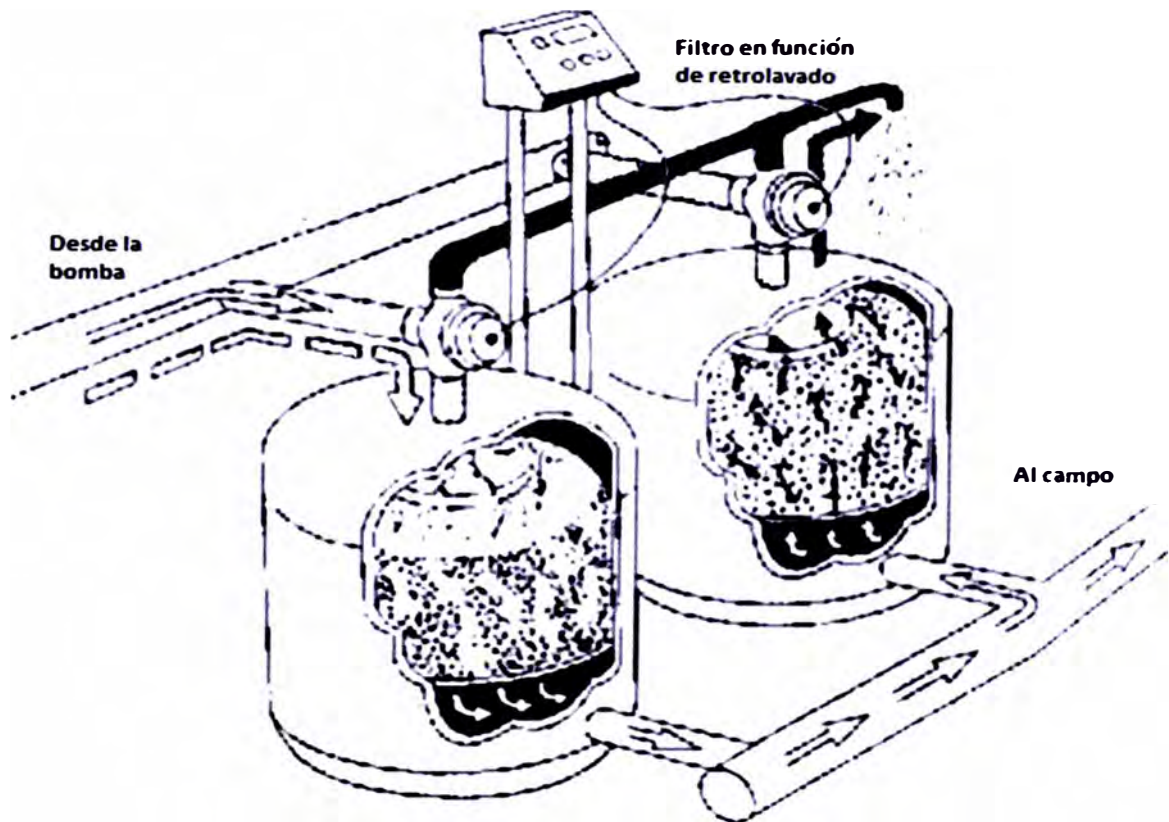


Figura 2.4. Retrolavado en filtros de arena y programador de riego.
Fuente: Osorio, Alfonso y Tapia, Francisco (1999)

Filtros Hidrociclón

Realiza la separación de las partículas por diferencia de densidad a través la fuerza centrífuga que genera el flujo de agua dentro el filtro. Se logra el movimiento circular del agua, por la alta velocidad y la forma tangencial en la que ingresa el agua. Por el mismo principio de separación, el filtro requiere una velocidad mínima de ingreso de agua, equivalente a un caudal, para generar separación eficaz. Al incrementar la velocidad (caudal) de ingreso, se incrementa la eficiencia de separación, pero también la fricción del fluido con el filtro, causando mayor pérdida de presión y desgaste prematuro del cuerpo. El operador debe respetar el caudal

recomendado para cada modelo de Hidrociclón para lograr buena separación, mínimo desgaste y razonable pérdida de presión. Como referencia, la pérdida normal de presión entre entrada y salida del filtro es de tres a seis metros de columna de agua (m.c.a). Cada modelo tiene un rango óptimo de trabajo. Las partículas que se separan del agua se acumulan en un depósito (tanque de sedimentación) ubicado debajo del filtro. Es importante purgar los sedimentos acumulados y no permitir que el tanque de sedimentación acumule más de dos tercios de su volumen. Al pasar este límite se genera un desgaste acelerado en el cuello del ciclón por las partículas que están en el tanque (cerca al cuello) y que reciben un alto efecto giratorio transmitido de la zona inferior del Hidrociclón. El operador debe estudiar según sus condiciones de trabajo (tipo de agua y horas de operación diaria), el tiempo que demora el tanque de sedimentación en llenarse a un nivel peligroso (dos tercios de su volumen); tomando este tiempo como máximo para efectuar purga de sedimentos.

Filtro de Anillos

Poseen anillos plásticos, en forma de disco, que tienen ranuras en ambas caras de su superficie. El filtro se forma por el armado de un paquete de anillos, apretados uno contra otro de tal manera que forman una estructura cilíndrica. El agua ingresa al interior del cilindro a través de las ranuras, dejando la suciedad atrapada entre las ranuras. Al aflojar el paquete de anillos de su armado apretado, se facilita el lavado y limpieza del filtro. La profundidad y tamaño de las ranuras determinan el diámetro de partículas que separa el filtro (el grado Mesh).

Filtros de malla

Normalmente se sitúan en el cabezal inmediatamente después del filtro de arena y del tanque fertilizante. A diferencia de los filtros de arena que trabajan por

superficie y profundidad, los filtros de mallas sólo lo hacen por superficie, reteniendo menos cantidad de partículas sólidas. El caudal que pase por un filtro de malla dependerá de la calidad de agua, la superficie de filtrado, el porcentaje de orificios de la malla y la pérdida de carga permitida. Para un filtro de malla fina de acero inoxidable se admite normalmente un caudal máximo de $250 \text{ (m}^3\text{/h)/m}^2$ de superficie filtrante y de $100 \text{ (m}^3\text{/h)/m}^2$ para una malla de nylon, considerando un mismo diámetro de orificio que en la malla de acero. En un filtro de malla limpio (Figura 2.5) las pérdidas de cargas varían de uno a tres m.c.a., debiéndose limpiar el filtro cuando ésta aumente sobre dichos valores. Estos tipos de filtros son comercializados por empresas especializadas, pero también pueden ser contruidos artesanalmente.

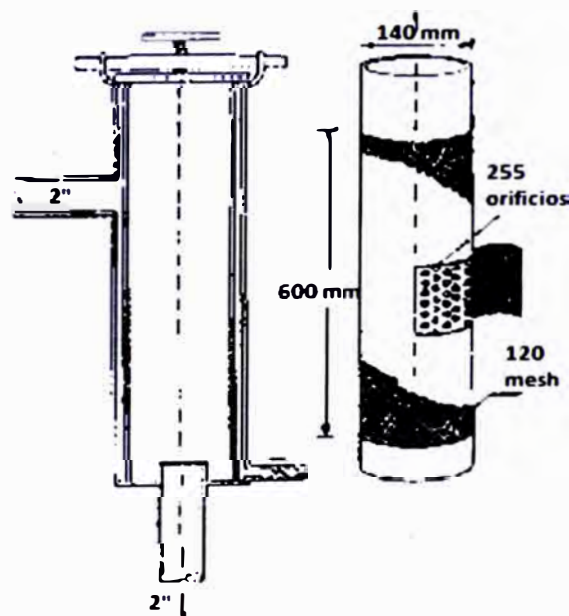


Figura 2.5. Filtro de malla

Fuente: Osorio, Alfonso y Tapia, Francisco (1999)

C. Unidad de fertilización

Tanto los abonos principales como los microelementos que el frutal o cultivo necesita, cuando se utilizan estos sistemas, pueden ser incorporados en el agua de

riego, siempre y cuando estos abonos sean solubles en agua. También pueden aplicarse ácidos (ácido sulfúrico, clorhídrico, fosfórico, nítrico), fungicidas y desinfectantes, como hipoclorito de sodio, por ejemplo. Existen dos clases de aparatos para la incorporación de abonos al agua: los tanques de fertilización y los inyectoros de abono.

Tanque de fertilización

Los tanques de fertilización, en general son depósitos de 20 a 200 litros, en donde se coloca el abono. De acuerdo a como funcionan pueden dividirse en dos tipos:

Tipo Venturi: Son dispositivos muy sencillos que consisten en una pieza en forma de T con un mecanismo Venturi en su interior. El mecanismo Venturi aprovecha un efecto vacío que se produce a medida que el agua fluye a través de un pasaje convergente que se ensancha gradualmente (Figura 2.6). El Venturi funciona cuando hay diferencia entre la presión del agua entrante y la de la combinación de agua y fertilizante saliente al sistema de riego. Este dispositivo generalmente se instala en paralelo, debido a que el caudal que circula por el sistema rebasa la capacidad del propio Venturi. Por este motivo los dispositivos más usados se basan en una combinación del principio Venturi y de diferencia de presión. Si se decide instalar el Venturi en paralelo se requerirá una diferencia de presión entre la entrada y salida del orden del 20%. Es necesario indicar que el tanque tipo Venturi tiene una capacidad de succión reducida, por lo que se recomienda su uso, principalmente en instalaciones pequeñas. La mayor ventaja de este tipo de fertilizador es su bajo costo y fácil mantención.

Tipo tanque en paralelo: Son dispositivos cuya principal característica es la de poseer un depósito donde se pone la solución concentrada de abono que quiere

incorporarse a través del sistema de riego. En su interior alcanza la misma presión que en la red de riego una vez que ha sido cerrado. Por este motivo, el tanque debe ser metálico o de plástico reforzado, colocándose paralelamente a la conducción principal, en ésta, se instalan dos tomas de enganche rápido separadas por una válvula para producir una diferencia de presión entre ellas. Estos tanques son sencillos y de buen funcionamiento aunque presentan el inconveniente de no mantener una aplicación uniforme, ya que la concentración de abono va disminuyendo con el riego hasta el final del mismo. Para solucionar este inconveniente se recomienda utilizar una carga del tanque por unidad operacional de riego.

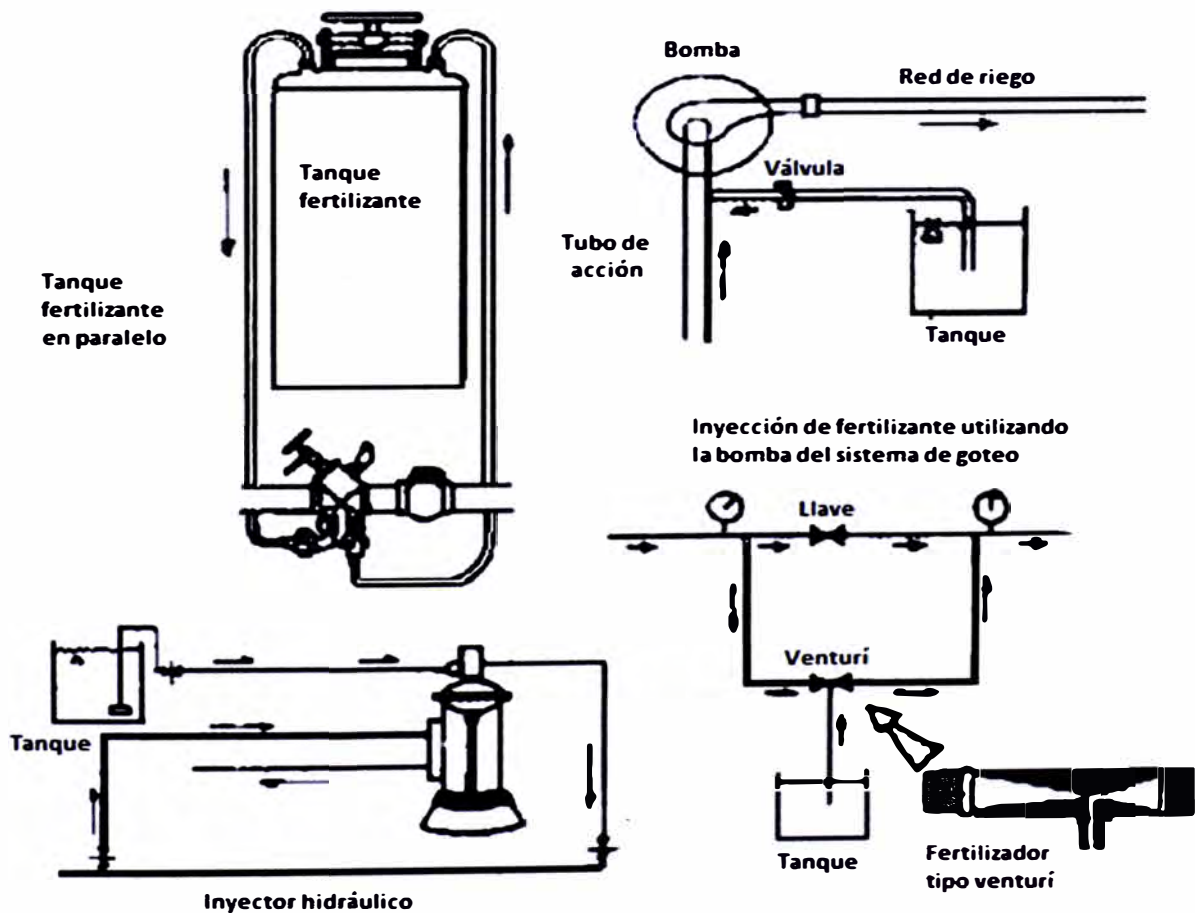


Figura 2.6. Diferentes sistemas de aplicación de fertilizantes en riego por goteo
Fuente: Osorio, Alfonso y Tapia, Francisco (1999)

Inyector de fertilizante

Los inyectores de fertilizantes, al igual que el fertilizador tipo Venturi, utilizan un tanque abierto sin refuerzos en los que se agrega el fertilizante, siendo luego inyectado éste a la red a través de algún tipo de bomba o por energía potencial como las siguientes:

- Bomba de inyección eléctrica.
- Bomba de inyección hidráulica.
- Bomba del sistema.
- Fertiducto

Bomba de inyección eléctrica: Son bombas de diafragma con caudal variable en las que se puede regular con toda precisión la cantidad de solución de abono que se desea incorporar. El único inconveniente, además del costo, es la necesidad de una fuente de energía.

Bomba de inyección hidráulica: En este tipo de inyector el motor eléctrico se sustituye por uno de accionamiento hidráulico, que usa la propia energía del agua de la red para mover sus mecanismos. Se trata de bombas del tipo peristáltico, que por lo tanto, producen una dosificación a impulsos, inyectando en cada embolada un volumen de solución igual a la capacidad de la cámara receptora. El control del ritmo de inyección se realiza variando el número de embotadas por unidad de tiempo. La presión máxima de trabajo de los modelos existentes en el mercado puede variar entre seis y diez atmósferas y su capacidad máxima de inyección suele estar entre los 200 y 600 l/h. En general, este tipo de inyector consume de dos a tres veces el volumen de líquido inyectado. El principal inconveniente que presenta este tipo de bomba es su difícil mantenimiento.

Bomba del sistema: Algunos agricultores e instaladores, usan como inyector de fertilizante la propia bomba del sistema de riego por goteo. En este caso, la mezcla de fertilizante es ubicada en un tanque paralelo para luego ser aspirada por la bomba. Es necesario indicar que este sistema podría tener el inconveniente de deterioro anticipado del rotor de la bomba.

Fertiducto: Son alimentados desde depósitos que contienen la solución fertilizante y adonde están conectados los inyectores, mediante tuberías de polietileno (PE). Tiene que considerarse que los fertilizantes pueden tener alguna reacción química con el material del tanque, puesto que la mayoría de los fertilizantes son sales y algunos con una reacción muy ácida. Entre los materiales pueden ser:

- Plástico: adecuados por su fragilidad, ligereza y resistencia química.
- Fibra de Vidrio: para soluciones ácidas. Deben estar tratadas con resinas especiales.
- De asbesto cemento: en el caso que los volúmenes sean mayores que los que pueden contener los de plástico.

Para llevar el control de los volúmenes, todos los tanques deben estar calibrados (sea interna o externamente), ya que cuando no se tiene medidores de fertilizante (fertímetros), se lleva el control según la calibración, en este caso se puede automatizar la inyección, con el controlador del sistema de riego.

D. Elementos de Programación y Control de Flujo

Son elementos electrónicos que permiten automatizar el accionamiento de la red y a la vez operar en forma secuencias el riego en distintos sectores. Su inclusión, aun cuando es opcional, se justifica en instalaciones de gran superficie o

de difícil manejo. Se usan también para automatizar el proceso de limpieza de los filtros. Entre los elementos de regulación y control de flujo están las válvulas de distinto tipo: de paso, reguladores de presión, de retención, hidráulicos, electrónicos, volumétricos, etc. Su operación directa o indirecta (mediante programadores) regulan el comportamiento del flujo y la presión en la red.

2.1.1.2 Red de conducción y distribución

Tuberías de Polietileno (PE) y Policloruro de Vinilo (PVC)

Las tuberías que se utilizan en las instalaciones de riego presurizado son fundamentalmente de PVC y PE y últimamente, polipropileno y polibutileno. En grandes instalaciones se recurre al fibrocemento para la red principal. Ocasionalmente para tramos muy cortos, se utiliza el hierro galvanizado, aunque este último debe evitarse siempre que sea posible por su fácil corrosión.

De estos materiales, el fibrocemento es el más barato para grandes diámetros de tubería, particularmente diámetros mayores a 150-200 mm. Debido a que es un material más pesado, la conexión de los distintos tramos resulta más laboriosa que cuando se trabaja con PVC y PE, por lo que el metro lineal instalado no suele ser mucho más barato que el de los otros materiales. El PVC es rígido y más barato que el PE para diámetros de 50 mm y superiores. Por último, el PE es flexible a la vez que resulta ser el material más barato para diámetros inferiores a 50 mm. Por lo que se utiliza siempre en la red terciaria y ramales de riego.

En definitiva, el conjunto de tuberías deben ser capaces de conducir, con la mayor eficiencia posible, el agua desde la fuente de abastecimiento hasta la planta misma. Para que ello ocurra, se efectúan una serie de combinaciones de diámetros y tipos de tuberías.

Clasificación de las redes de distribución

Matriz o línea principal: Es la tubería de mayor diámetro en la red, su función es conducir el agua hasta la derivación de los diferentes sectores. Normalmente es de PVC o bien Rocalit (en diámetros mayores) generalmente van instaladas bajo tierra.

Submatrices o líneas secundarias: Corresponden a tuberías de menor diámetro que la matriz o línea principal y son las encargadas de llevar el agua desde ésta al sector correspondiente.

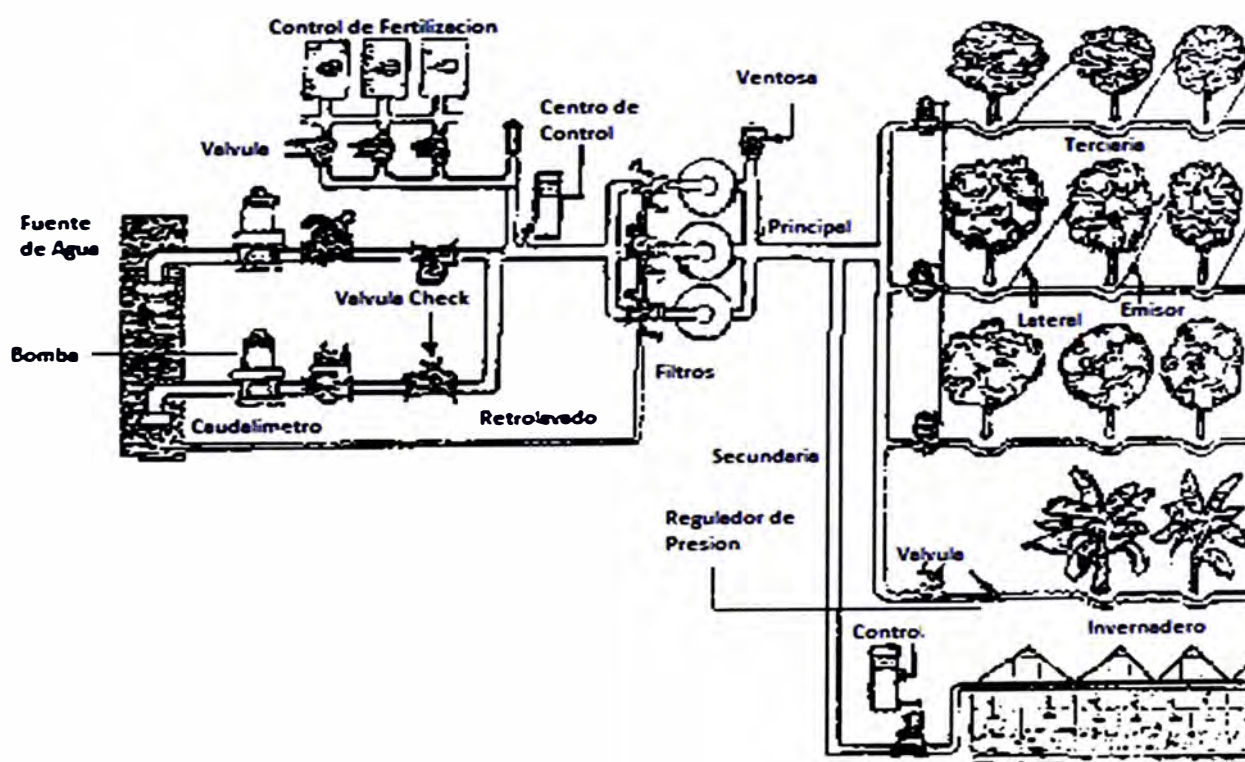


Figura 2.7. Esquema de una red de conducción y distribución de un sistema de riego presurizado.

Fuente: Osorio, Alfonso y Tapia, Francisco (1999)

Terciarias o múltiples: Estas son las tuberías que distribuyen el agua hacia las líneas con goteros actuando como cabecera de la línea portagoteros o lateral.

Son generalmente de PVC y de diámetro más pequeño que las submatrices, pudiendo combinarse varios diámetros en su diseño. Generalmente también van instaladas bajo tierra.

Líneas portagoteros o laterales: En estas tuberías se insertan los goteros, son de polietileno y por lo general de 16mm de diámetro. Estas son las tuberías que van sobre la superficie en la hilera de cultivo.

2.1.1.3 Emisores

Los emisores son dispositivos que controlan la salida del agua desde las tuberías laterales con caudales inferiores a 12 l/h. Los más utilizados en nuestro país y a nivel mundial son los emisores de 2 l/h y 4 l/h. Para seleccionar un emisor o gotero es necesario tomar en cuenta las siguientes características:

Que entreguen un caudal relativamente bajo, pero uniforme y constante, con pocas variaciones de presión a lo largo de su vida útil.

El diámetro del conducto debe ser suficiente para que no se obture fácilmente y para permitir un adecuado paso de agua.

Fabricación robusta y poco costosa,

Buena uniformidad de fabricación.

Resistencia a la agresividad química y ambiental.

Poca sensibilidad a los cambios de temperaturas.

Reducida pérdida de carga en el sistema de conexión.

En un sistema de riego presurizado los tipos de emisores más comunes son:

- Goteros.
- Cintas o tuberías perforadas.
- Microaspersores y Microjets.

Goteros

La gran variedad de goteros que se fabrican obliga a hacer una clasificación de los mismos, que puede servir de orientación de acuerdo con la situación particular que se presente. A continuación se describen las características de algunos tipos de goteros:

De largo conducto: En ellos la pérdida de carga tiene lugar en un conducto (de hasta dos metros de longitud) de pequeño diámetro (de 0,5 a 5 mm). A este grupo pertenecen los microtubos con diámetros de 0,6 a 2 mm. Su coeficiente de fabricación (CV) puede ser bastante bueno (0,02 a 0,05), pero depende fundamentalmente del cuidado que se tenga cuando se corten a una determinada longitud. Al grupo de estos emisores de largo conducto pertenecen también los goteros con conducto en helicoide, los cuales entregan un caudal de dos a cuatro l/h, siendo muy sensible a las obturaciones. También son de este grupo los goteros de laberinto, menos sensibles a las obstrucciones que los anteriores.

De orificio: En estos goteros el agua sale al exterior a través de uno o varios orificios de pequeño diámetro, en donde tiene lugar la mayor pérdida de carga. Estos emisores son muy sensibles a las obturaciones.

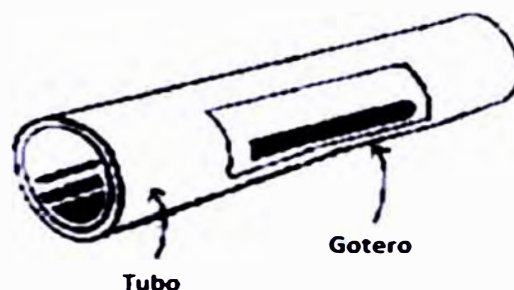
De tipo Vortex: Estos goteros tienen una cámara circular en donde se produce un flujo vorticial. El CV en general es bajo, pero son muy sensibles a las obturaciones, pues los modelos existentes en el mercado tienen un diámetro de paso del orden de 0,6 mm.

Autocompensantes: Se trata de goteros con flujo turbulento o transitorio en los que se intenta obtener un caudal constante independiente de la presión. El

límite inferior de presión de funcionamiento suele estar en cinco metros de columna de agua (m.c.a.) y el superior entre treinta y cuarenta m.c.a.

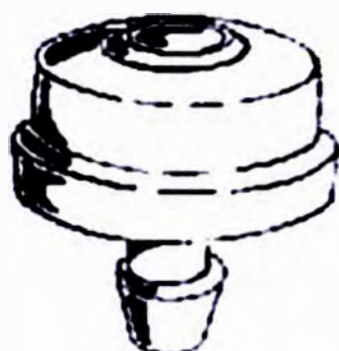


Tubo de polietileno lineal



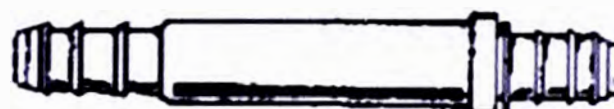
Tubo

Gotero

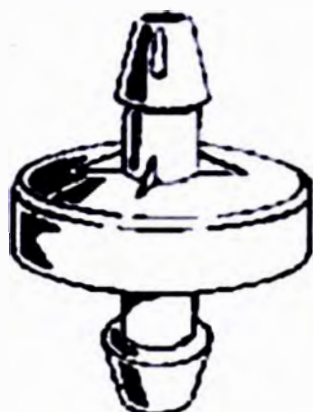


Gotero botón

DESPIECE DE GOTERO EN LINEA

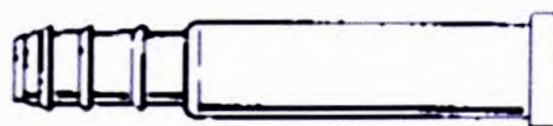


Gotero en línea



Gotero autocompensado

Cubierta



Alma



Figura 2.8. Diferentes tipos de goteros
Fuente: Osorio, Alfonso y Tapia, Francisco (1999)

Autolimpiantes: Existen, fundamentalmente dos tipos de goteros autolimpiantes: aquellos que pueden estar o no en posición limpiante y los que continuamente lo están. Los primeros sólo se limpian durante el corto tiempo que

tarda el sistema en ponerse en funcionamiento a la presión de régimen, o en pararse y pasar de esa a la presión atmosférica. Con este gotero hay que tener la precaución de que la capacidad del sistema en caudal sea suficiente para poder llegar a la presión de régimen, ya que descargan más caudal cuando están en la posición de limpieza.

Cintas o tuberías perforadas

Los primeros equipos de riego utilizados en hortalizas consideraban el uso de goteros en sus diferentes tipos; sin embargo, con el correr del tiempo y fundamentalmente debido a elevados costos, se fue derivando hacia el uso de cintas de riego o tuberías perforadas del tipo T-Tape o Biwall, entre otras. Todas ellas suministran un caudal continuo a lo largo de su recorrido, por lo que en sus características no se define un caudal por cada salida, sino un caudal por metro lineal de tubería.

El proceso de fabricación de estas tuberías es más simple en general, que el de cualquier gotero. Los orificios de salida del agua son pequeños, siendo necesaria la utilización simultánea de filtros de arena y malla fina para evitar obstrucciones. Funcionan ordinariamente a bajas presiones, menores de una atmósfera (1 atmósfera = 1 0 m.c.a.). El material que se utiliza en su fabricación suele ser polibutileno. A su favor tienen el precio, que es generalmente bajo, por lo que las instalaciones de este tipo suelen ser más baratas que las implementadas con goteros. Se utilizan tanto extendidas sobre el terreno, como enterradas, siendo su campo de aplicación, principalmente en los cultivos en línea; sobre todo las hortalizas de pequeño marco de plantación.

CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

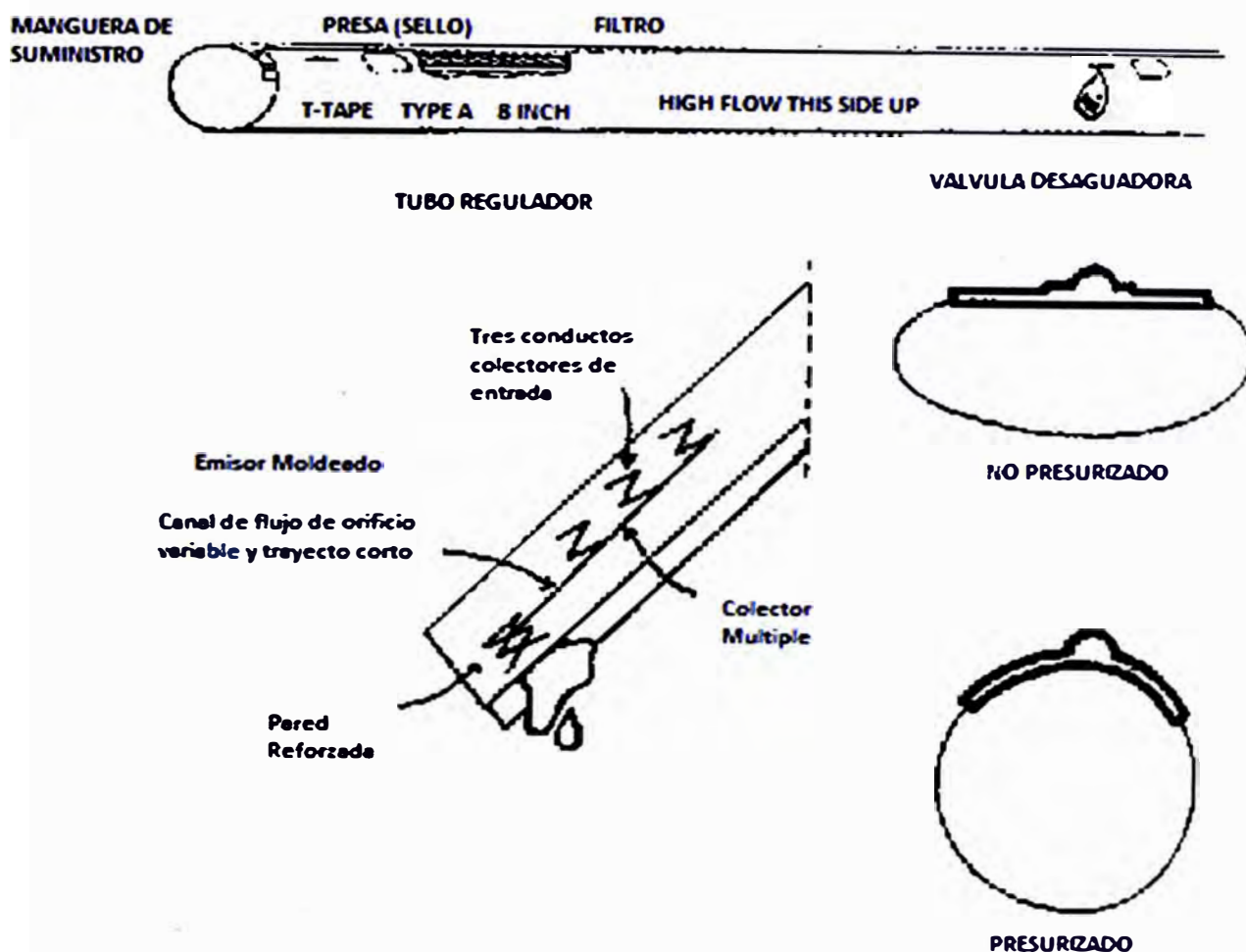


Figura 2.9. Diferentes tipos de cintas o tuberías perforadas.
Fuente: Osorio, Alfonso y Tapia, Francisco (1999)

Microaspersores y microjets

Cuando se riega utilizando estos emisores el agua de riego se aplica como una lluvia de gotas finas a baja altura. Los microaspersores y microjets permiten dar un aojamiento localizado a las plantas. La diferencia entre microaspersores y microjets es que en los primeros el chorro de agua va rotando y en los últimos es estático. Las descargas normales de un microaspersor o microjet son altas, llegando a usarse caudales entre 25 y 120 l/h. Cuando se emplean estos emisores los sistemas se diseñan para realizar riegos frecuentes. Las principales ventajas de regar con microaspersores y microjets son las siguientes:

Se pueden aplicar caudales importantes a baja presión (15 a 20 m.c.a.) lo que disminuye el costo total del sistema.

Se aplica al agua en forma localizada sobre la zona de las raíces del cultivo aumentando por este motivo la eficiencia de aplicación del riego. El microjet tiene un diámetro de mojamiento pequeño (menor a 8,5 m).

Se administran caudales controlados por el cabezal del sistema, por lo tanto, las pérdidas por escurrimiento superficial son mínimas.

Además, se pueden diluir fertilizantes y pesticidas en los volúmenes de riego ya que se aplican cantidades de agua programadas.

En cultivos con riego por microaspersión o microjets, disminuye la expansión de las malezas, debido a que el agua es aplicada en forma localizada. En consecuencia, hay un ahorro de mano de obra al disminuir las labores de limpieza.

El costo de la red de tuberías es menor que en un riego por aspersión y similar al riego por goteo, dado que se administran caudales medios (25 a 120 l/h) a menor presión que la aplicada en aspersión.

La principal limitante del sistema es el costo de inversión, dado que se requiere generalmente de uno a dos microaspersores o microjets por planta. Los microjets básicamente son boquillas compuestas de una sola pieza de polímero, sujeta a un soporte que la eleva a una altura de 10 a 20 cm. sobre el suelo. Las áreas de mojamiento de un microjet pueden ser de 360°, 280°, 270°, 180°, 90° o 40°, lo que resulta de gran utilidad. Así por ejemplo, con una boquilla de 300° se tiene un mojamiento casi circular excluyéndose del área de mojamiento un arco de 60° que no se humedece u que puede corresponder a la ubicación del tronco del árbol, de tal modo de no humedecer esa zona de la planta, evitando dañarla.

Los microaspersores son del mismo material que los microjets, pero compuestos de dos piezas, una base y una cabeza. En la base está el orificio de salida del agua y la cabeza la distribuye en áreas de 180° y 360°. Este tipo de emisores están usándose cada vez más, sustituyendo en algunos casos a los goteros. A pesar de tener diámetros de paso relativamente pequeños son poco sensibles a las obturaciones debido a la velocidad de salida del agua. Casi todos ellos tienen un deflector contra el cual choca el chorro de agua, cambiando de dirección y distribuyéndose a través del aire. El área mojada puede tener diversas formas desde un círculo completo hasta un sector de pequeño ángulo. La posición que ocupa el difusor con relación a la vertical, tendrá mucha influencia sobre la forma y dimensión de la superficie mojada.

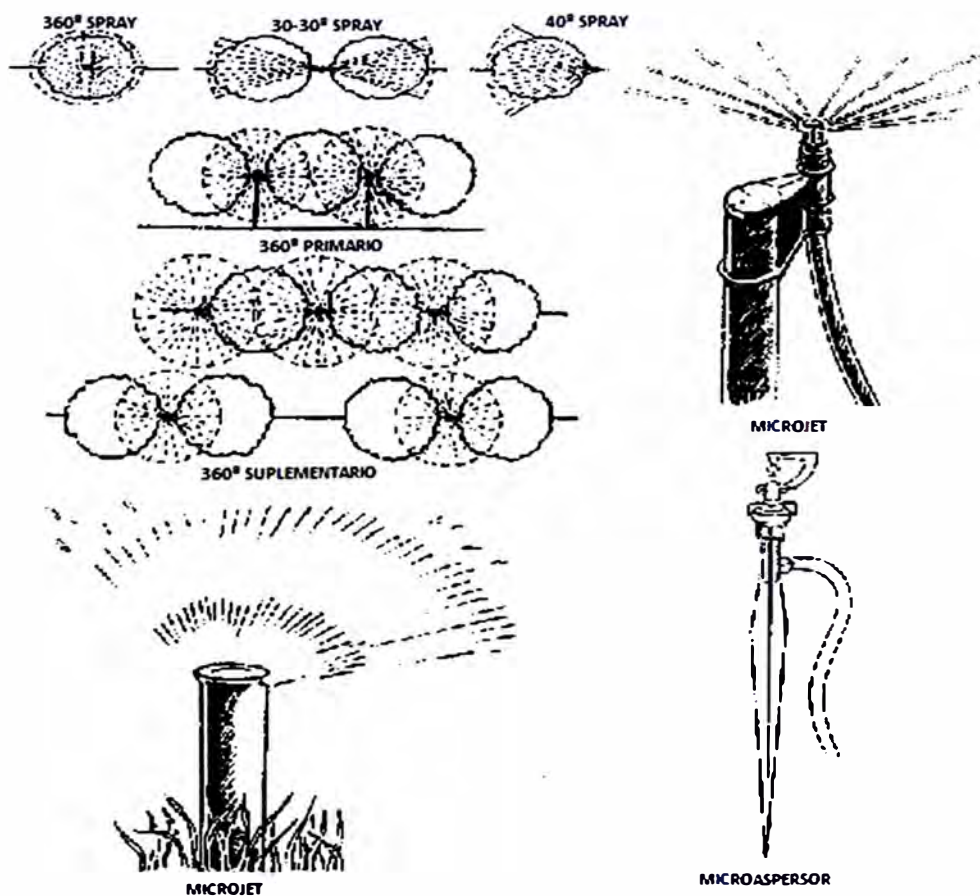


Figura 2.10. Características de microjet y microaspersores.
Fuente: Osorio, Alfonso y Tapia, Francisco (1999)

2.1.2 Sistema de control de riego

Los sistemas de control de fertirrigación son herramientas fundamentales para poder suministrar agua y nutrientes al cultivo en la cantidad y frecuencia adecuadas, optimizando el aprovechamiento del cultivo y evitando situaciones de estrés. Este control influye de forma significativa en los costes y el consumo de agua. Los sistemas de control del riego llevan consigo una serie de rutinas en función de parámetros hidráulicos. Para controlar el riego y la fertilización las funciones que se tienen que dar se integran en los denominados algoritmos de control. Los algoritmos responden a tres preguntas: ¿Cuándo regar? ¿Qué cantidad de agua hay que aplicar? ¿Qué sistema de inyección de fertilizante hay que utilizar?

2.1.2.1 Variables a controlar en el riego y la fertilización

Existen distintos métodos para controlar el riego de un cultivo y en función del que se utilice habrá que controlar una serie de variables. En general, en el riego y la fertilización se pueden controlar las siguientes variables:

Control del riego: en bucle abierto se puede controlar por tiempo o caudal de agua. En bucle cerrado se puede controlar la humedad del suelo, evapotranspiración, radiación, etc.

Control de la inyección de fertilizantes: se puede controlar el pH de la solución nutritiva, la conductividad eléctrica (CE) y la inyección de microelementos.

Hay otras variables que conviene controlar y que informan sobre el estado del sistema y la calidad del agua de riego. Por ejemplo, el nivel de los depósitos, la presión del agua en las tuberías, la pérdida de carga de los filtros, etc. Se describen a continuación los principales elementos de control en la programación de riegos y los sistemas genéricos de control del riego y la fertilización según las variables a

controlar. Estos sistemas también se conocen con el nombre de algoritmos de control.

2.1.2.2 Controladores en la programación de riego y la fertirrigación

Los elementos que controlan la programación del riego y la fertirrigación son muy variados. Cada explotación requerirá de los elementos necesarios específicos para cada caso. Se detallan a continuación los principales elementos utilizados en el control del riego y la fertirrigación.

Programadores

En diversos procesos industriales que siguen una relación determinada de una variable con el tiempo requieren un control automático para seguir y reproducir un programa fijo. Los instrumentos que realizan esta función se denominan programadores controladores y realizan tres funciones básicas: control automático de las variables, temporizadores, variación del punto de consigna del controlador (función de programación). Un programador se compone de: generador de punto de consigna, que determina la temporización y fija la evolución de la variable a lo largo del tiempo; un controlador todo-nada, PI o PID con indicador o registro de la variable. El programador permite almacenar un número determinado de programas que pueden utilizarse cuando se desee con una salida por relé o analógica. Se puede visualizar en el monitor el programa seleccionado y los resultados obtenidos en el proceso. Estos instrumentos son muy versátiles en la programación del riego. Un programador de riego puede controlar la apertura o cierre de sectores o válvulas de riego. Además puede controlar la apertura de Venturas. De entrada pueden incorporar contadores de agua y medidores de presión. Los datos que pueden almacenar son muy variados (CE, pH, temperatura, etc.). Incorporan, además, varios programas de riego.

Ordenador o computador de riego

Para realizar la fertirrigación de varios sectores de riego utilizando rutinas o algoritmos de control más sofisticados (utilizando variables climáticas) debido a que aumenta la complejidad se requiere la utilización de un ordenador para obtener un control óptimo. Los ordenadores de riego que se instalan en los sistemas de riego controlan por un lado la nutrición y por otro la distribución y dosificación del riego. A través de estas herramientas se pueden monitorizar los riegos, configurar los parámetros de la máquina de riego de forma sencilla, acumular y mostrar histórico de actividades y consumos de la instalación de riego, realizar gráficas del histórico, almacenar históricos de actividades y eventos de la agenda de riego, etc. Además existen sistemas que permiten la conexión en red de los ordenadores que componen la explotación, la creación de una intranet o la conexión con Internet para poder recopilar datos de las estaciones agrometeorológicas de los distintos programas de asesoramiento al regante que existen en las diferentes Comunidades Autónomas. Según lo establecido en este apartado se pueden considerar cuatro niveles de automatización en el proceso de fertirrigación:

- Un primer nivel en el que se pueden incluir los sistemas semiautomáticos con preajustes en cada operación de las válvulas.
- Un segundo nivel consiste en instalar sistemas secuenciales de operación repetida, lo que implica mediciones tanto de tiempo como volumétricas, mediante la implantación de programadores de riego, con lo que se puede controlar el sistema de bombas dosificadoras.
- Dentro del tercer nivel se encuentra el riego por computadora. Consiste en controlar y procesar todos los parámetros esenciales del regadío en tiempo real y determinar de forma óptima cuándo y cuánto se debe regar en cada momento.

- El cuarto nivel consiste en redes de sistemas de control de riego centralizadas desde un sistema que, en función de determinada información, determine las condiciones óptimas de riego para cada una de las parcelas.

2.1.2.3 Algoritmos de control de riego

Control por tiempo

Se calcula la duración del riego en función de la dosis necesaria, caudal de emisores y número de emisores por planta. Los dos elementos fundamentales de este tipo de control son por un lado las electroválvulas y se instalan normalmente cerradas. Por otro lado los programadores incorporan un reloj y cierran y abren circuitos electrónicos a las horas en que se hayan programado. Los circuitos accionan los solenoides de las electroválvulas y se mantienen abiertas mientras se reciba la señal eléctrica. El sistema conecta o desconecta el riego en función del programa que establezca el usuario y a lo sumo alguna señal que provenga del cultivo como el inicio del riego. Hay muchos modelos y permiten programaciones diarias, semanales, quincenales y de duración superior, con intervalos de actuación de un minuto. La ventaja de este sistema es la sencillez de programación, economía y facilidad de combinación con el arranque y parada de las bombas. El inconveniente es que dependen en gran medida del caudal de paso. Si éste varía con respecto a la rutina normal de funcionamiento, las dosis de riego se ven alteradas. Con la instalación de contadores se soluciona el problema.

Control por volumen

Se mide de este modo el agua aplicada en cada riego y al alcanzarse este volumen, se interrumpe el paso del agua. De este modo se evita el inconveniente de la programación por tiempos, que depende del caudal de paso. Los elementos fundamentales de este tipo de control son: medidores de caudal y sirven para medir

los volúmenes de agua por sector; electroválvulas normalmente cerradas y programadores, son similares a los anteriores y llevan incorporado un sensor de caudal que finaliza el riego. Se trata también de un sistema de control en bucle abierto.

Control basado en la radiación

Mide la radiación solar entre 200 y 2500 nm (radiación global). El programa que incluye el computador integra los datos de radiación para calcular la energía recibida por unidad de tiempo. Para programar el riego se calculan las necesidades de agua del cultivo, normalmente a partir de la fórmula de "Penman-Monteith", y se correlaciona con la energía recibida por metro cuadrado de cultivo y unidad de tiempo. Al programador se le indica el valor de radiación para el comienzo del riego. La cantidad de agua a aportar se suele indicar por tiempo o volumen. El mayor inconveniente es la falta de calibración el sistema. Es también un sistema de control en bucle abierto.

Control basado en la evaporación

Conociendo el agua evapotranspirada se determina la lámina de agua a reponer. El programa de control correlaciona el agua evaporada con el agua aportada por unidad de superficie.

Control basado en el drenaje

Se utiliza sobre todo en invernaderos. Tiene dos modalidades. Una de ellas es en función del volumen. Mediante un sistema de drenaje se recoge el agua de riego de un punto de la red. En función de la lámina drenada se aumenta o disminuye la frecuencia de riegos hasta ajustarse al valor del volumen de drenaje deseado. La otra es en función de la conductividad eléctrica del agua de drenaje.

En este caso se correlacionan las conductividades del agua de drenaje y la solución nutritiva. Se utiliza con cultivos en sustrato.

Control basado en la humedad del suelo

Se fija el nivel mínimo de consigna de la humedad del suelo y cuando se alcanza el valor se activa el riego. La orden de finalización acaba con un control de tiempo o de volumen de agua aplicada.

2.1.2.4 Algoritmos de control de la fertirrigación

Control basado en la medición continua del pH y la CE

Se basan en la medición continua del pH y la CE del agua de riego. Mediante sensores de pH y CE se envían señales al ordenador central y se comparan con los valores consigna y envía las órdenes a inyectores de fertilizantes. Utilizan dos algoritmos:

- **Control todo-nada:** junto con Venturis y bombas inyectoras y electroválvulas de dos posiciones. En este caso la inyección no es continua.
- **PID:** La dosificación se efectúa mediante inyectores eléctricos. En este caso los tiempos de respuesta son lentos.



Figura 2.11. Programador de riego con medición continua de pH y CE.
Fuente: Ruiz Canales y Molina Martínez (2007).

Estos sistemas suelen constar de tres o más tipos de abonos y de la inyección de ácido. Para instalaciones en las que los caudales instantáneos son pequeños se utiliza un tanque al que llega el agua de riego, las soluciones madre y la solución ácida. En el tanque se mezclan y se va confeccionando la solución nutritiva que se va a aportar al cultivo. La entrada de agua está controlada por una electroválvula que responde a señales de los sensores de nivel instalados en el tanque de mezcla. A la salida del tanque se instalan los sensores de pH y CE. Este tipo de control es en bucle cerrado.

Sistemas expertos en tiempo real

Se controlan las plantas en tiempo real y se controlan los parámetros del agua (CE, pH y volúmenes). Estos sistemas están en estudio. Se trata de desarrollar sensores para evaluar el estado hídrico del continuo suelo-planta-atmósfera. Persiguen dos objetivos, por un lado, proporcionar mejoras en la capacidad de los sistemas de fertirrigación para obtener resultados productivos más ventajosos y compatibles con un uso eficiente del agua y los nutrientes. Por otra parte se intenta automatizar la gestión de la fertirrigación para que de una manera sencilla se puedan programar los riegos por parte el operario. Son sistemas de control en bucle cerrado. El equipo de automatización puede ser variado, extenso, integral o aplicado, solo automatizar el cabezal de riego. El objetivo de la automatización es comandar acciones en el sistema, según la necesidad del cultivo y en forma precisa, sin errores humanos y emitiendo reportes confiables. Este objetivo se cumplirá siempre y cuando hayamos programado correctamente y hayamos dado el mantenimiento adecuado comprobando su correcto funcionamiento. El Sistema de Control de Riego se aplica a predios donde es preciso comandar y controlar válvulas de riego a distancia, con grandes ventajas en la instalación y el mantenimiento de controles eléctricos o hidráulicos. Desde pocos

metros hasta varios kilómetros de distancia, este sistema permite desde un Módulo Base de Control con un programa embebido, el Procesador de Control Central, configurar la red de válvulas instaladas en el predio, asignando grupos y cuadros horarios de accionamiento a cada una de ellas, sensar su estado y su reserva de energía, dar señales de alarma por falta de accionamiento, batería baja, accionamiento erróneo y otras mediciones opcionales.

Los Módulos de Accionamiento Remoto, emplazados junto a cada válvula a comandar, constan de un generador solar con autonomía de siete días o más, y los circuitos de accionamiento con su batería, alojados en un gabinete estanco con protección a polvo y humedad. Estos módulos reciben las órdenes del Procesador de Control Central y en función de ellas accionan un solenoide de enclavamiento que abre o cierra la válvula piloto del sistema de riego, sensa la tensión de la batería, sensa el estado de la válvula (abierta o cerrada con la indicación de un presóstato opcional), y transmite al Control Central una señal de reconocimiento de las órdenes y el estado del sitio. La comunicación entre el Procesador de Control Central y los Módulos de Accionamiento Remoto es libre de errores ya que cada módulo está identificado unívocamente con un código individual y un código grupal, de modo que las órdenes que envía el Control Central son tomadas únicamente por aquellos módulos cuya identificación está incluida en el paquete de datos transmitidos.

2.1.2.5 Suministro de energía y equipos de automatización

Alimentación eléctrica

El suministro eléctrico es fundamental, para que el controlador y periféricos puedan funcionar correctamente. Se debe verificar que el voltaje y la corriente eléctrica sean los requeridos (normalmente 5V o 12V) y que lleguen de manera

constante, sin altibajos que puedan dañar o resetear la memoria del equipo. En zonas de la alta radiación solar, se puede usar los paneles solares.

Baterías

Son indispensables debido a su capacidad de almacenaje, se usan como respaldo de los equipos de corriente continua, se debe tener en cuenta para su selección la corriente por hora que se necesita para compensar la carga de los equipos instalados y de usar una fuente de carga. Se recomienda:

Verificar la carga correcta hasta el voltaje indicado.

Mantener los contactos limpios de sulfatación.

Guardar en un ambiente limpio y seco.

Considerar que las baterías tienen vida útil limitada (1,5 - 2.5 años según las condiciones de trabajo).

Contactos de cableado

Mantienen la energía eléctrica en los equipos, se debe considerar:

Asegurar los cables de cualquier daño mecánico.

Mantener los terminales limpios de sulfatación.

Revisar periódicamente (cada 6 meses) el ajuste de los pernos de terminales.

En caso de rotura de cable, el empate debe efectuarlo una persona capacitada y con materiales aislantes apropiados.

Caudalímetros

Sirven para medir el caudal de agua (en el caso de fertilizantes se les llama fertímetros) que pasa por un ducto, la información es registrada y enviada al controlador principal para la correcta ejecución del programa de riego.

Al principio de cada temporada, se debe revisar que el caudal calculado por el controlador sea idéntico al calculado por medición visual en el hidrómetro.

Solenoides

Son mecanismos de activación magnética que sirven para abrir o cerrar un paso de señal hidráulica de control, en este caso de válvulas hidráulicas. También se puede usar manualmente, mediante una perilla (Figura 2.13). Requieren mantenimiento de limpieza y lubricación con grasa de silicona cada uno o seis meses según la calidad del agua. Existen modelos de dos y tres cables, normalmente funcionan a 5V y 12V.



Figura 2.13. Solenoide de dos cables.
Fuente: Foto tomada el 10/09/2011

Válvulas

Dentro de esta categoría existen diferentes tipos de válvulas para el manejo y protección eficaz de nuestro equipo de riego. Debemos instalarlas de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y verificar que cumplan sus funciones.

Válvula piloto: Es el aparato que controla la función de una válvula hidráulica. Existen dos tipos de pilotos:

Piloto de dos vías

Piloto de tres vías

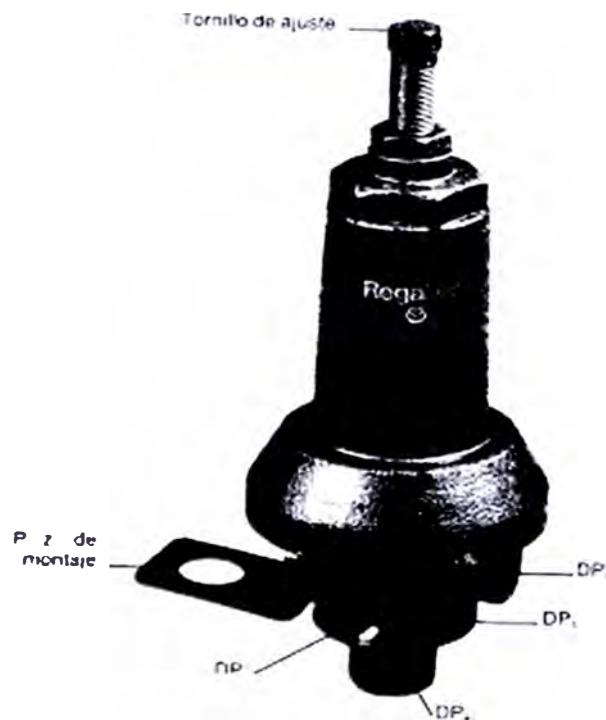


Figura 2.14. Válvula piloto de tres vías.

Fuente: <http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/>

El principio de ambos tipos es similar: Tienen conexión al punto de sensibilidad, donde el piloto detecta la presión que queremos controlar y salida de mando a la válvula principal.

Válvulas de Tres vías: Permite al operador escoger una de tres opciones de mando hidráulico que llega a la salida común, donde normalmente está conectada con la válvula hidráulica de control. Normalmente debe estar en la posición "AUTO", para ser comandada por el controlador del sistema. Las otras dos posiciones son de apertura y cierre manual ("OPEN" y "CLOSE" respectivamente).

Válvulas de aire (Ventosas): La ubicación de estas válvulas es decidida por el diseñador del equipo para que cumplan eficientemente su propósito. Estas válvulas cumplen tres funciones:

Permiten la salida del aire fuera de la tubería cuando ésta se está llenando.

- Purga del aire que se acumula en la tubería cuando está presurizada y durante todo el tiempo que se encuentra bajo presión.
- Ventila las tuberías cuando éstas se están vaciando.



Figura 2.15. Válvula de aire de doble efecto.
Fuente: A.R.I.

Válvula de Alivio: Protege toda la instalación contra sobre presión. Su acción instantánea de descarga mantiene la presión máxima determinada.

Válvula hidráulica: Es un término general para todo tipo de válvula que actúa según mando hidráulico sobre su diafragma, que a su vez forma una cámara de presión. Existen diferentes conceptos de la misma:

- De una cámara.
- De doble cámara.

Sobre este concepto de válvula básica se aplica múltiples funciones mediante distintos pilotos o accesorios de control. Detallamos algunas de las más importantes aplicaciones:

- **Válvula de Retención:** Más conocida como válvula "Check". Cierra cuando el flujo de agua tiende a invertirse.
- **Válvula Sostenedora:** Regula una presión mínima a la entrada de la válvula = "Aguas Arriba".
- **Válvula Reguladora:** Regula una presión máxima en la salida de la válvula = "Aguas Abajo".

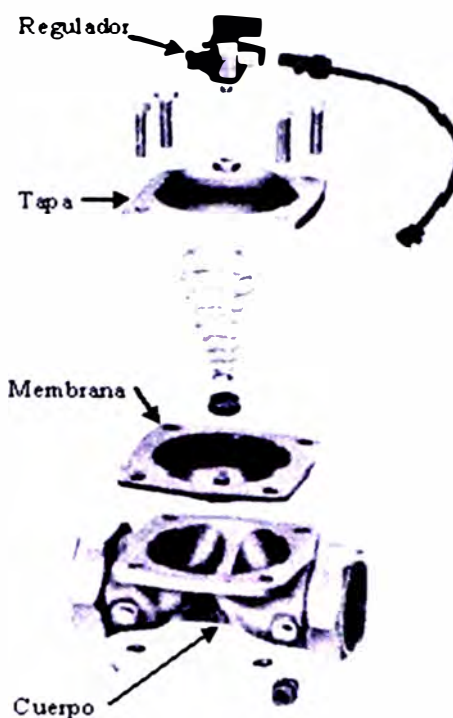


Figura 2.16. Válvula hidráulica recta regulada mediante una válvula de 3 vías.
Fuente: <http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/>

2.1.3 Resumen

Uno de los antecedentes importantes a saber del sistema de riego es su costo, el cual puede ser abordado por diferentes vías financieras.

El costo depende fundamentalmente de las siguientes variables:

- Tamaño del equipo.
- Grado de automatización. Tipo de cultivo (frutales, hortalizas, praderas).
- Tipo de fabricación (industrial o artesanal).
- Materiales utilizados (cinta, gotero o aspersor).

Actualmente, el costo mínimo para instalar un sistema de riego tecnificado básico es de \$ 2000 por ha.

2.2 Los cítricos

El género citrus cuyo término común es Cítrico, designa las especies de grandes arbustos o arbolillos perennes (entre 5 y 15 m) cuyos frutos o frutas, de la familia de las Rutáceas, poseen un alto contenido en vitamina C y ácido cítrico, el cual les proporciona ese típico sabor ácido tan característico. Oriundo del Asia tropical y subtropical, este género contiene tres especies y numerosos híbridos cultivados, inclusive las frutas más ampliamente comercializadas, como el limón, la naranja, la lima y la mandarina, con diversas variedades que dependen de la región en la que se cultive cada una de ellas.

Aunque la clasificación taxonómica es compleja, recientes investigaciones genéticas han demostrado que únicamente existen tres especies principales *C. máxima*, *C. médica* y *C. reticulata*, siendo todas las restantes híbridos de estas tres. Debido a la facilidad de hibridación de los cítricos, todos los cultivos para uso comercial se obtienen injertando las especies cultivares deseadas sobre plantones seleccionados por su resistencia a las enfermedades.

Clasificación científica:

- *Reino:* Plantae
- *División:* Magnoliophyta
- *Clase:* Magnoliopsida
- *Subclase:* Rosidae
- *Orden:* Sapindales
- *Familia:* Rutaceae
- *Subfamilia:* Aurantioidea.
- *Género:* Citrus

Especies:

Citrus máxima: Pampelmusa

Citrus medica: Cidra

Citrus reticulata: Mandarina y Tangerina

Híbridos principales:

Citrus x aurantifolia: Lima

Citrus x aurantium: Naranja amarga

Citrus x bergamia: Bergamota

Citrus x depressa: Shikwasa

Citrus x hystrix

Citrus x ichangensis

Citrus x limón: Limón

Citrus x limonia: Lima mandarina, rangpur y de Cantón, limón rugoso, cravo y hime.

Citrus x paradisi: Pomelo (Toronja)

Citrus x sinensis: Naranja

2.2.1 Variedades de cítricos**2.2.1.1 La toronja**

- *Origen del cidro*: sudeste asiático.
- *Porte*: Árbol pequeño o arbustivo, de 3-4 m altura.
- *Fruto*: Existen variedades de cidro de fruto ácido y de fruto dulce, y son siempre de utilización mixta, frutal y ornamental: 'Diamante', 'Earle', 'Cursia'.
- Una variedad de cidro puramente decorativa es 'Buddha's Hand', Los frutos son aromáticos muy apreciados como ornamental.

2.2.1.2 Naranja enano

- *Nombre científico o latino:* Fortunella margarita = Citrus margarita
- *Familia:* Rutáceas.
- *Origen:* este de Asia Etimología: su nombre científico se origina en honor a un hoticultor escocés que recolectó especímenes en China, ("Fortunella"), Robert Fortune (1812-1880), y "margarita", del latín margaritus-a-um = perla, en alusión a sus pequeños y brillantes frutos.
- *Porte:* se trata de un arbusto o árbol pequeño de 2-3 m de altura, inerme o con escasas espinas.
- *Hojas:* lanceoladas de 4-8 (-15) cm de longitud, con el ápice redondeado y la base cuneada. Tienen el margen crenulado en su mitad superior, el haz verde brillante y el envés más pálido. Pecíolo ligeramente marginado.
- *Flores:* perfumadas solitarias o agrupadas en inflorescencias axilares, blancas.
- *Fruto:* es lo más característico, es el más pequeño de todos los cítricos con semillas, de corteza fina, dulce, aromática y de pulpa naranja amarillenta y ligeramente ácida, además de ser el único cuya cáscara se puede comer. Tienen un carácter principalmente ornamental.

2.2.1.3 Lima

- *Nombre científico:* Citrus aurantifolia
- *Origen:* Malasia.
- *Clima:* Su cultivo está más restringido a los trópicos y áreas subtropicales húmedas y calurosas puesto que es muy sensible al frío.
- *Porte:* árbol de reducido vigor, que alcanza 3-5 metros de altura. Tiene tendencia arbustiva.

- Frutos: Pequeños, de 3-6 cm. de diámetro, color amarillo verdoso. La pulpa de las limas es muy ácida.
- Las limas se dividen en dos grupos:
 - Limas ácidas*, de interés comercial. Dos grupos: limas 'Tahití', 'Persa' o 'Bearss' del grupo *Citrus latifolia* y de fruto más grande; y limas 'Key' o 'Mejicana' del grupo *Citrus aurantifolia* de fruto más pequeño.
 - Limas dulces*. Las limas de pulpa dulce son *Citrus limettioides* y la variedad más cultivada es la llamada lima Dulce de la India. Al no tener acidez, no se utiliza como las otras limas, sustituyendo al limón.

2.2.1.4 Naranja

- *Familia*: Rutáceas (Rutaceae)
- *Especie*: *Citrus sinensis*.
- *Origen*: China e Indochina.
- *Porte*: reducido (6-10 m). Ramas poco vigorosas (casi tocan el suelo). Tronco corto.
- *Hojas*: limbo grande, alas pequeñas y espinas no muy acusadas.
- *Flores*: ligeramente aromáticas, solas o agrupadas con o sin hojas. Los brotes con hojas son los que dan mayores cuajados y mejores frutos.
- *Fruto*: hesperidio. Consta de:
 - Exocarpo (flavedo; presenta vesículas que contienen aceites esenciales).
 - Mesocarpo (albedo; pomposo y de color blanco).
 - Endocarpo (pulpa; presenta tricomas con jugo).
- *Varietades de naranjas dulces*:
 - Grupo Navel*
 - Grupo Blancas*
 - Grupo Sangre o Sanguinas*

Grupo Sucreñas

2.2.1.5 Mandarina

- *Familia:* Rutáceas (Rutaceae)
- *Especies:* Citrus reticulata, Citrus deliciosa, Citrus unshiu, Citrus reshni (clementinas, satsumas y comunes).
- *Origen:* China e Indochina.
- *Porte:* menor que el naranjo y algo más redondeado.
- *Hojas:* algo más estrechas y alargadas que las del naranjo, con alas rudimentarias.
- *Flores:* solas o en grupos de 3 ó 4.
- *Fruto:* Hesperidio. Existen variedades muy semilladas y otras partenocárpicas.
- *Variedades de mandarinas:*
 - Grupo Satsuma (Citrus unshiu)
 - Grupo Mandarina común (Citrus deliciosa).
 - Grupo Mandarina King (Citrus nobilis).
 - Grupo de otras Mandarinas (Citrus reticulata).
 - Híbridos de Mandarino

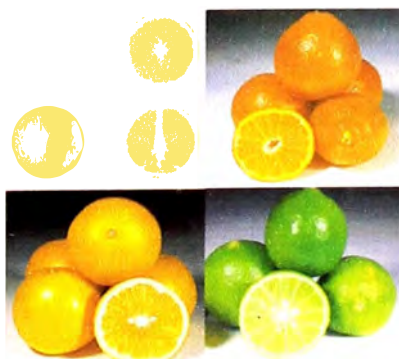


Figura 2.17. Principales variedades de cítricos.
Fuente: www.portalfruticola.com

2.2.2 Plagas y enfermedades de los cítricos

2.2.2.1 El minador de las hojas (Plaga)

Es una polilla de actividad nocturna, que durante el día vive escondida en el interior de la planta, posada sobre las hojas, tiene como principal hospedera a las plantas cítricas, pero se mencionan también algunas plantas ornamentales. Los mayores daños se observan en plantaciones jóvenes y en viveros. En plantas menores de tres años puede reducir su crecimiento, en tanto que en plantas adultas el Minador compromete la producción al dañar el brote productivo. Los ataques se producen en brotes jóvenes, dañando hojas y tallos, donde la larva se alimenta de los contenidos celulares debajo de la epidermis. La plaga no afecta a los tejidos una vez que han madurado. El primer síntoma de daño es el inicio de las galerías, principalmente en el envés de las hojas, que se prolongan en zigzag entre la nervadura central y el borde foliar. A medida que el minador se traslada, deja en la hoja un rastro en forma de serpentina, provocando el enrollamiento de la hoja y deteniendo su crecimiento.

2.2.2.2 Moteado Negro (enfermedad)

Afecta el valor comercial de la fruta por los síntomas que provoca: manchas de diferentes tipos y tamaño en la corteza. Produce caída de frutos a partir de la maduración. El moteado negro ataca a diversas especies de citrus, se determinó que el agente causal es un hongo, se acostumbra a dar diagnóstico sólo basándose en los síntomas.

2.2.2.3 Podredumbres de las raicillas (enfermedad)

La enfermedad es más común en los dos primeros años de haber hecho la plantación definitiva. El primer síntoma es el amarillamiento de toda la copa y

posterior muerte de la planta. El agente causal es el hongo del género *Phytophthora*. Ataca todas las especies cítricas. No se recomienda aplicar ningún producto. Las plantas deben ser eliminadas y al igual que la tierra antes de reponerlas.

2.2.2.4 Sarna (enfermedad)

Los síntomas son verrugas y deformaciones de frutos y hojas, causadas por los hongos *Elsinoe fawcettii* y *E. australis*. Ataca todas las especies cultivadas con excepción del pomelo, los frutos de mandarina, naranjas tardías y limón son los más atacados por la "sarna del naranjo dulce". Las hojas y frutos de los portainjertos limón rugoso y naranjo agrio son afectados por la sarna del naranjo agrio.

2.2.2.5 Manchas alternarias (enfermedad)

Se muestran manchas castañas generalmente rodeadas de un halo amarillo, con defoliación en otoño. El agente causal es el hongo del género *Alternaria*. Ataca los portainjertos limón rugoso, lima de rangpur y naranjo agrio.

2.2.2.6 Melanosis (enfermedad)

Aparecen pequeñas manchitas elevadas y brillantes de color marrón, en hojas frutos y raíces. Su agente causal: es el hongo *Diaporthe citri*. Afecta todos los citrus, el pomelo es el más atacado.

2.2.2.7 Cancrosis (enfermedad)

Los síntomas son canchros en hojas, frutos y ramitas y defoliación. Si las lesiones de canchrosis son invadidas por bacterias del género *Pseudomonas*, se verán manchas cloróticas concéntricas circulares y las lesiones se tornarán rojizas. Este síntoma es muy común en pomelo en otoño. Su agente causal es la bacteria

Xanthomonas campestris pv *citri*. Ataca todos los citrus. Las plantas jóvenes son las más atacadas.

2.2.2.8 Mosca de la fruta (Plaga)

En la provincia de Huaura se encuentran presentes las dos especies de tefrítidos *Ceratitis capitata* “mosca del Mediterráneo” y *Anastrepha fraterculus*, “mosca Sudamericana” que son las moscas de mayor importancia económica en la producción citrícola. Huaura posee clima subtropical y las estrategias de control de la mosca de los frutos se enmarcan en el contexto de MIP (Manejo Integrado de Plagas). El control biológico es una de las herramientas donde los enemigos naturales himenópteros parasitoides se han utilizado y se usan en los programas de control de mosca de los frutos; en la provincia Huaura se pueden desarrollar estas actividades para potenciar los programas de control de la mosca de los frutos.

2.2.3 Patrones

La principal acción para el inicio de la producción de cítricos es la selección de patrones y variedades. Para ello se deben aplicar diferentes métodos para lograr un injerto efectivo. La época de injertar depende de las condiciones fisiológicas del cultivo, se prefiere que las yemas estén en estado normante y que los patrones estén maduros. El método de injertar no es en todos los casos 100% seguros, en algunos casos se presentaran incompatibilidades debido a algunos factores como climáticos, virósicos, etc. Las ventajas que confiere el uso de patrones son:

Precocidad en la producción.

Mayor uniformidad de la plantación (muy importante en fruticultura moderna).

Proporciona cierto control sobre la calidad y cantidad de la cosecha para una misma variedad.

Adaptación a problemas físico-químicos del suelo (salinidad, asfixia radicular, sequía).

Tolerancia a plagas y enfermedades (Tristeza y Phytophthora).

Antes de aparecer por primera vez Phytophthora, los cítricos se cultivaban sobre su propio pie. Desde el momento de su aparición empezó a utilizarse como pie el naranjo amargo, hasta la aparición de la tristeza. Actualmente se dispone de cientos de patrones que presentan muy buena compatibilidad, aunque en ocasiones el patrón crece más que la variedad, formándose los "miriñaques".

Los patrones más utilizados son:

1. Citrange Carrizo y Troyer
2. Mandarino Cleopatra
3. Swingle citrumelo CPB 4475
4. Citrus volkameriana
5. Citrus macrophylla
6. Naranjo amargo
7. Limonero rugoso
8. Poncirus trifoliata

2.2.4 Producción y demanda a nivel nacional y mundial

En los últimos años, la producción de cítricos a nivel mundial ha venido incrementándose, debido a la creciente demanda de países que agradan de estos y no pueden cubrir su demanda interna. Nuestro país ha venido experimentando también este crecimiento, debido a la diversidad de variedades de cítricos que se cultivan principalmente en los departamentos de Lima, Piura, Junín e Ica (Figura 2.18) y a la apertura de mercados en Europa y Estados Unidos.

Peru Citrus Growing Areas

Northern Coast



Key Lime

Central Coast



Orange, Tangerine and Tangelo

Central Jungle



Orange, Tangerine and Tangelo

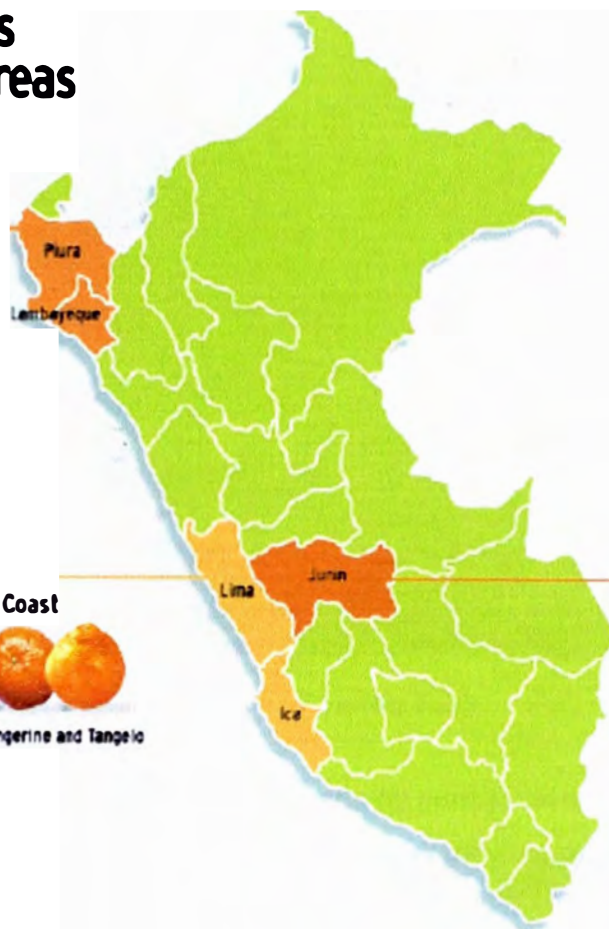
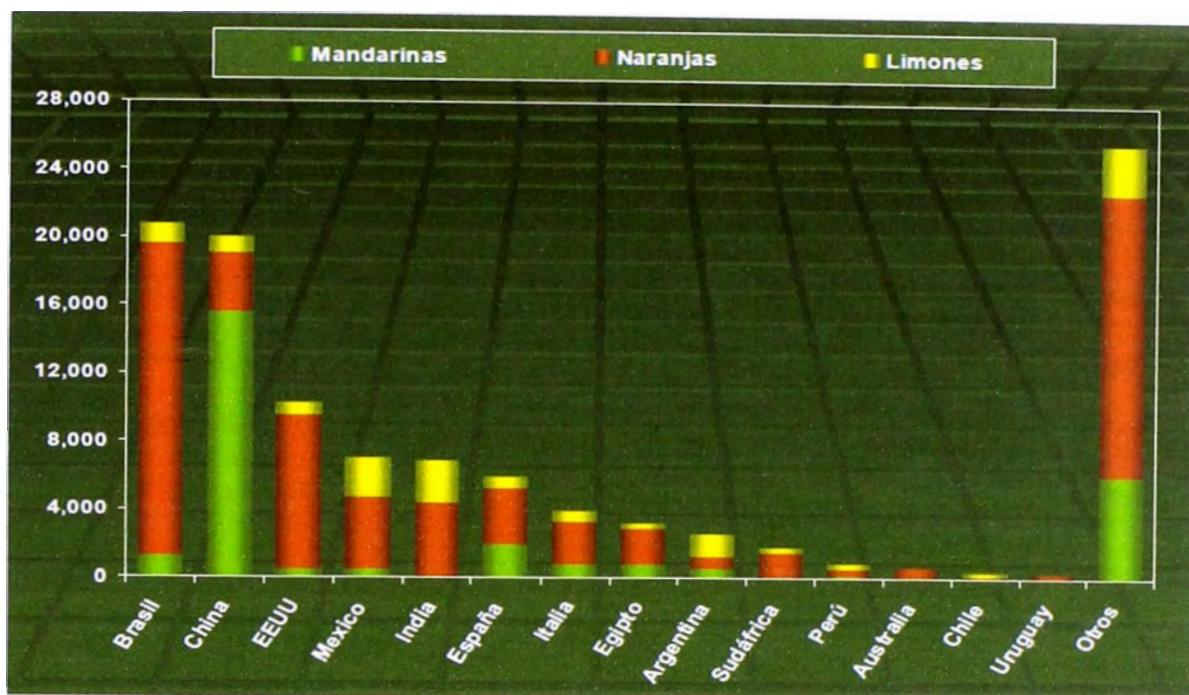


Figura 2.18. Principales zonas cítricas del Perú
Fuente: MINAG (2008)

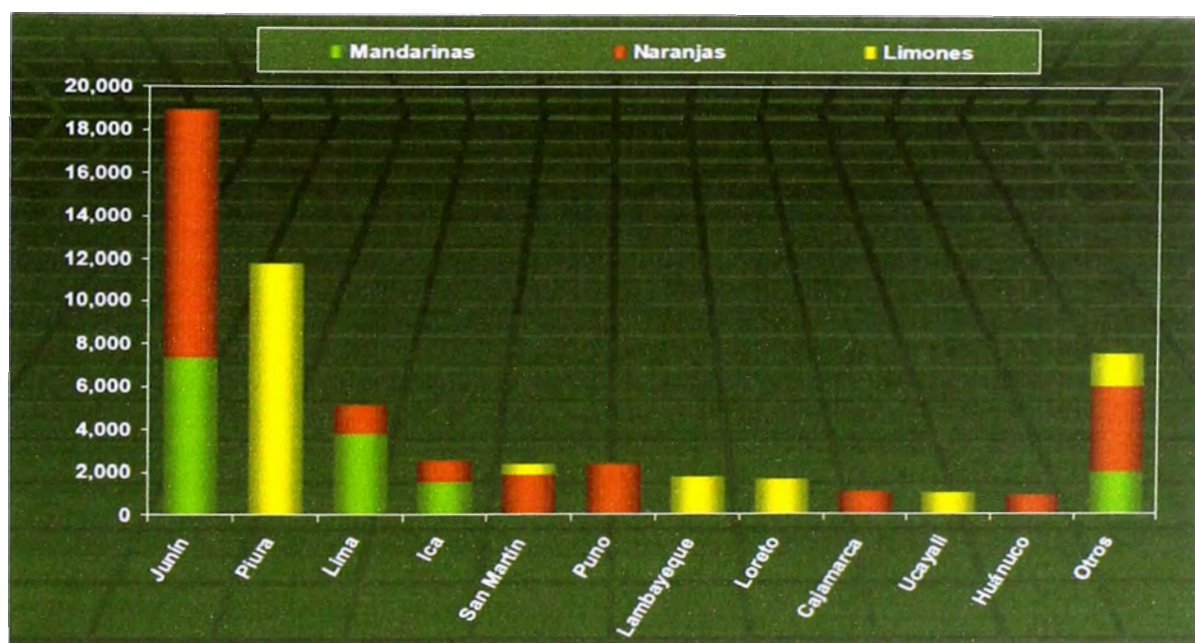
El Grafico 2.2 muestra la producción de cítricos a nivel mundial, así como la situación productiva del país respecto al resto de países productores en el 2008, notándose una gran diferencia en volúmenes producidos respecto a los grandes productores como Brasil, China, Estados Unidos, México, etc. Para su mejor evaluación se generalizan en tres grupos que vienen a ser naranjas, mandarinas y limones. Además, el Grafico 2.3 muestra la disgregación del área cosechada por departamento.

Gráfico 2.2. Producción mundial de cítricos 2008 (miles TM)



Fuente: FAO

Gráfico 2.3. Área cosechada de cítricos en el Perú 2008 (ha)



Fuente: MINAG

Guy Dixon, Director Comercial de MMG Citrus, que forma parte de una empresa instalada en España comentó qué situación atraviesa el Viejo Continente

respecto al consumo de cítricos. Anotó que en Europa la confianza del consumidor es débil pero que en los últimos ha venido mejorando. Además, de haber sufrido una deflación en los precios de alimentación.

Un punto a favor es que el mercado europeo tiene el hábito de consumo de cítricos muy marcado, oportunidad que debe ser aprovechada, sobre todo para aquellos países del Hemisferio Sur, como el Perú, que pueden exportar a contraestación. “Los países del norte de Europa con menos estacionalidad en venta de cítricos deben ser atendidos con buen criterio”. Dixon dijo que Alemania, Francia, Holanda y Reino Unido son los principales países consumidores de cítricos a los que debe apuntar el exportador peruano. “Debemos pensar en insertarnos en un mercado global que crece al ritmo de 8%. Algunas variedades de cítricos en Europa disfrutaban en los últimos nueve años de un crecimiento entre 30% y 53%, entre ella las variedades Easy peelers”.

Gráfico 2.4. Variedades exportadas por el Perú



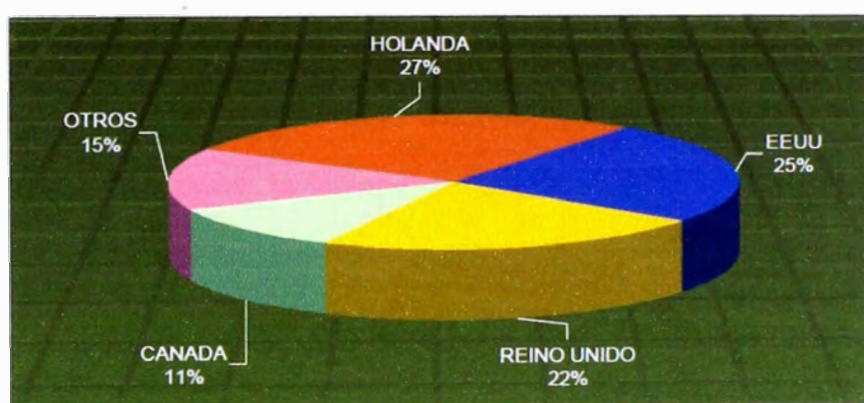
Fuente: PROCITRUS (2009)

Tabla 2.1. Exportaciones peruanas según destino. Datos en T.M.

	2005	2006	2007	2008
EE.UU.	-	2,032	13,632	11,520
REINO UNIDO	12,129	12,603	11,686	20,029
HOLANDA	9,268	10,255	10,648	17,035
CANADA	3,064	3,850	4,526	5,562
OTROS	3,330	3,188	3,960	5,981
IRLANDA	1,431	1,864	1,354	2,363
RUSIA	319	1,050	376	1,560

Fuente: PROCITRUS (2009)

Gráfico 2.5. Principales destinos de las exportaciones de cítricos 2009 (miles de TM)



Fuente: Aduanas-ADEXDATATRADE

2.2.5 El mandarino

Son cultivados por sus frutos de agradable sabor, sin semillas y muy fáciles de pelar, lo que hacen que sean muy atractivos para el consumidor. Han alcanzado su máximo desarrollo en las áreas subtropicales (30-40° latitud N y S). En estas áreas la producción es estacional y la calidad del fruto para el consumo en fresco es excelente. “La producción de mandarinas muestra un ritmo creciente más acusado que el de las naranjas”.

En las regiones tropicales (desde el ecuador hasta 23-24° latitud N y S) la calidad el fruto es muy variable, dependiendo de los microclimas y de la altitud. La producción es casi continua a lo largo del año y generalmente los frutos no

alcanzan su color característico, si bien son jugosos, muy dulces y poco ácidos, y se destinan principalmente al mercado local. En áreas semitropicales (23-24° a 30° latitud N y S) los frutos tienen una característica intermedia: son muy jugosos, con un elevado contenido en azúcares y pueden ser destinados tanto al consumo en fresco como a la elaboración de zumo. Actualmente los cítricos son los frutos de mayor producción en el mundo.

2.2.5.1 Requerimientos edafoclimáticos

Es más resistente al frío y más tolerante a la sequía que el naranjo, pero los frutos son sensibles. El factor limitante es la temperatura mínima, ya que no tolera las inferiores a 3°C; pues la temperatura determina el desarrollo vegetativo, floración, cuajado y calidad de los frutos. Las temperaturas altas constantes mantienen altos niveles de clorofilas y su color es persistentemente verde.

Necesitan suelos permeables y poco calizos y un medio ambiente húmedo tanto en el suelo como en la atmósfera. Se recomienda que el suelo sea profundo para garantizar el anclaje del árbol, una amplia exploración para garantizar una buena nutrición y un crecimiento adecuado. Los suelos deben tener una proporción equilibrada de elementos gruesos y finos (textura), para garantizar una buena aireación y facilitar el paso de agua, además de proporcionar una estructura que mantenga un buen estado de humedad y una buena capacidad de cambio catiónico. No toleran la salinidad y son sensibles a la asfixia radicular. En general la salinidad afecta al crecimiento de las plantas mediante tres mecanismos relacionados entre sí pero distintos:

- Alteraciones hídricas producidas por sus efectos osmóticos sobre la disponibilidad de agua
- Acumulación de iones tóxicos.

- Interferencias con la absorción de elementos nutritivos esenciales, que provocan desequilibrios en el balance de elementos minerales.

En los cítricos los efectos dañinos de las sales se combaten con:

- Estrategias de riego.
- Uso de material vegetal tolerante.
- Utilización de sales de calcio.

Tabla 2.2. Interpretación de los análisis de suelo

Determinaciones analíticas	Niveles				
	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
Reacción pH	<5,5	5,5-6,5	6,6-7,5	7-6-8,5	>8,5
CO ₃ Ca total (%)	<2	2-10	11-20	21-40	>40
CO ₃ Ca activo (%)	<1	1-4	5-9	10-15	>15
CE (dS/m)	<0,20	0,20-0,40	0,41-0,70	0,71-1,20	>1,20
N total	<0,07	0,07-0,12	0,13-0,18	0,19-0,24	>0,24
Relación C/N	<6	6-8	8,1-10	10,1-12	>12
C.C.C. (meq/100 g)	<5	5-10	11-20	21-30	>30
Ca (%)	<25	25-45	46-75	76-90	>90
Mg (%)	<5	5-10	11-20	21-25	>25
K (%)	<2	2-4	5-8	9-12	>12
Na (%)	<1	1-2	3-9	10-15	>15
Relación Ca/Mg (meq/100 g)	<1	1-3	4-6	7-10	>10
Relación K/Mg (meq/100 g)	<0,10	0,10-0,15	0,16-0,35	0,36-0,60	>0,60

C.C.C.: Capacidad de cambio catiónico

Fuente: INFOAGRO (2010)

2.2.5.2 Variedades de mandarinos

Se clasifican en tres grandes grupos:

- Satsumas: son las más precoces, con frutos de mayor tamaño y peor calidad gustativa, sin semilla.
- Clementinas: más tardías, de menor tamaño, mejor calidad gustativa y semilladas.
- Otros tipos: ornamentales, mandarino Cleopatra, híbridos Nova, Citroyer, Fortune, etc.

A continuación se describen algunas variedades de interés:

Okitsu

- Tipo: Satsuma.
- Árbol: más vigoroso, erecto, con espinas en los brotes vigorosos.
- Fruto: grande, achatado, de buena calidad gustativa y sin semillas.
- Descripción: Muy precoz, en Huaura comienza normalmente su recolección en febrero. Tolera mejor que otras satsumas el transporte y almacenamiento. Variedad originaria de Japón donde se obtuvo en 1914 a partir de una semilla de la variedad Miyagawa.

Owari

- Tipo: Satsuma.
- Árbol: vigoroso, poblado de hojas, ramas largas y sin semillas.
- Fruto: de tamaño medio a pequeño, con elevado contenido en zumo de color naranja claro y con forma aplanada.

Clementina Fina

- Tipo: Clementina.
- Árbol: vigoroso, hojas color verde poco intenso, forma redondeada, gran densidad de hojas.

- Fruto: tamaño pequeño o medio, suele pesar entre 50 y 70 gramos. Corteza fina de color naranja intenso y extraordinaria calidad. Frecuentemente es preciso realizar tratamientos para mejorar el tamaño y el cuajado.

Clemenules

- Tipo: clementina.
- Árbol: vigor medio. Forma redondeada con ramas inclinadas. Hojas grandes de color verde claro.
- Fruto: tamaño grande (80-100 gramos). Forma algo achatada, corteza de color naranja intenso. Pulpa jugosa de muy buena calidad, fácil de pelar. Prácticamente sin semillas.
- Descripción: Variedad productiva y de rápida entrada en producción. Los frutos se mantienen relativamente bien en el árbol.

Fortune

- Tipo: Híbrido.
- Árbol: es vigoroso con ramas con tendencia inclinada. Muchas hojas de color verde claro. La madera es débil.
- Fruto: tamaño pequeño. De color naranja intenso y corteza fina y adherida. Pocas semillas cuando no hay polinización cruzada.

Nova

- Tipo: Híbrido.
- Árbol: Es un árbol de aspecto compacto, tamaño medio y producción precoz. Tiene un crecimiento lento, que se presenta en plantaciones intensivas. Su hoja es ancha con un color verde brillante. Tiene una floración muy importante con el cuaje bastante fácil.

- Fruto: Sin semillas por no autopolinizarse.

2.2.5.3 Principales factores a tener en cuenta para la elección de la variedad.

Aspectos comerciales: comportamiento en el mercado, demanda, precios, período de recolección y comercialización.

Climatología de la zona: posible precocidad, heladas, vientos, etc.

Características de cultivo, de las variedades: productividad, entrada en producción, vigor, características del fruto (tamaño, calidad de la corteza, número de gajos, cantidad de zumo, azúcares (g/l), acidez (g/l), semillas por fruto, color, rusticidad, resistencia a humedades, aguante en el árbol, problemas productivos, aptitud para consumo en fresco, etc.

Influencia del pie sobre la variedad: especialmente en aquellos aspectos que sean determinantes en la variedad (precocidad) o problemáticas (piel, características organolépticas, etc.)

La elección: depende en gran medida de la postura o carácter del agricultor: puede inclinarse hacia variedades especulativas, más arriesgadas y con un comportamiento futuro incierto o hacia variedades más estables y arraigadas.

2.2.5.4 Enfermedades del mandarino.

- Phytophthora spp
- Virus y viroides: virus de la tristeza, exocortis y psoriasis.

2.2.5.5 Características generales de los patrones.

Las características de los patrones más utilizados para mandarinos son:

Tabla 2.3. Sensibilidad a enfermedades, virosis y nematodos

Patrón	Phytophthora				Controlado por certificación de yemas			
	Podredum. raíz	Gomosis	Armillaria	Citrus Nematodos	Tristeza	Exocortis	Cachexia	Woody Gall
Macrophylla	Tolerante	Tolerante	Sensible	Sensible	Sensible	Tolerante	Sensible	Tolerante
Citrus Volkameriana	Sensible	Sensible	—	—	Tolerante	Tolerante	—	Sensible
Mandarino Cleopatra	Sensible	Sensible	—	Sensible	Tolerante	Tolerante	(?)	Tolerante
Naranja Amargo	Tolerancia media	Tolerante	Sensible	Sensible	Sensible	Tolerante	Tolerante	Tolerante
Citrango Carrizo	Tolerancia media	Tolerante	Sensible	Sensible	Tolerante	Tolerante	Tolerante	Tolerante
Swingle Citrumelo 4475	Tolerante	Tolerante	—	Tolerante	Tolerante	Tolerante	Tolerante	—

Fuente: Schmid Herner (1994)

Tabla 2.4. Respuesta del portainjerto al suelo y clima

Patrón	Factores del suelo							Clima
	Cloruros	Boro	Suelo Calcáreo	Asfixia Radicular	Arenoso	Lima	Arcilla	Resist. al frío
Macrophylla	Aceptable	Buena	Aceptable	(?)	Buena	Aceptable	Insatisf.	Pobre
Citrus Volkameriana	Aceptable	—	—	—	Buena	Aceptable	—	(?)
Mandarino Cleopatra	Buena	(?)	Buena	Insatisf.	(?)	Aceptable	Aceptable	Buena
Naranja Amargo	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Insatisf.	Aceptable	Aceptable	Buena
Citrango Carrizo	Insatisf.	Aceptable	Insatisf.	Insatisf.	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Swingle Citrumelo 4475	Aceptable	Aceptable	Insatisf.	—	Aceptable	Aceptable	Insatisf.	Buena

Fuente: Schmid Herner (1994)

Tabla 2.5. Efectos del portainjerto sobre el árbol y la fruta

Patrón	Características del árbol			Calidad de la fruta					
	Vigor	Tamaño	Tolerancia a sequía	Piel	TSS	Acidez	% Zumo	Tamaño	Producción
Macrophylla	Alto	Medio	—	Basta / Gruesa	Bajo	Bajo	Bajo	Grande	Alta
Citrus Volkameriana	Alto	Medio / Grande	Bajo	Basta / Gruesa	Bajo	Bajo	Bajo	Grande	Alta
Mandarino Cleopatra	Medio	Grande	Medio / Bajo	Medio	Medio	Alta	Alta	Pequeño	Media
Naranja Amargo	Medio	Medio	Alto	Suave, Delgada	Alta	Alta	Alta	Medio	Medio
Citrango Carrizo	Medio	Medio	Medio	Medio	Alta	Alta	Alta	Medio	Medio
Swingle Citrumelo 4475	Bajo	Pequeño	Alto	Medio	Alta	Alta	Alta	Medio	Medio

Fuente: Schmid Herner (1994)

2.2.5.6 Multiplicación del mandarino:

En teoría en los cítricos es posible la propagación sexual mediante semillas que son apomícticas (poliembriónicas) y que vienen saneadas. No obstante la reproducción a través de semillas presenta una serie de inconvenientes: dan plantas que tienen que pasar un período juvenil, que además son bastante más vigorosas y que presentan heterogeneidad. Por tanto, es preferible la propagación asexual y en concreto mediante injerto de escudete a yema velando en el mes de marzo, dando prendimientos muy buenos. Si se precisa de reinjertado para cambiar de variedad, se puede hacer el injerto de chapa que también da muy buenos resultados. El estaquillado es posible en algunas variedades de algunas especies, mientras que todas las especies se pueden micropropagar, pero en ambos casos solamente se utilizarán como plantas madre para posteriores injertos.

2.2.5.7 Fertirrigación de los mandarinos

Los mandarinos son especies que demandan grandes aportes de agua (9000-12000 m³/ha). En parcelas pequeñas se aplicaba el riego por inundación, aunque la tendencia actual es a emplear el riego localizado y riego por aspersión en grandes extensiones de zonas frías, ya que supone una protección contra las heladas. Se recomienda dar riegos diarios en verano, y al menos dos o tres semanales en invierno. Además es necesaria la aplicación de los fertilizantes con el riego en bajas concentraciones, no incrementando de este modo la salinidad del agua del riego.

Para que el árbol adquiriera un adecuado desarrollo y nivel productivo con el riego por goteo es necesario que posea un mínimo volumen radicular o superficie mojada, que se estima en un 33% del marco de plantación en el caso de cítricos con marcos de plantación muy amplios, como la mitad de la superficie sombreada por el árbol; aunque la dinámica de crecimiento radicular de los cítricos es inferior a la de otros cultivos, resulta frecuente encontrar problemas de adaptación como descensos de la producción, disminución del tamaño de los frutos, amarillamiento del follaje y pérdida de hojas. Para evitar estos problemas hay que incrementar el porcentaje de superficie mojada por los goteros a un 40% de la superficie del marco ocupado por cada árbol, en marcos iguales o inferiores a 5 x 5.

Demandan mucho abono (macro y micronutrientes), lo que supone gran parte de los costes, además es una planta que frecuentemente sufre deficiencias, destacando la carencia de magnesio, que está muy relacionada con el exceso de potasio y calcio y que se soluciona con aplicaciones foliares. Otra carencia frecuente es la de zinc, que se soluciona aplicando sulfato de zinc al 1%. El déficit en hierro está ligado a los suelos calizos, con aplicación de quelatos que suponen

una solución escasa y un coste considerable. En mandarino es frecuente el bufado del fruto por un exceso de abonado nitrogenado.

Tabla 2.6. Plan orientativo de abonado en gramos por árbol

TIPOS DE ABONO		1er AÑO	2º AÑO	3er AÑO	4º AÑO
SOLIDOS	NITRATO AMÓNICO	150	190	270	350
	NITRATO POTÁSICO		70	120	160
	FOSFATO MONOAMÓNICO		40	75	100
	NITRATO MAGNÉSICO		30	60	115
LÍQUIDOS	N-20	250	100	60	50
	12 -4-6		500	850	1150
	NITRATO MAGNÉSICO		30	60	115
QUELATOS DE HIERRO 6%		6	10	15	20

Fuente: INFOAGRO (2005)

Se recomienda las siguientes consideraciones:

- No se debe abonar hasta el inicio de la segunda brotación desde la plantación.
- A ser posible se abonará en cada riego. Se tendrá la precaución de no sobrepasar los dos kilos de abono por m³ de agua de riego para evitar un exceso de salinidad.
- Abonar desde marzo hasta septiembre repartiendo el abono total de la siguiente forma:

Tabla 2.7. Periodo orientativo de abonado

MES	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
%	5	10	10	15	20	20	20

Fuente: INFOAGRO (2005)

- Los quelatos de hierro se aportarán en dos o tres aplicaciones, especialmente durante la brotación de primavera. Es aconsejable aportarlos con ácidos húmicos.
- Sólo se indica el abonado en los 4 primeros años ya que posteriormente es aconsejable un asesoramiento técnico especializado que tenga en cuenta diversos factores como porte, producción esperada, variedad, etc.
- Algunas variedades necesitan de la aplicación de ácido giberélico durante la caída de pétalos para mejorar el cuajado y en otras, especialmente en los híbridos, se practica el rayado. Está muy extendida la técnica de aplicar auxinas de síntesis después de la caída fisiológica de frutos, para mejorar el tamaño final del fruto.
- Para retardar la senescencia y prolongar el periodo de comercialización se aplica ácido giberélico, junto con sales nitrogenadas, antes del cambio de color del fruto.

2.2.5.8 Poda

La poda de formación se efectúa a partir del tercer año de vida del árbol, siendo esta ligera. Este tipo de poda queda limitada a la eliminación del tocón y a los rebrotes que surjan del patrón. En cuanto a la poda de fructificación, al tratarse de una especie muy productiva es frecuente la ruptura de ramas, por lo tanto es necesaria la instalación de estructuras de soporte y una poda anual con objeto de eliminar las ramas muertas, débiles o enfermas, vigorizar el resto de la vegetación, regular la cosecha y mejorar su calidad. La poda de los cítricos supone un gran volumen de restos vegetales que hay que eliminar, siendo los métodos más utilizados, la extracción y quema, o el triturado e incorporación al terreno. En cuanto a la quema, se trata de una labor peligrosa así como agresiva desde el punto de

vista medioambiental. El triturado e incorporación de los restos al suelo, se traduce en un ahorro en el abonado, una mejora en la estructura del suelo y una eliminación de los riesgos inherentes a la quema de los restos de poda. Para triturar los restos de poda se vienen empleando mayoritariamente trituradoras rotativas de eje horizontal.

2.2.5.9 Técnicas para aumentar el tamaño de fruto

Rayado de ramas

Produce un estímulo en el crecimiento del fruto. La época más adecuada es al final de la caída fisiológica de los frutos. Esta práctica tiene una influencia positiva sobre el contenido endógeno hormonal, atribuidos a los cambios provocados en el transporte y acumulación de carbohidratos. De este modo se mantiene la tasa de crecimiento de los frutos que, consecuentemente, sufren la abscisión en menor proporción, mejorando así el cuajado y la cosecha final.

Aplicación de auxinas de síntesis

Aumenta el tamaño final del fruto con aclareos mínimos o nulos. La época de aplicación, independientemente de las variedades, deben efectuarse durante los últimos días de la caída de junio; es decir que para un diámetro del fruto entre 15 y 20 mm para las mandarinas Clementina y Fortune y entre 20 y 25 mm para las mandarinas Satsuma y Nova (Agustí M. et al;1995). En cuanto a su aplicación, se evitarán los días ventosos, horas de mayor insolación y temperatura más elevada.

2.2.5.10 Situación actual de la exportación nacional

El reconocimiento de Perú como proveedor de alimentos a nivel mundial ha impulsado el despegue de productos como las mandarinas que en la primera mitad del año se exportaron por US\$ 22,9 millones, registrando un crecimiento de 29% en

comparación con las cifras del 2010, según cifras preliminares de la Asociación de Exportadores (ADEX). De acuerdo con el Sistema de Inteligencia Comercial ADEX DATA TRADE, entre enero y junio, los envíos de mandarinas representaron el 5% de todo lo exportado en el rubro "Frutas" (US\$ 432,9 millones).

Tabla 2.8. Comparación de la exportación de mandarinas 2010-2011.

MES	2,011			2,010		
	FOB	KILOS	PREC. PROM	FOB	KILOS	PREC. PROM
ENERO						
FEBRERO	5.762	5.776	1.00	102.470	101.526	1.01
MARZO	173.160	181.534	0.95	1.357.029	1.456.862	0.93
ABRIL	6.395.528	6.724.059	0.95	4.031.780	4.784.835	0.84
MAYO	9.972.917	10.369.771	0.96	6.849.617	7.936.869	0.86
JUNIO	6.226.502	6.555.402	0.95	5.533.414	6.453.772	0.86
JULIO				4.488.002	4.077.563	1.10
AGOSTO				8.773.980	8.143.208	1.08
SEPTIEMBRE				3.906.848	3.777.426	1.03
OCTUBRE				5.688	6.580	0.86
NOVIEMBRE				7.628	8.000	0.95
DICIEMBRE						
TOTALES	22,773,869	23,836,542	0.96	35,056,457	36,746,641	0.95
PROM. MES	3,795,645	3,972,757		2,921,371	3,062,220	
% CRECIMIENTO ANUAL	30%	30%	0%	49%	59%	-5%
ACUMULADO A JUN	22,773,869	23,836,542	0.96	17,874,311	20,733,864	0.86
% CREC.ACUM. JUN	27%	15%	11%	39%	60%	-13%

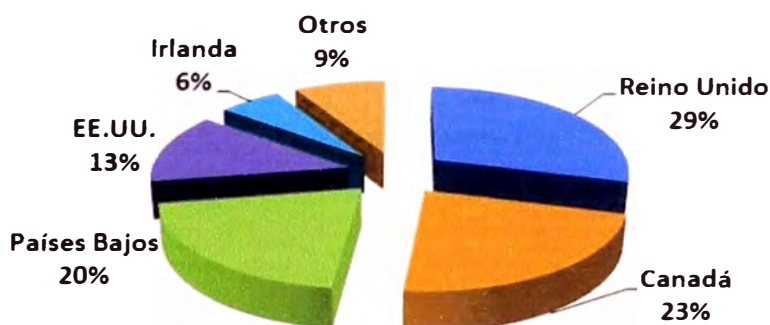
Fuente: ADEXDATATRADE

Laura Angulo, Coordinadora de Agroexportaciones de ADEX, comentó que el crecimiento que están experimentando ese cítrico se debe a una mayor demanda a nivel internacional, lo cual también pasa con otros productos. Asimismo, explicó que el avance estuvo acompañado de altos precios, desde enero hasta principios de mayo, en Europa; sin embargo, a partir de junio los precios decayeron. No obstante la situación se vio equilibrada por la diversificación de mercados en América Latina, logrando incrementar las ventas en países como Costa Rica (147%) y Colombia (143%).

"Las mandarinas que produce nuestro país son cada vez más aceptadas a nivel mundial por su textura, sabor, entre otras características. Este aumento de la

demanda explica el considerable avance que hemos tenido respecto al año pasado, incluso sobre el 2008. En el 2009 si hubo un descenso por efectos de la crisis internacional”, dijo. En este mismo periodo se observó un incremento en el número de mercados de destino. Así, las mandarinas llegaron a 28 países, seis más que el año pasado, teniendo como principal comprador a Reino Unido (US\$ 6,6 millones). En la lista le siguió Canadá (US\$ 5,2 millones), Países Bajos (US\$ 4,6 millones), Estados Unidos (US\$3 millones), Irlanda (US\$ 1,3 millones), entre otros.

Gráfico 2.6. Principales destinos de mandarinas Enero-Junio 2011



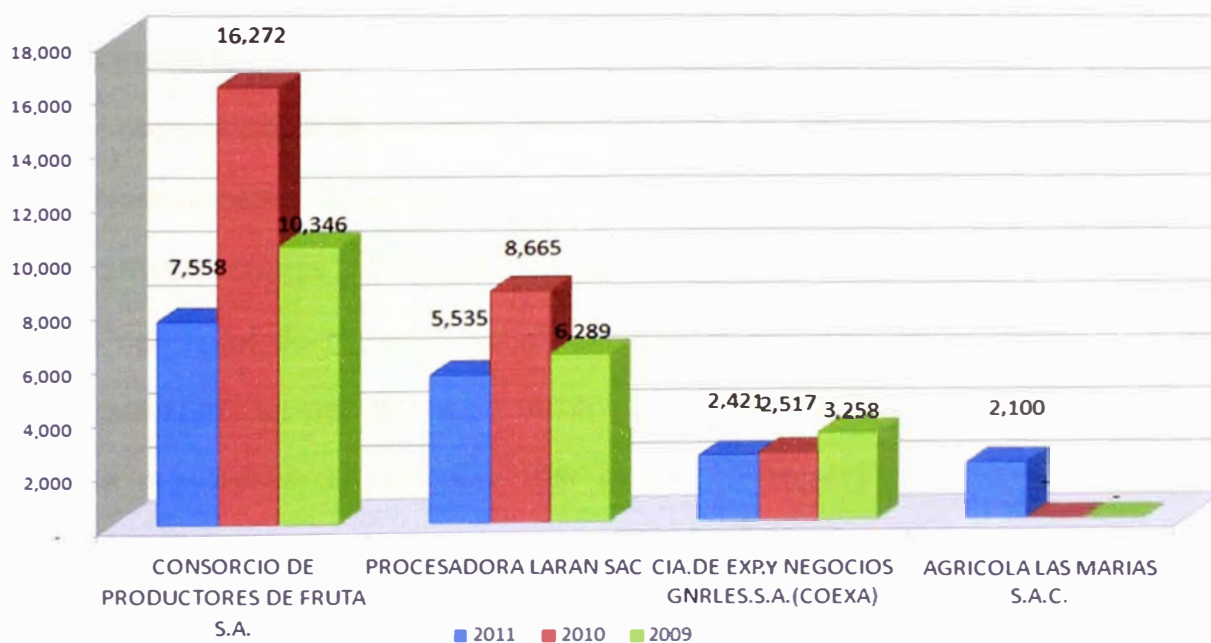
Fuente: Aduanas-ADEXDATATRADE

Entre las principales empresas exportadoras de mandarinas tenemos a Consorcio de Productores de Fruta S.A., Procesadora Larán S.A.C, Compañía de Exportación y Negocios Generales S.A., Agrícola Las Marías S.A.C., Corporación Frutícola de Chincha S.A.C, Complejo Agroindustrial Beta S.A., entre otras. Los precios se mantienen en los U\$ 0,96 kilo promedio. Inglaterra adquiere U\$ 6,7 millones (29% el total), le sigue Canadá con U\$ 5,1 millones (23%), Holanda U\$ 4,6 millones (20%) y USA U\$ 3,0 millones (13%).

Lidera las ventas el Consorcio de Productores de Fruta SA con U\$ 7,6 millones (33% del total), le sigue Procesadora Larán con U\$ 5,5 millones (24%) y Cia de Negocios Generales COEXA U\$ 2,4 millones (11%)

Gráfico 2.7. Exportación de mandarinas FOB US\$ miles

Fuente: Aduanas-ADEXDATATRADE

Gráfico 2.8. Exportación de mandarinas FOB US\$ miles

Fuente: Aduanas-ADEXDATATRADE

2.3 El riego por goteo para mandarinas

El riego por goteo es un sistema que mantiene el agua en la zona radicular en las condiciones de utilización más favorables a la planta, aplicando el agua gota a gota. El agua es conducida por medio de conductos cerrados desde el punto de

toma hasta la misma planta, a la que se aplica por medio de dispositivos que se conocen como goteros o emisores. (Medina, 1997). En relación al sistema radicular de los cítricos, de poca extensión y más superficial, resulta adecuado el método de riego por goteo por cuanto se aplica el agua en forma eficiente en la zona de mayor absorción radical. El uso de riego tecnificado requiere del apoyo de tensiómetros o bandejas evaporimétricas para calcular la frecuencia y los tiempos de riego, de modo de aumentar al máximo la eficiencia en el uso del agua, comparado con riego tradicional por surcos (Toumey, 1984a; Toumey, 1984b).

2.3.1 Ventajas e inconvenientes del riego por goteo

Medina (1997) menciona las siguientes ventajas y desventajas:

2.3.1.1 Ventajas

Ahorro importante de agua, mano de obra, abonos y productos fitosanitarios. Normalmente el ahorro de agua es del 50% respecto a los sistemas convencionales y en ocasiones superiores a éstas.

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

Utilización de aguas de peor calidad, que según normas internacionales, son peligrosas o no válidas para el riego, actualmente se utilizan en cultivos hortícolas.

Aumento de la producción, adelanto de cosechas y mejor calidad de los frutos como consecuencia de tener la planta satisfecha sus necesidades en agua y nutrientes en cada instante.

2.3.1.2 Desventajas

Es un sistema caro de instalar, por lo que existe una limitación de tipo económico en su aplicación a los cultivos. No todos los cultivos son tan rentables como para justificar las fuertes inversiones que el goteo supone.

En zonas frías y con cultivos sensibles a las heladas, el riego por goteo no protege contra las mismas, por lo que su uso debe descartarse.

En zonas áridas en que no existe posibilidad de lavado, el uso sistemático y durante varios años de aguas de mala calidad puede arruinar los terrenos de cultivo si no se riega de forma adecuada.

Obstrucción de los goteros por las partículas que arrastra el agua, y que en ocasiones puede acarrear daños a la instalación y al cultivo.

2.3.2 Componentes de un sistema de riego por goteo

2.3.2.1 Cabezal de riego

Es el conjunto de elementos que permiten el tratamiento, aductores con presión, el filtrado y el control de la presión del agua de riego. En algunos casos también permite la fertilización y la medición integral de los caudales que son enviados hacia el cultivo. El cabezal de riego incluye:

- **Aductores con presión:** Permite el abastecimiento del caudal y la presión necesaria al sistema.
- **Filtrado:** Incluye los filtros de grava que se utiliza para remover la materia orgánica (hojas, ramas, restos de corteza), y los filtros de anillos para retener las impurezas que puedan pasar el filtro de grava.

- **Equipo de fertirrigación:** Ubicados aguas debajo de los filtros para evitar el desarrollo de algas, a la vez que se impide la absorción de fertilizante por las arenas. Pueden ser tipo fertiducto, Venturi, bombas de inyección, etc.

2.3.2.2 Elementos de seguridad y control

Son componentes que permiten un mejor manejo del sistema en la aplicación de agua a los cultivos. Así tenemos medidor de agua, manómetros, válvulas de seguridad, válvulas de retención (para romper la columna de agua y reducir el golpe de ariete que se produce al abrir o cerrar la instalación), purgadores y ventosas (para eliminar el aire).

2.3.2.3 Red de distribución

- **Tubería primaria:** es la tubería que parte del cabezal y llega a todas las unidades de riego del cultivo.
- **Tubería secundaria:** parte de la tubería primaria y lleva el caudal a las subunidades de riego.
- **Tubería terciaria:** parte de la tubería secundaria y alimenta directamente los laterales de riego.
- **Laterales de riego:** son las tuberías de último orden en las cuales se conectan los emisores finales de riego.

2.3.2.4 Emisores finales

Son los elementos encargados de distribuir el agua al terreno gota a gota, como los caudales que suministran van de 2 a 10 l/h deben ser los más exactos posibles. Los más recientes son los goteros autocompensantes (el caudal no es afectado por la variación de presión) y con sistema antiarena. En la Figura 2.19, se muestra el esquema de una instalación de un sistema de riego por goteo.

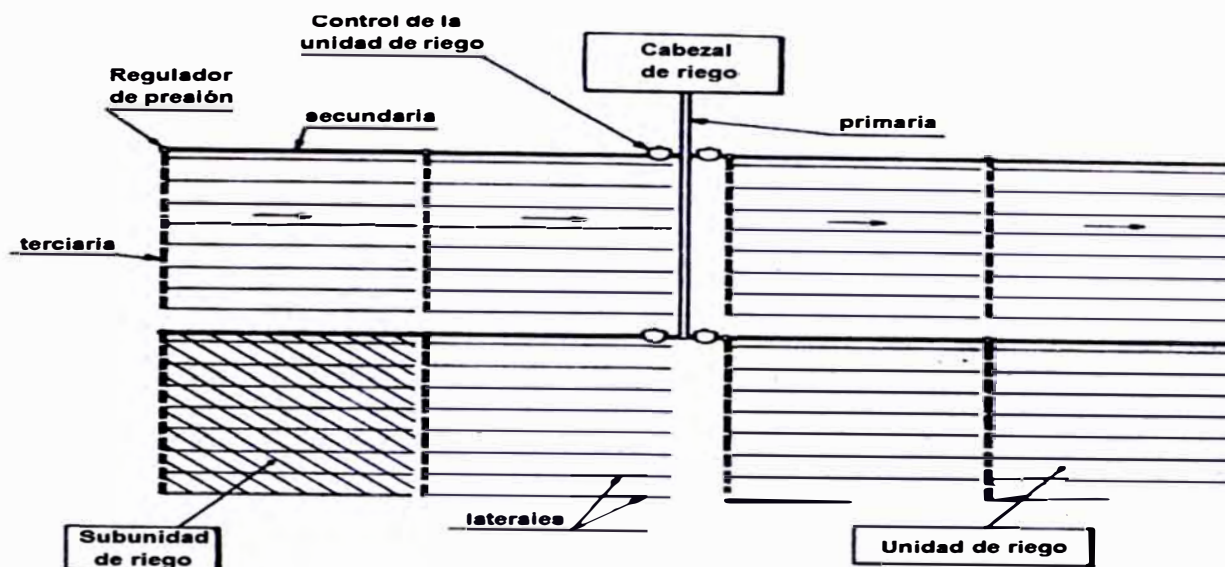


Figura 2.19. Esquema de una instalación de un Sistema de Riego por Goteo
Fuente: Pizarro Cabello (1990)

2.3.3 Programación del riego

2.3.3.1 Evapotranspiración (ET)

Según Fuentes (2003), recibe el nombre de evapotranspiración (o uso consuntivo de agua) a la cantidad de agua transpirada por el cultivo y evaporada desde la superficie del suelo en donde se asienta el cultivo. La cantidad de agua pérdida por evapotranspiración depende de las disponibilidades de agua en el suelo y de la capacidad de las plantas para absorber y para transpirar esa agua contenida en el suelo. En suma, los factores que condicionan la evapotranspiración se pueden agrupar de la siguiente forma:

- Factores concurrentes en el suelo, tales como capacidad de retención del agua, capacidad de calentamiento, exposición a los rayos solares, etc.
- Naturaleza de la vegetación, especialmente en lo referente a los órganos encargados de la absorción y de la transpiración del agua.
- La fase vegetativa en que se encuentra el cultivo, en una planta recién nacida la mayor parte del agua consumida tiene lugar por evaporación del

suelo, pero a medida que el cultivo se desarrolla aumenta la transpiración, que se hace máxima al alcanzar la planta el máximo desarrollo foliar.

- Condiciones meteorológicas que favorecen o atenúan la evaporación, tales como la intensidad de la radiación solar, vientos, humedad atmosférica, etc.

A. Evapotranspiración potencial (ET_o)

Es la cantidad de agua consumida durante un determinado periodo de tiempo, en un suelo cubierto de una vegetación homogénea, densa, en plena actividad vegetativa y con un buen suministro de agua. Se puede calcular por el método directo que es el lisímetro, el cual es un recipiente de gran tamaño lleno de tierra en donde se siembra planta objeto de estudio y se cultiva de la forma más parecida posible a como se efectúa el cultivo en campo. Se coloca a la intemperie, sobre una superficie en la que pueda recogerse el agua que escurre. Periódicamente se pesa el recipiente, lo que permite conocer el agua pérdida por evapotranspiración durante el periodo que se considere.

Coefficiente del cultivo (K_c): El valor del coeficiente del cultivo depende de las características de la planta, y expresa la variación de su capacidad para extraer el agua del suelo durante su periodo vegetativo, que es más evidente en cultivos anuales, que cubren todo su ciclo en un corto periodo. En estos cultivos hay que distinguir cuatro etapas en su periodo vegetativo:

- **Primera etapa:** Etapa inicial o de establecimiento del cultivo. Abarca desde la siembra o plantación hasta que el cultivo queda plenamente establecido: cubre o sombrea un 10% de la superficie del suelo, suponiendo que los rayos del sol incidan perpendicularmente.
- **Segunda etapa:** Etapa de desarrollo del cultivo o de rápido desarrollo de cultivo. Abarca desde el final de la etapa anterior hasta que el cultivo sobre o

sombrea de forma efectiva la superficie del suelo (no menos del 70-80% de ésta).

- **Tercera etapa:** Etapa de mediados del periodo o de máxima evapotranspiración. Abarca desde final de la etapa anterior hasta la iniciación de la maduración del cultivo, que se manifiesta por el envejecimiento del follaje.
- **Cuarta etapa:** Etapa final o de maduración y cosecha. Abarca desde el final de la etapa anterior hasta la maduración del cultivo o su cosecha.

B. Evapotranspiración del cultivo (ETc)

Es la cantidad de agua realmente consumida por un determinado cultivo durante el periodo de tiempo considerado. Para determinarla se utiliza el método FAO (Doorembos y Pruitt, 1977), en donde la ETc se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$ETc = ETo * Kc \quad \dots\dots\dots (1)$$

En los cultivos arbóreos, la evapotranspiración es a su vez, función del porcentaje de la superficie del suelo sombreado por el árbol (Kc), la variación climática (Kvc) y al tamaño del área de plantación (Kad). Finalmente la expresión quedaría de la siguiente manera:

$$ETc_{\text{corregido}} = ETo * Kc * Kl * Kvc * Kad \quad \dots\dots\dots (2)$$

Coficiente de área sombreada o coeficiente de localización (Kl): Este corrige la ET disminuyéndola, debido a la reducción del área de riego, producto de la localización del riego con goteros o microaspersores. La ET depende de masa de follaje, superficie de hojas, volumen de copa, etc. y como estas variables son difíciles de cuantificar se las representa en función del % área sombreada (A), que

está en relación al área de sombra de la copa del cultivo (A_s) y el marco de plantación (MP):

$$A_s = \frac{\pi}{4} * D_{copa}^2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$MP = d_{hilera} * d_{plantas} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$A = \frac{A_s}{MP} * 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

Para obtener Kl se calcula por los 4 métodos y se trabaja con el promedio:

$$Alljiburi: \quad Kl = 1,34 * A \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$Decroix: \quad Kl = 0,1 + A \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$Hoara: \quad Kl = A + 0,5 * (1 - A) \quad \dots\dots\dots (8)$$

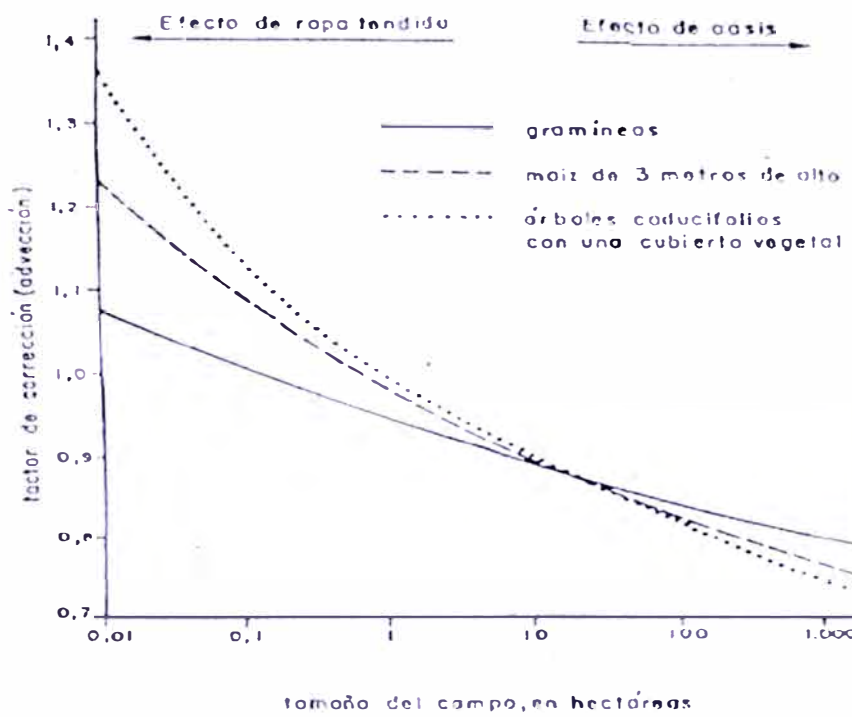
$$Keller: \quad Kl = A + 0,15 * (1 - A) \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$Kl = \frac{(Kl_{Alljiburi} + Kl_{Decroix} + Kl_{Hoara} + Kl_{Keller})}{4} \quad \dots\dots\dots (10)$$

Coefficiente de variación climática (Kvc): Los valores de ET_o corresponden a la media de los valores climáticos de un determinado período de años, lo que implica que las necesidades calculadas son insuficientes en la mitad de ese periodo. Como en el riego localizado se puede aplicar con mucha exactitud la cantidad de agua necesaria, conviene mejorar esas necesidades en un 15% a 20%, por lo que Kvc varía de 1,15 a 1,20.

Coefficiente de advección (Kad): Castiga a la ET debido a que el efecto producido por un área de riego cada vez más grande disminuirá la ET_o .

Gráfico 2.9. Coeficiente de advección en función del área de riego



Fuente: Chucya Pedro (2004)

2.3.3.2 Necesidades netas de riego (Nn)

Del total de agua de precipitación que cae sobre la superficie de un terreno, una parte se infiltra y se incorpora a la zona radical, otra parte percola en profundidad fuera del alcance de las raíces, otra parte se pierde por escorrentía superficial y otra parte queda interceptada por la vegetación, desde donde se evapora posteriormente. Se llama precipitación efectiva a la proporción de agua retenida de la capa radical con relación a la cantidad de lluvia caída.

$$Nn = ETC_{\text{corregido}} - Pe - Ac - Aa \quad \dots\dots\dots (11)$$

Dónde:

Pe: Precipitación, viene a ser los mm de lluvia caída en una zona.

Ac: Agua capilar, es la reserva hídrica del suelo.

Aa: Agua almacenada, después de un periodo de lluvia.

2.3.3.3 Necesidades totales (Nt) y Eficiencia de aplicación (Ea)

Dejando aparte las pérdidas habidas en los canales y acequias de conducción y distribución del agua hacia la parcela de riego, las pérdidas ocurridas en la propia parcela se pueden agrupar de la siguiente forma:

- Por evaporación en el suelo, que ya se tiene en cuenta al evaluar las necesidades de evapotranspiración.
- Por escorrentía superficial y percolación profunda
- Por lavado o lixiviación. Sucede cuando se añade un exceso de agua para arrastrar las sales sobrantes fuera del alcance de las raíces.
- Por deficiente distribución del agua. Sucede cuando en las zonas menos regadas se quiere aportar la cantidad de agua necesaria para cubrir las necesidades de las plantas, con lo cual en las zonas más regadas se aporta un exceso.

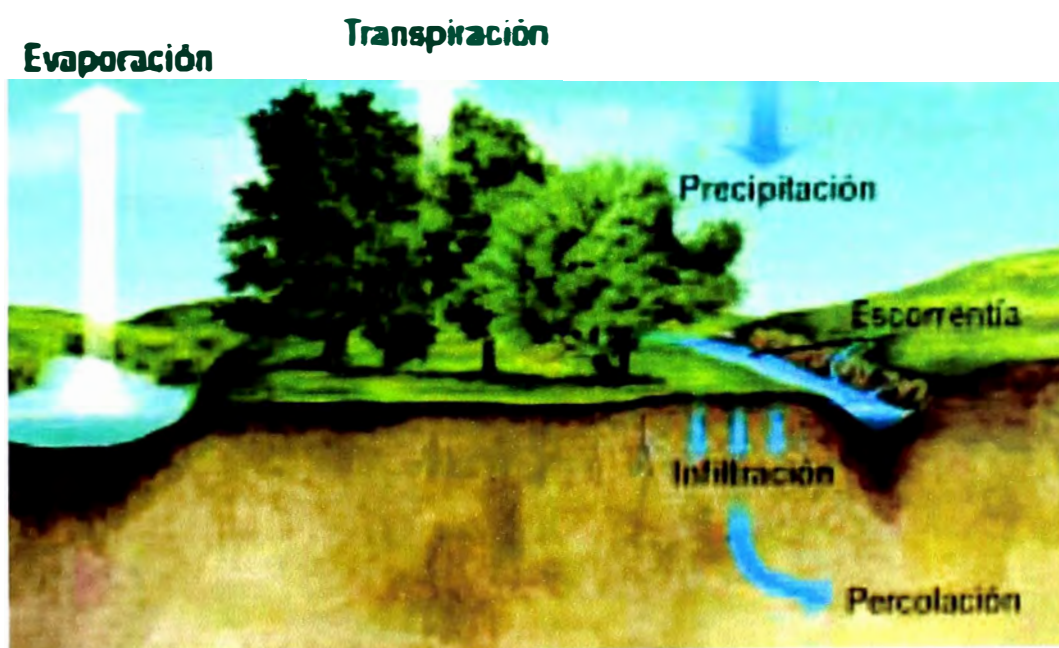


Figura 2.20. Movimientos del agua en el suelo.
Fuente: Bartolomé Jorge y Vega Isaac (2005)

Tabla 2.9. Eficiencia de aplicación del agua para diferentes sistemas de riego

<i>Riego por surcos</i>	0,5 – 0,7
<i>Riego por fajas</i>	0,6 – 0,75
<i>Riego por inundación</i>	0,6 – 0,8
<i>Riego por aspersión</i>	0,65 – 0,85
<i>Riego por goteo</i>	0,75 – 0,9

Fuente: Fuentes Yagüe (2003)

Finalmente las necesidades totales quedan definidas así:

$$N_t = \frac{N_n}{(1 - k) * CU} \dots\dots\dots (12)$$

Dónde:

CU: Coeficiente de uniformidad.

k: Coeficiente por eficiencia de aplicación o lavado.

Coeficiente de Uniformidad: El coeficiente de uniformidad se utiliza para evaluar las instalaciones en funcionamiento y para el diseño de nuevas instalaciones. En el diseño, CU es una condición que se impone y que viene determinada por factores económicos. Un CU elevado exige mayor coste inicial de la instalación (mayores diámetros de las tuberías, laterales más cortos, mayor número de reguladores de presión, etc.), mientras que un CU más bajo trae como consecuencia un mayor consumo de agua.

Tabla 2.10. Valores recomendados de CU con fines de diseño

Tipo de emisión	Pendiente del terreno	CU zonas áridas	CU zonas húmedas
Espaciados más de 4m, cultivos permanentes	Uniforme (s<2%)	0,90 - 0,95	0,80 - 0,85
	Uniforme (s>2%)	0,85 - 0,90	0,75 - 0,80
Espaciados menos de 2,5m, cultivos perm. o semiperm.	Uniforme (s<2%)	0,85 - 0,90	0,75 - 0,80
	Uniforme (s>2%)	0,80 - 0,90	0,70 - 0,80
Tubos emisores en cultivos anuales	Uniforme (s<2%)	0,80 - 0,90	0,70 - 0,80
	Uniforme (s>2%)	0,70 - 0,85	0,60 - 0,75

Fuente: Pizarro Cabello (1987)

Coefficiente por eficiencia aplicación o lavado: Para el determinar este valor se determina el mayor valor de k:

$$k = 1 - Ea \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$k = RL = \frac{CE_{H2O}}{2 * CE_{max\ suelo}} \quad \dots\dots\dots (14)$$

Dónde:

Ea: Eficiencia de aplicación

RL: Requerimiento de lavado

CE_{H2O}: Conductividad eléctrica del agua

CE_{máx. del suelo}: Conductividad máxima del estrato saturado del suelo.

2.3.3.4 Número de Emisores

Determinación del volumen aplicado (Ve): Es el volumen que se obtiene de la prueba de bulbo húmedo, de acuerdo a la profundidad de raíz.

Área mojada por el Emisor (Ame): Es el área que moja el emisor durante la prueba del bulbo húmedo para una determinada profundidad de raíz.

$$Ame = \pi * r^2 \quad \dots\dots\dots (15)$$

Porcentaje de área bajo Riego (P): Es el porcentaje máximo de radio a mojar que se asume de un emisor.

Cálculo de la cantidad de emisores por planta (e): Se obtiene de la multiplicación del marco de plantación con el porcentaje de área bajo riego entre porcentaje de área mojada por el emisor.

$$e = \frac{Mp * P}{Ame} \quad \dots\dots\dots (16)$$

Aplicando la ecuación del equilibrio: Se calcula el intervalo de riego (I) de acuerdo al número de goteros con la siguiente fórmula:

$$I = \frac{e * Ve}{Nt} \dots\dots\dots (17)$$

También se calcula el volumen del emisor; despejando la fórmula anterior, teniendo en cuenta que el volumen no exceda al registrado en la prueba del bulbo húmedo. Si excede entonces se tendría que aumentar el número de goteros e interpolar la profundidad de acuerdo al nuevo volumen calculado.

2.3.3.5 Lámina de riego

La lámina de riego o dosis de riego es la cantidad de agua aplicada en cada riego para compensar el déficit de humedad del suelo en el periodo precedente al del momento de riego.

$$La = \frac{(CC - PM) * Pea}{100 Pe_{H2O}} * Pr * Pa \dots\dots\dots (18)$$

Dónde:

CC: Capacidad de Campo (%)

PM: Punto de marchitez permanente (%)

Pea: Peso específico del suelo (g/cm³)

Pe_{H2O}: Peso específico del agua (g/cm³)

Pr: Profundidad de raíces (mm)

Pa: Porcentaje de agotamiento (%)

2.3.3.6 Frecuencia de riego

La frecuencia de riego (Fr) o el intervalo de riegos, es el número de días que ha de transcurrir entre un riego y el siguiente. La frecuencia de riego se calcula así:

$$Fr = \frac{La * P}{ETc_{\max}} \dots\dots\dots (19)$$

2.3.3.7 Tiempo de riego

El tiempo de riego (Tr), es el tiempo necesario para que se infiltre en el terreno la altura de agua que corresponde exactamente al descenso de humedad existente.

$$Tr = \frac{Nt * I}{e * Q_{\text{gotero}}} \dots\dots\dots (20)$$

2.3.3.8 Número de unidades de riego (UR)

Es la cantidad de unidades de riego o sectores en que se puede dividir una parcela. Es el número de turnos de riego que se pueden atender durante un periodo de tiempo disponible.

$$UR = \frac{Td}{Tr} \dots\dots\dots (21)$$

Dónde:

Td: tiempo total disponible para regar

Tr: tiempo necesario para aplicar una dosis

2.3.3.9 Área de la unidad (Au)

Es el área que puede ser atendida por un turno de riego. Esta área nos servirá para poder dividir el área total (A_{total}) en un número de unidades de igual área para que puedan ser regados en un turno de riego.

$$Au = \frac{A_{\text{total}}}{UR} \dots\dots\dots (22)$$

2.3.3.10 Precipitación del sistema (PP)

Cantidad de agua que entrega un campo en función de las características del sistema de goteo instalado (caudal y distanciamiento de los emisores).

$$PP = \frac{Q_{\text{gotero}}}{de * dl * nl} \dots\dots\dots (23)$$

Dónde:

Q_{gotero} : Caudal del gotero (l/h)

de: Distancia entre emisores en el lateral (m)

dl: Distancia entre líneas de plantación (m)

nl: Número laterales por líneas de plantación

2.3.3.11 Caudal del sistema (Q_{sistema})

Es un caudal constante durante un determinado tiempo, que es necesario para poder regar una determinada superficie de terreno. Este caudal es función del área de riego, Lamina de riego y el tiempo total disponible para riego.

$$Q_{\text{sistema}} = \frac{2,78 * A_{\text{total}} * Nt}{tr} \dots\dots\dots (24)$$

2.3.4 Cálculo Hidráulico

El diseño hidráulico en riego localizado se realiza después del diseño agronómico. Inicialmente se calcula la tolerancia de caudales para conseguir una uniformidad de riego, luego con la ecuación del gotero se calcula la tolerancia de presiones.

Los cálculos hidráulicos consisten en primer lugar en determinar los caudales en laterales y terciarias y teniendo en cuenta la tolerancia de presiones,

calcular para las mismas tuberías los diámetros y el régimen de presiones, el resto del diseño (secundarias, primarias y cabezal) es más parecido al de cualquier red tradicional de riego por tuberías, con algunas peculiaridades en el caso del cabezal de riego.

Los tubos comerciales vienen clasificados por sus diámetros nominales y su clase (Ver Anexo 2.1).

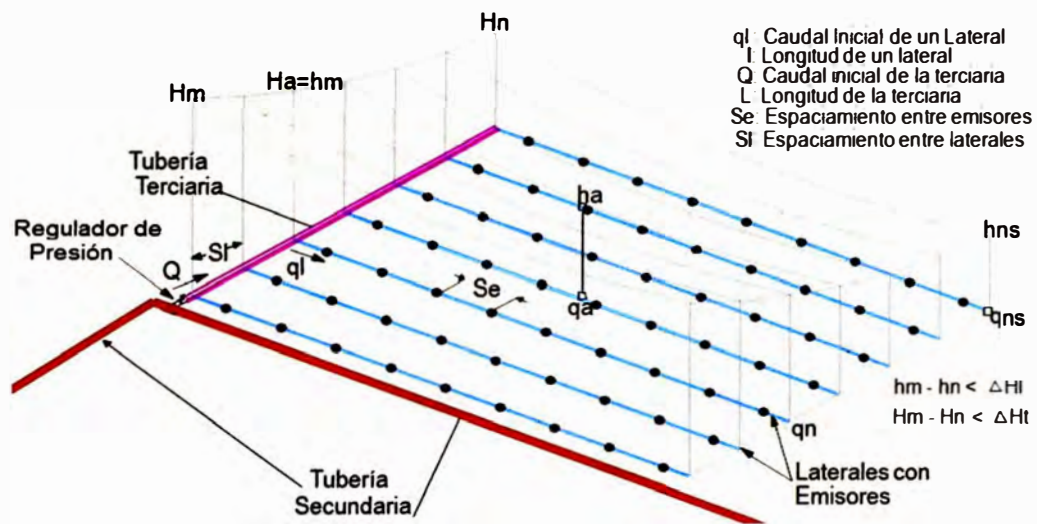


Figura 2.21. Presiones y caudales en una subunidad de riego
Fuente: Pizarro Cabello (1990)

La Figura 2.21 muestra una subunidad con las presiones (h) y caudales (q) de los distintos elementos que la componen. Las mayúsculas se reservan para la terciaria y las minúsculas para los laterales. Los subíndices significan:

m: valor inicial

a: valor medio

n: valor mínimo en la terciaria o en un lateral

ns: valor mínimo en toda la subunidad

2.3.4.1 Diseño de la Subunidad de riego

Tolerancia de caudales en la subunidad de riego

La tolerancia de caudales se determinó mediante la ecuación del Coeficiente de Uniformidad (CU) recomendado por Pizarro (1990).

$$CU = \left(1 - \frac{1.27CV}{e} \right) * \frac{qns}{qa} \dots\dots\dots (25)$$

Dónde:

CU = coeficiente de uniformidad.

CV = coeficiente de variación de fabricación del emisor.

e = número de emisores por cada planta.

qns = caudal mínimo del emisor en la subunidad.

qa = caudal medio del emisor.

Pérdida de carga permisible en la subunidad de riego

Una vez que se tiene la presión media del emisor (h_a) y la presión mínima de la subunidad (h_{ns}), calculada con la ecuación del gotero; se determina la pérdida de carga permisible con la siguiente fórmula:

$$\Delta H = M * (h_a - h_{ns}) \dots\dots\dots (26)$$

En nuestro caso, por tener un diámetro constante el valor de M será igual a 4,3, quedando la fórmula de la siguiente manera:

$$\Delta H = 4,3 * (h_a - h_{ns}) \dots\dots\dots (27)$$

De la ecuación anterior se calcula la pérdida permisible en la lateral (55%) y de la portallateral (45%).

$$\Delta H \text{ lateral} = 55\% * \Delta H \dots\dots\dots (28)$$

$$\Delta H \text{ portallateral} = 45\% * \Delta H \quad \dots\dots\dots (29)$$

2.3.4.2 Diseño del lateral de riego

Caudal en el lateral (Ql)

El caudal del lateral se determinó por el producto del número de plantas, el número de emisores por cada planta y caudal medio del emisor, como se expresa en la siguiente ecuación:

$$Ql = N^{\circ} \text{ plantas} * N^{\circ} \text{ emisores} * q_{\text{emisor}} \quad \dots\dots\dots (30)$$

Pérdida de carga total en el lateral (hf)

Para el cálculo de la pérdida de carga en la lateral se utilizó la fórmula de Darcy-Weisbach ya que es apta para cualquier régimen de flujo, sin embargo también se puede utilizar la fórmula de Blasius la cual es apta para régimen de flujo turbulento en tuberías lisas.

$$hf = f * \frac{L}{Di} * \frac{V^2}{2 * g} * 10^3 \quad \dots\dots\dots (31)$$

Dónde:

hf = pérdida de carga en el lateral (m)

f = factor de fricción de Darcy

L = longitud del lateral (m)

Di = diámetro interno de la lateral (mm)

V = velocidad media del agua en la lateral (m/s)

g = aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

Cálculo del factor de Christiansen (Fc)

$$F_{(c)} = \frac{1}{(m+1)} + \frac{1}{2 * N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2} \quad \dots\dots\dots (32)$$

Dónde:

N = número de salidas equidistantes en toda la longitud de la lateral.

m = exponente de la velocidad en la fórmula de la pérdida de carga.

Cálculo del factor de corrección por conexión por emisor F(n)

Calculo de longitud equivalente: Pizarro recomienda las siguientes fórmulas deducidas por Montalvo (1983).

Tipo de conexión:

$$\text{Grande} \dots \dots \dots le = 23,04 * di^{-1.84} \dots \dots \dots (33)$$

$$\text{Estándar} \dots \dots \dots le = 18,91 * di^{-1.74} \dots \dots \dots (34)$$

$$\text{Pequeña} \dots \dots \dots le = 14,38 * di^{-1.89} \dots \dots \dots (35)$$

Para nuestro caso utilizaremos el tipo de conexión estándar. Una vez obtenido la longitud equivalente (le), se calcula el factor de conexión (Fn) con la siguiente fórmula:

$$F_{(n)} = \frac{Se * le}{Se} \dots \dots \dots (36)$$

Por lo tanto la pérdida de carga total es el producto de la pérdida de carga en la lateral por el factor de Christiansen y por el factor de corrección por conexión por emisor. Esta pérdida de carga total en la lateral debe ser menor a la pérdida de carga permisible en la lateral.

$$HF = hf * Fc * Fn \dots \dots \dots (37)$$

2.3.4.3 Diseño de la Portalateral

Caudal de diseño del portalateral

$$Q = N_{laterales} * q_{lateral} \dots\dots\dots (38)$$

Cálculo de la pérdida de carga total en el portalateral (HF)

Cálculo de la pérdida de carga en el portalateral (hf):

$$hf = 1,21 * 10^{10} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} * (Di)^{-4.87} * L \dots\dots\dots (39)$$

Dónde:

Q = caudal en la portalateral (l/s)

Di = diámetro interno de la tubería (mm)

L = longitud de la portalateral (m)

C = factor de fricción de Hazen Williams, ver Tabla 2.11.

Tabla 2.11
Valores del coeficiente C de Hazen-Williams

Material	C
PVC	150*
Polietileno (PE)	130
Asbesto-Cemento	140

* Para redes con derivaciones C varía entre 130-140

Fuente: Saldarriaga Juan (2007)

Cálculo del factor de Christiansen (Fc): Para el diseño de la portalateral se utilizará la misma fórmula que se utilizó en la lateral, considerando en este caso:

$$m = 1,852$$

N = número de salidas en toda la longitud de la portalateral

Cálculo del factor de corrección por conexión por emisor F(n): Para el diseño de la portalateral se utilizará la misma fórmula que se utilizó en la lateral, considerando en este caso:

d_i = diámetro interno de la portallateral (mm)

S_e = separación entre laterales (m)

La pérdida total en la portallateral se calcula de la misma manera que en la lateral. Este valor debe ser menor a la pérdida de carga permisible en la portallateral.

2.3.4.4 Diseño de la matriz

Cálculo de la pérdida de carga

En el diseño de la matriz no se considera el factor de Christiansen ya que no tiene salidas, ni el factor de corrección por conexión debido a que la matriz no lleva emisores y/o conectores. Para el cálculo de la pérdida de carga se utiliza la fórmula de Hazen-Williams (Fórmula 39).

2.3.4.5 Diseño del arco de riego

Para el diseño se toma en cuenta el caudal de ingreso, el diseño de las portallaterales y matriz, así como la información de los catálogos acerca de los equipos de control, accesorios, etc.

Cálculo de presiones

Presión al ingreso del lateral y portallateral: La presión en el origen del lateral y/o portallateral se calcula con la siguiente fórmula:

$$P_o = P_m + \frac{3}{4} hf \pm \frac{Hg}{2} \dots\dots\dots (40)$$

Dónde:

P_o = presión en el origen del lateral y/o portallateral

P_m = presión de trabajo del emisor y/o lateral

hf = pérdida de carga del lateral y/o portallateral

H_g = desnivel geométrico entre los extremos del lateral y/portalateral. Si el lateral es ascendente (+), si es descendente (-).

Presión en tubería matriz: La presión en la tubería matriz se calcula sumándole la pérdida de carga de los arcos de riego, accesorios, y de la matriz a la presión en el origen de la portalateral; y considerando el desnivel del terreno.

2.3.4.5 Costos unitarios y Presupuesto del Sistema de Riego

Para realizar el metrado de los materiales, el sistema se dividió en 3 partes: subunidad de riego, red de distribución, reservorio y accesorios. Luego se determinó los costos unitarios de cada parte y finalmente se obtuvo el presupuesto total.

2.3.5 Evaluación del sistema

La evaluación de un riego localizado es una operación rigurosa, y requiere personal especializado, al menos en la interpretación de los resultados. Por tal razón no se realiza con frecuencia. Sería recomendable realizarla una vez al año.

2.3.5.1 Tolerancia de caudales

La fórmula que relaciona el coeficiente de uniformidad del riego (CU) con los caudales medios (q_a) y mínimos (q_{ns}) de la subunidad es:

$$CU = \left(1 - \frac{1,27 * CV}{e} \right) * \frac{q_{ns}}{q_a} \quad \dots\dots\dots (41)$$

Dónde:

CU = coeficiente de uniformidad

CV = coeficiente de variación de fabricación del emisor

e = número de emisores que suministran agua a una sola planta

q_{ns} = caudal mínimo del emisor en la subunidad

q_a = caudal medio del emisor

2.3.5.2 Tolerancia de presiones

Una vez conocidos q_a y q_{ns} se calculan las presiones media del emisor (h_a) y mínima de la subunidad (h_{ns}) con la siguiente fórmula.

$$h = (q / h)^{\frac{1}{x}} \dots\dots\dots (42)$$

Después se determina la diferencia de presión en el conjunto de la subunidad (ΔH), aplicando la ecuación propuesta por Pizarro (1990).

$$\Delta H = M * (h_a - h_{ns}) \dots\dots\dots (43)$$

Dónde:

ΔH = es la pérdida de carga admisible, es decir el valor de carga que debe perderse entre el lateral y la terciaria, para los casos de diseño se recomienda perder la mitad en el lateral y el resto en la terciaria.

M = depende del número de diámetros considerados en la terciaria, en la Cuadro 2.1 se puede ver los valores de M que Keller recomienda.

Tabla 1.1. Valores de M para el diseño.

Numero de diámetros	M
Diámetro constante	4,3
2 diámetros	2,7
3 diámetros	2,0

Fuente: Pizarro Cabello (1990)

2.3.5.3 Evaluación hidráulica

Consiste en el análisis de los datos y observaciones correspondientes al control rutinario del sistema de riego y la medida de la uniformidad de riego.

Cabezal de riego

Equipos de filtrado: En la evaluación debe medirse la presión a la entrada y salida de cada filtro. Debe observarse si los filtros permiten el paso del caudal adecuado para cada turno de riego según la especificación del fabricante.

Presiones y caudales: Debe considerarse las presiones y caudales que se presentan en el cabezal de riego, según el turno de riego para determinar si se están aplicando las cantidades adecuadas de agua según la extensión de la unidad y determinar problemas de sobrepresión que puede afectar algún componente.

Red de distribución del sistema

Debe considerarse las presiones que se presentan en la red durante la operación del sistema de riego y de acuerdo a las características de la tubería determinar si se está cumpliendo con los límites de trabajo de las mismas.

Coefficiente de uniformidad: Para evaluar la uniformidad se utiliza el coeficiente de uniformidad de caudales (CU). Con este valor se detectarían faltas de eficiencia y se solucionarían pequeños problemas que mejorarían el funcionamiento de la instalación. El coeficiente de uniformidad se define:

$$CU = \frac{q_{25\%} * 100}{q_m} \dots\dots\dots (44)$$

Dónde:

q_m : la media de todos los caudales de los goteros que suministran a una planta.

$q_{25\%}$: la media de los caudales de los emisores que alimentan a una planta, que representan la cuarta parte de más bajo.

Dependiendo del valor del coeficiente de uniformidad, la calificación de la instalación de riego será la que se muestra en el Cuadro 2.2.

Tabla 2.2. Valores de CU respecto a la instalación de riego

VALOR CU	ESTADO
90% - 100%	Excelente
80% - 90%	Buena
70%- 80%	Aceptable
< 70%	Inaceptable

Fuente: Fuentes Yagüe (2003)

2.3.5.4 Evaluación agronómica

Calidad del Suelo: En el suelo se deben tomar muestras y realizar en ellas análisis de rutina de salinidad CE, pH, con el objeto de ir previendo la evolución de la salinidad y la necesidad o no de efectuar lavado de suelos.

Riego: Se trata de comparar las cantidades de agua aplicadas mensualmente con las necesidades calculadas para determinar si se están aplicando las dosis correctas o si falta o sobra agua.

2.3.6 Evaluación económica del proyecto

2.3.6.1 Costos

Cuando una empresa produce un bien incurre en costos. Los costos de producción comprenden entre otros, los intereses, los salarios para los trabajadores, los precios pagados por materia prima, la renta de la tierra, y así sucesivamente. El concepto económico de costo, es el costo de oportunidad.

Costos de oportunidad o alternativos: Valor de la mejor alternativa a la que se renuncia. Valor de un recurso en su mejor uso alternativo.

Clasificación de los costos

Los costos en que incurre la empresa o el individuo que toma decisiones se denominan costos privados, los perjuicios económicos a terceros se denominan costos sociales. Los costos explícitos son por lo general los costos que el contabilista podrá estimar e incorporar dentro de un sistema contable preestablecido, estos omiten buena parte de los costos implícitos que representa la producción de un bien. Todos los recursos productivos que son idénticos tienen necesariamente el mismo costo de oportunidad, independiente de sus costos verdaderos o históricos, que son aquellos costos explícitos en que incurre el productor para obtener determinados recursos.

Costos a corto plazo: Periodo durante el cual algunos insumos no pueden ser aumentados sin incrementar apreciablemente su costo por unidad. La naturaleza de los recursos utilizados hace que se hable de costos fijos y costos variables cuya suma constituye la función total de costos de una empresa.

Costos fijos, se define comúnmente como costos muertos, es decir, costos que no pueden ser reducidos, no importa cuál sea el nivel de producción. Son aquellos en los cuales tiene que incurrir la empresa para poder iniciar y mantener su actividad, pero su valor es independiente del volumen de producción y se mantiene en el corto plazo aún si la empresa no produce. Se identifican como remuneraciones a recursos fijos.

Costos variables, son aquellos que se modifican por depender directamente del volumen de producción cambiando en el mismo sentido. Estos son pagos que se originan en recursos cuya utilización depende de las unidades producidas. Comprenden los salarios totales, los pagos por materia prima, etc.

Costos totales, son todos los costos relacionados con la producción de un bien, son la suma de los fijos y los variables, donde (x) representa el producto que va a elaborarse.

$$CT(x) = CV(x) + CF \quad \dots\dots\dots (45)$$

Ahora si relacionamos los costos y las unidades producidas podremos hablar de:

Costo variable medio, que expresa la relación existente entre el costo variable y las unidades producidas. (Curva inicialmente descendiente y luego ascendiente).

$$CVM = CV / Q \quad \dots\dots\dots (46)$$

Costo fijo medio, que es la división entre el costo fijo y el volumen de producción. (Curva continua con pendiente hacia abajo, hipérbola rectangular, nunca corta el eje vertical u horizontal). Su continua disminución obedece al comportamiento constante que tiene en la función de costos y en la práctica explica porque una empresa grande puede sacar del mercado a una pequeña, pues tiene menores costos fijos por unidad producida.

$$CFM = CF / Q \quad \dots\dots\dots (47)$$

Costo total medio, es el cociente entre el costo total de producción y las unidades elaboradas. (Curva inicialmente disminuye y luego aumenta y constituye una de las mayores preocupaciones del empresario a corto plazo).

$$CTM = CT / Q \quad \dots\dots\dots (48)$$

Costo marginal, corresponde a la variación en el costo total de producción ocasionado por un aumento en la producción de una unidad adicional. (La curva es

en forma de escalera; matemáticamente sería la primera derivada de la función de costos totales).

$$CMg = \Delta CT / \Delta Q \quad \dots\dots\dots (49)$$

Costos a largo plazo: Periodo durante el cual todos los factores de producción son variables.

Costos medios a largo plazo, esta curva representa los distintos costos medios que se pueden alcanzar en la etapa de planificación de la toma de decisiones de la empresa. Dicha curva representa el lugar geométrico de puntos donde se obtiene el menor costo de generar cualquier nivel de producción.

Costo marginal a largo plazo, esta curva se define como el lugar geométrico de puntos que muestran la cantidad mínima en la cual se aumentan los costos totales cuando se expande el ritmo de producción.

2.3.6.2 Flujo de Caja de Pérdidas y ganancias

El Flujo de Caja, es la base para la evaluación de proyectos de inversión, debido a que, todo tipo de evaluación económica, se tiene en cuenta que para la evaluación económica se considera los costos implícitos. El objetivo de la evaluación es la de medir la rentabilidad intrínseca de toda la inversión, independientemente de las fuentes de financiamiento.

2.3.6.3 Indicadores de rentabilidad

En la evaluación los principales indicadores que se emplean como: el valor actual neto (VAN), Tasa interna de retorno (TIR), el periodo de recuperación del capital (PRC), la relación costo-beneficio (B/C), y el punto de equilibrio económico.

VAN: El Valor Actual Neto viene a ser la actualización de los beneficios netos futuros en un periodo dado u horizonte temporal de un proyecto, a una tasa equivalente al costo de oportunidad del capital del inversionista:

$$VAN = \sum_{j=0}^{j=N} \frac{B_j - C_j}{(1 + k_0)^j} \dots\dots\dots (50)$$

Dónde:

B_j = Beneficio en el periodo j

C_j = Costo asignado en el periodo j

K_0 = Costo de oportunidad del capital del inversionista.

n = Es el horizonte de vida del proyecto o su vida esperada.

El criterio para tomar decisiones de aceptación o rechazo del proyecto, cuando se emplean el método del valor actual neto VAN es el siguiente:

Si $VAN > 0$ Se acepta el proyecto

Si $VAN < 0$ Se rechaza el proyecto

Si $VAN = 0$ Se posterga o se rechaza

TIR: La Tasa Interna de Retorno, matemáticamente es aquella tasa que hace que el VAN sea cero, denominado por ello como Tasa de Corte. Conceptualmente es la tasa máxima que ofrece pagar un proyecto convencional al inversionista por su capital. Cabe indicar que esta tasa obedece a una determinada estructura de inversión y un determinado flujo de fondos durante todo el horizonte de vida del proyecto.

$$\sum_{j=0}^{j=N} \frac{B_j - C_j}{(1 + TIR)^j} = 0 \dots\dots\dots (51)$$

Se observa en la fórmula anterior que todos los parámetros son conocidos salvo la TIR, que es la variable incógnita. Los niveles de decisión son:

TIR > Ko. Se acepta el proyecto

TIR < Ko. Se rechaza el proyecto

TIR = Ko. Se posterga o se rechaza el proyecto.

Donde Ko es el costo de oportunidad del capital.

Período de Recuperación de Capital (PRC): El Periodo de Recupero (PR), es el tiempo en el cual debe recuperarse la inversión total. Para su determinación, se utiliza la misma fórmula del VAN, se iguala a cero. En el cual se da por conocido todas las variables a excepción del tiempo, que viene a ser la incógnita. Es decir se conocen tanto los flujos futuros, como el costo de oportunidad del capital del inversionista y las inversiones, y sólo se debe determinar al cabo de qué tiempo el VAN se hace cero.

$$\sum_{j=0}^{j=N} \frac{B_j - C_j}{(1 + K_o)^j} = 0 \quad \dots\dots\dots (52)$$

Se observa en la fórmula que sólo j que viene a ser el periodo, se desconoce. El resto de las variables se conocen o están pre-establecidas. Para determinar el periodo de recupero, se va calculando el VAN para cada periodo. En un proyecto convencional, es de suponer que los primeros años o periodos, el VAN sale negativo, por lo mismo que se han ejecutado las inversiones y es previsible que para esos periodos aún no se haya recuperado toda la inversión, pues los costos sobrepasan los ingresos, en los periodos iniciales. Continuando con este cálculo, llega un momento en que el VAN se hace positivo. Entonces por el procedimiento de la interpolación podemos determinar exactamente el tiempo en el cual el VAN se hace cero.

Relación (B/C): Este indicador está definido como la relación de los beneficios actualizados obtenidos en cada periodo; entre los costos actualizados, ambas a una tasa equivalente al costo de oportunidad del capital del inversionista, durante todo el horizonte de vida de un proyecto. Matemáticamente se expresa de la siguiente manera:

$$B / C = \frac{\sum_{j=0}^n \frac{BN_j}{(1+i)^n}}{\sum_{j=0}^n \frac{C_j}{(1+i)^n}} \dots\dots\dots (53)$$

Para tomar las decisiones de invertir o no invertir, aceptar o rechazar se debe tener en cuenta los siguientes estándares:

B/C > 1 Se acepta el proyecto.

B/C < 1 Se rechaza el proyecto.

B/C = 1 Se rechaza o se posterga el proyecto.

Los beneficios se refiere a los ingresos producto de la venta de bienes y servicios y los valores de recupero que se presenten por la venta de activos depreciados, el terreno y el capital de trabajo cuyo valor de recupero es el 100% del valor inicial, ésta última recuperación se puede programar en cualquier periodo, aunque generalmente se programa al final del horizonte de vida del proyecto. Y en cuanto a los costos se refiere a los egresos netos después de impuestos, incluyendo las inversiones programadas. Los flujos de los costos netos, vienen a ser en este caso los egresos netos, que se determina por la diferencia entre los beneficios (producto de las ventas) y el flujo neto operativo después de impuestos.

Punto de equilibrio (cada año): Es la cantidad que debe producir la empresa, para que no incurra en pérdidas; es decir, que el monto ingresado por las

ventas debe cubrir todos aquellos costos fijos y variables en los que se incurre durante la operación de la empresa.

$$Q_D = \frac{CF}{p - v} \dots\dots\dots (54)$$

Dónde:

CF = Costo Fijo

p = Precio de venta

v= Costo unitario variable

Q_D= Cantidad producida y vendida

CAPITULO III ESTUDIO DEL TERRENO DE CULTIVO

3.1 Condiciones geográficas del área.

3.1.1 Ubicación y extensión.

3.1.1.1 Ubicación Política.

El fundo Horno alto se ubica en la Irrigación Sta. Rosa, distrito de Sayán, provincia de Huaura, departamento de Lima.

3.1.1.2 Ubicación Geográfica

El área de estudio (Ver Plano 1), se ubica en la parte alta de la Irrigación Sta. Rosa, en la margen derecha del rio Huaura, bajo el canal principal de la Irrigación Sta. Rosa, fundo Horno alto (Ver Figura 3.1).



Figura 3.1 Ubicación del proyecto
Fuente: Google Earth

3.1.1.3 Vías de acceso

El sistema vial corresponde al kilómetro 103 de la carretera Panamericana, el ovalo rio seco, desde allí hay una desviación asfaltada con dirección al este hacia el distrito de Sayán, en la Irrigación Santa Rosa, seguidamente, por trocha carrozable al fundo Horno Alto, como muestra el Cuadro 3.1 y Figura 3.2.

Cuadro 3.1. Vías de Acceso

DE	A	DISTANCIA (KM)	TIPO DE VIA
Lima	Desvío Rio Seco	103 Km	Carretera Pan. Norte
Desvío Rio Seco	Irrigación Santa Rosa	25 Km	Afirmada
Irrigación Santa Rosa	Fundo Horno Alto	10 Km	Trocha

Fuente: Elaboración Propia



Figura 3.2. Vías de acceso a la zona del proyecto

Fuente: Google Earth

3.1.1.4 Extensión

La extensión total del terreno es de 334 hectáreas, de lo cual son nuevas 128 hectáreas (115 para cultivo), las cuales están divididas en 28 subunidades.

3.1.2 Fisiografía

La zona se caracteriza por una continuidad desértica intercalada con pequeños valles cercanos unos a otros, conformada por pampas eriazas, áridas, comprendiendo montañas aisladas de hasta 900 m. de elevación; también se cuenta con la presencia de valles y áreas de curso regular que rompe la continuidad desértica dando lugar a la formación de suelos agrícolas fértiles, los cuales son utilizados para la agricultura y ganadería.

3.1.3 Recurso Hídrico

En el distrito de Sayán, el agua provista a la irrigación Sta. Rosa está alimentada por una derivación del río Huaura, el cual puede brindar un caudal máximo estimado de 300 l/s.

3.1.4 Meteorología

La información meteorológica entre los años 2009-2010 se ha tomado de la Estación Meteorológica Vantage Pro 2 marca DAVIS ubicada dentro del fundo.

3.1.4.1 Temperatura

Las temperaturas máximas anuales se da generalmente durante los meses de Enero a Abril (verano) siendo la máxima de 27,5°C, correspondiente al mes de Febrero. Las temperaturas mínimas se dan durante los meses de Junio a Septiembre (invierno), siendo la mínima de 13,4°C, correspondiente al mes de Agosto.

3.1.4.2 Humedad relativa

La humedad relativa es medianamente alta pues durante el año oscila entre 80 y 87%. En valor más alto de humedad relativa se presenta en el mes de Junio y Julio. La precipitación es casi despreciable, pues ésta ocurre en mayor frecuencia

en los meses de invierno y sobre todo en las primeras horas de la mañana en forma de rocío o lloviznas muy finas.

3.1.4.3 Horas de sol

Las horas de brillo solar efectivas son mayores en los meses de Enero a Abril (verano), y mínima durante los meses de Junio a Setiembre (invierno). En los meses de mayor brillo solar alcanza a 230 horas/mes mientras que en los meses de menor brillo solar son de 153 horas/mes. A nivel diario se tiene un valor de 6,48 horas de sol, en promedio que representa el 54% del total diario.

3.1.5 Levantamiento topográfico

Se realizó mediante la empresa NETAFIM. Se ubicaron varios puntos de estación estratégicos para dirigir las visuales radiales, desde los cuales se garantizó la lectura de todos los puntos necesarios para la representación del terreno, en su forma, dimensiones y detalles. Los datos fueron procesados en la computadora utilizando el software Autocad Land 2008, donde se obtuvo como resultado el plano del terreno con curvas de nivel; desde el cual se hizo el diseño de las parcelas, el diseño de las plantaciones, el diseño hidráulico y la ubicación adecuada del reservorio, para luego plasmarlos en el campo.

3.1.6 Toma muestra de suelo

Se realizó un previo reconocimiento del terreno para dividirlo en 3 lotes representativos; de cada lote se tomaron 3 muestras representativas haciendo 25 calicatas de profundidad 0-30 cm y después de 30-60 cm, sacando de cada una de ellas 1 kg de muestra, cada muestra se colocó en una bolsa plástica con su respectiva identificación. Finalmente las muestras de las calicatas se analizaron en el Laboratorio de AGRIQUEM (Ver Anexo 3.1).

3.1.7 Toma de muestra de agua

Se sustrajo una muestra de 100 ml del agua del canal proveniente de la derivación del río Huaura que alimenta los reservorios del fundo y se analizó en el laboratorio de AGRIQUEM (Ver Anexo 3.2).

3.2 Requerimiento de agua de la ampliación

Para mejor entendimiento, se elaboró un esquema de la secuencia de los cálculos (Ver Figura 3.3) que más adelante se desarrollan.

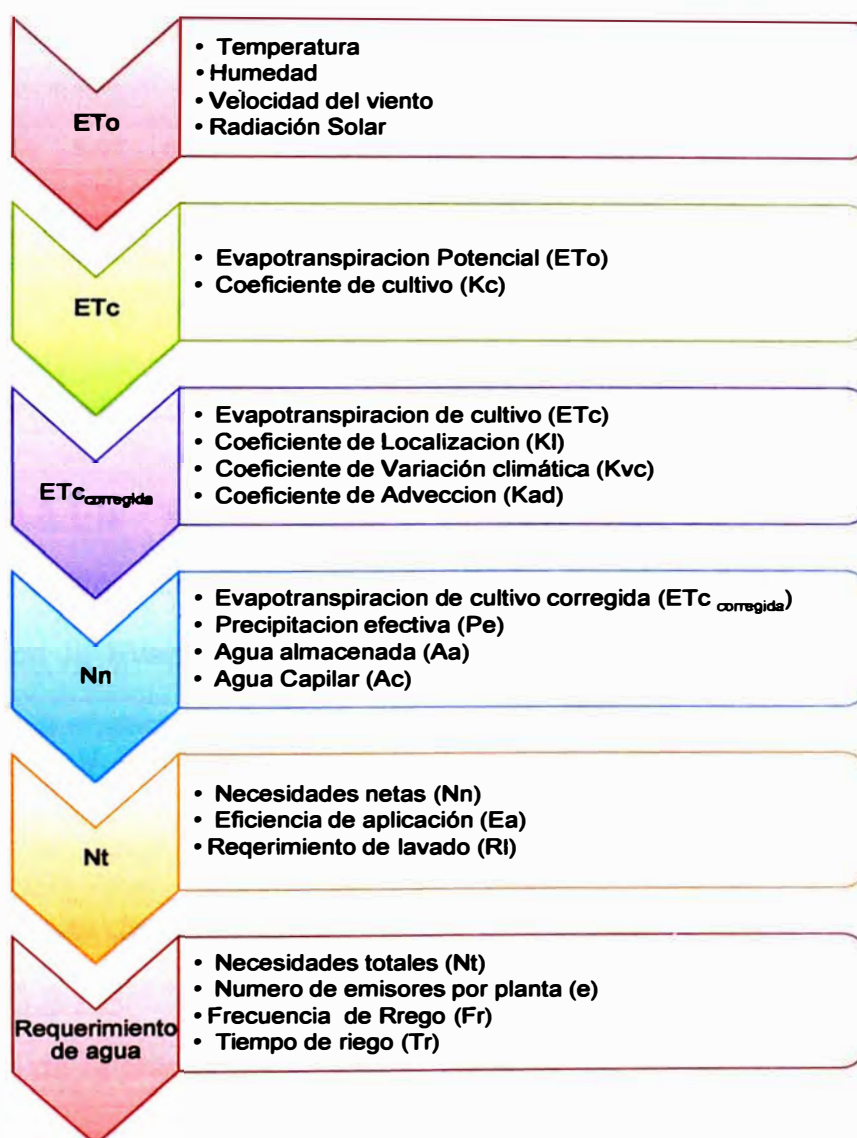


Figura 3.3. Secuencia del cálculo para el requerimiento de agua de la ampliación.
Fuente: Elaboración Propia.

3.2.1 Evapotranspiración potencial (ETo)

De 2.3.3.1-A: “Es la cantidad de agua consumida durante un determinado periodo de tiempo, en un suelo cubierto de una vegetación homogénea, densa, en plena actividad vegetativa y con un buen suministro de agua”. Los datos de la ETo anual de la zona, fueron tomados del registro creado por el software Weatherlink de la estación meteorológica Vantage Pro 2 de la marca DAVIS, ubicada a 200 m del área del proyecto. Los datos de la ETo mensual de los años 2009-2010 y el máximo mensual entre estos son mostrados en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2. Datos mensuales de ETo de los años 2009-2010 y valores máximos

ETo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Junl	Juli	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2009	4,32	5,07	5,06	5,00	3,61	2,00	2,39	2,42	3,63	4,29	4,60	4,87
2010	4,94	4,93	5,00	5,03	3,84	2,10	2,03	3,19	3,73	4,61	4,33	4,68
MAX	4,94	5,07	5,06	5,03	3,84	2,10	2,39	3,19	3,73	4,61	4,60	4,87

Fuente: Estación meteorológica DAVIS

3.2.2 Evapotranspiración del cultivo (ETc)

De 2.3.3.1-B: “Es la cantidad de agua realmente consumida por un determinado cultivo durante el periodo de tiempo considerado”. La Etc está relacionada con la Evapotranspiración potencial (ETo) y el coeficiente de cultivo (Kc), mediante la ecuación:

$$ETc = ETo * Kc \quad \dots\dots\dots (1)$$

Coeficiente de cultivo (Kc)

De 2.3.3.1-A: “El valor del coeficiente del cultivo depende de las características de la planta, y expresa la variación de su capacidad para extraer el agua del suelo durante su periodo vegetativo, que es más evidente en cultivos anuales, que cubren todo su ciclo en un corto periodo”. Se tomó estos datos de la

página web de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) para cítricos en la ubicación geográfica del proyecto (Zonas semitropicales) y se muestran en el Cuadro 3.3.

Cuadro 3.3. Kc para cítricos establecidos por la FAO para zonas semitropicales

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Máximo
Kc	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,65	0,65	0,65	0,65	0,70	0,70	0,70	0,75

Fuente: FAO

Reemplazando en la ecuación (1) los máximos valores mensuales de ETo y Kc se obtienen los resultados de la Etc mensual en el Cuadro 3.4:

Cuadro 3.4. Etc mensual del cultivo

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Máximo
ETo	4,94	5,07	5,06	5,03	3,84	2,10	2,39	3,19	3,73	4,61	4,60	4,87	5,07
Kc	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,65	0,65	0,65	0,65	0,70	0,70	0,70	0,75
ETc	3,70	3,80	3,55	3,52	2,69	1,37	1,55	2,08	2,43	3,23	3,22	3,41	3,80

Fuente: Elaboración propia

3.2.3 Evapotranspiración del cultivo corregida (Etc_{corregida})

De 2.3.3.1-B: “En los cultivos arbóreos, la evapotranspiración es a su vez, función del porcentaje de la superficie del suelo sombreado por el árbol (Coeficiente de localización), la variación climática (Coeficiente de variación climática) y el tamaño del área de cultivo (Coeficiente de advección)”. La ecuación (2) relaciona todos los factores anteriores mencionados:

$$ETc_{\text{corregido}} = ETo * Kc * Kl * Kvc * Kad \dots\dots\dots (2)$$

Coeficiente de localización (Kl): De 2.3.3.1-B: “Este corrige la ET disminuyéndola, debido a la reducción del área de riego, producto de la localización del riego con goteros o microaspersores. La ET depende de masa de follaje,

superficie de hojas, volumen de copa, etc. y como estas variables son difíciles de cuantificar se las representa en función del % área sombreada (A), que está en relación al área de sombra de la copa del cultivo (A_s) y el marco de plantación (MP)", de la siguiente manera:

$$A_s = \frac{\pi}{4} * D_{\text{copa}}^2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$MP = d_{\text{hileras}} * d_{\text{plantas}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$A = \frac{A_s}{MP} * 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

Para obtener Kl se calcula por los 4 métodos y se trabaja con el promedio:

$$\text{Alljiburi: } Kl = 1,34 * A \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{Decroix: } Kl = 0,1 + A \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$\text{Hoara: } Kl = A + 0,5 * (1 - A) \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$\text{Keller: } Kl = A + 0,15 * (1 - A) \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$Kl = \frac{(Kl_{\text{Alljiburi}} + Kl_{\text{Decroix}} + Kl_{\text{Hoara}} + Kl_{\text{Keller}})}{4} \quad \dots\dots\dots (10)$$

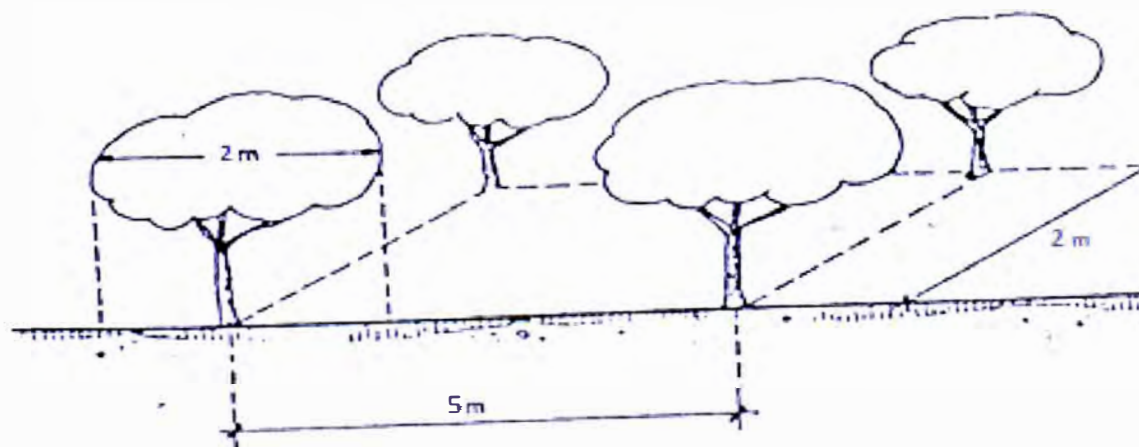


Figura 3.4. Marco de plantación 5x2 y diámetro de copa de 2m
Fuente: Elaboración Propia

Para el proyecto, se estableció un diámetro de copa (D_{copa}) de dos metros y un marco de plantación (MP) de 5x2, por recomendaciones del técnico de campo (Ver figura 3.4). Reemplazando, en las ecuaciones (3), (4) y (5) se obtiene:

$$As = \frac{\pi}{4} * D_{\text{copa}}^2 = \frac{\pi}{4} * (2m)^2 = 3,14m^2$$

$$MP = d_{\text{hileras}} * d_{\text{plantas}} = 5m * 2m = 10m^2$$

$$A = \frac{As}{MP} * 100\% = \frac{3,14m^2}{10m^2} * 100\% = 31,42\%$$

Luego, en las ecuaciones (6), (7), (8), (9) y (10):

$$\text{Alljiburi: } Kl = 1,34 * A = 1,34 * 31,42\% = 0,4210$$

$$\text{Decroix: } Kl = 0,1 + A = 0,1 + 31,42\% = 0,4142$$

$$\text{Hoara: } Kl = A + 0,5 * (1 - A) = 31,42\% + 0,5 * (1 - 31,42\%) = 0,6571$$

$$\text{Keller: } Kl = A + 0,15 * (1 - A) = 31,42\% + 0,15 * (1 - 31,42\%) = 0,4170$$

$$Kl = \frac{(0,4210 + 0,4142 + 0,6571 + 0,4170)}{4} = 0,48$$

Los resultados fueron agrupados en el Cuadro 3.5:

Cuadro 3.5. Cálculo del coeficiente de localización (Kl).

As	MP	A	Alljibury	Decroix	Hoara	Keller	Kl
3,14m ²	10m ²	31,42%	0,4210	0,4142	0,6571	0,4170	0,48

Fuente: Elaboración propia

Coeficiente de variación climática (Kvc): De 2.3.3.1-B: Los valores de ETo corresponden a la media de los valores climáticos de un determinado período de años, lo que implica que las necesidades calculadas son insuficientes en la

mitad de ese periodo, por lo que K_{vc} varía de 1,15 a 1,20. Se consideró para el proyecto:

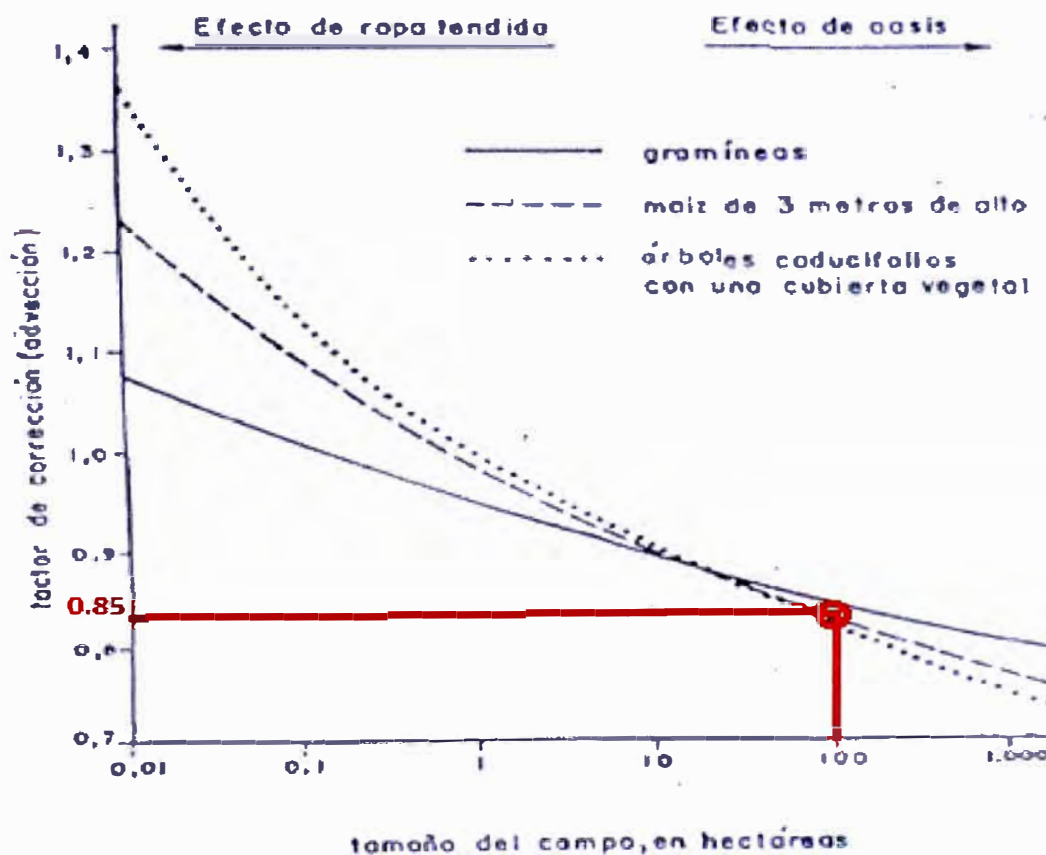
Cuadro 3.6. Coeficiente de variación climática (K_{vc}).

K_{vc}
1,2

Fuente: Elaboración propia

Coeficiente de advección (K_{ad}): De 2.3.3.1-B: “Castiga a la ET debido a que el efecto producido por un área de riego cada vez más grande disminuirá la ET_o ”. Se usó del Gráfico 2.9 para las 115 ha de cultivo (Gráfico 3.1):

Gráfico 3.1. Coeficiente de advección según el área de cultivo



Fuente: Elaboración propia

Según lo anterior el valor del Kad se muestra en el Cuadro 3.7:

Cuadro 3.7. Coeficiente de advección (Kad).

Kad
0,85

Fuente: Elaboración propia

Al reemplazar ETo, Kc, KI, Kvc y Kad en la ecuación (2), se obtuvo para el mes de febrero:

$$ETc_{\text{corregido}} = 5,07 \text{ mm / día} * 0,75 * 0,48 * 1,2 * 0,85 = 1,85 \text{ mm / día}$$

Se realizó el mismo cálculo en todos los meses y se obtuvieron los resultados mostrados en el Cuadro 3.8:

Cuadro 3.8. Cálculo de las ET_{C_{corregida}}

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Máx.
ETo	4,94	5,07	5,06	5,03	3,84	2,10	2,39	3,19	3,73	4,61	4,60	4,87	5,07
Kc	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,65	0,65	0,65	0,65	0,70	0,70	0,70	0,75
ETc	3,70	3,80	3,55	3,52	2,69	1,37	1,55	2,08	2,43	3,23	3,22	3,41	3,80
ET_{C_{corregida}}	1,80	1,85	1,73	1,72	1,31	0,66	0,76	1,01	1,18	1,57	1,57	1,66	1,85

Fuente: Elaboración propia

3.2.4 Necesidades netas (Nn)

De 2.3.3.2: Las Nn vienen a ser el volumen de agua retenida de la capa radical con relación a la cantidad de lluvia caída. Su ecuación viene a ser:

$$Nn = ETc_{\text{corregido}} - Pe - Ac - Aa \quad \dots\dots\dots (11)$$

Dado que en la zona del proyecto hay precipitación (Pe) dos o tres veces al año, esta se puede despreciar y como en el diseño se consideran nulos los valores de agua capilar (Ac) y agua almacenada (Aa). Al reemplazar en la ecuación (11) para el mes de febrero:

$$Nn = ETC_{\text{corregido}} - 0 - 0 - 0 = ETC_{\text{corregido}} = 1,85\text{mm / día}$$

Por lo tanto se tiene las Nn mensuales en el Cuadro 3.9:

Cuadro 3.9. Cálculo de las Necesidades netas

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Máx.
ETC_{corregida}	1,80	1,85	1,73	1,72	1,31	0,66	0,76	1,01	1,18	1,57	1,57	1,66	1,85
Nn	1,80	1,85	1,73	1,72	1,31	0,66	0,76	1,01	1,18	1,57	1,57	1,66	1,85

Fuente: Elaboración propia

3.2.5 Necesidades totales (Nt)

De 2.3.3.3: Las Nt están determinadas por la eficiencia de aplicación (Ea), las pérdidas ocurridas en la propia parcela se dan por evaporación en el suelo, escorrentía superficial y percolación profunda, lavado o lixiviación, o deficiente distribución del agua. Para el diseño de un sistema de riego por goteo, la Ea varía de 75% a 90%. Se seleccionó un Ea de 90% debido a que el lote posee mínimas pérdidas por percolación profunda y escorrentía superficial (al poseer un suelo arenoso de textura fina, es decir una granulometría que varía de 0,02mm a 0,2mm, generando así un efecto tampón en el suelo), además, la distribución se realiza mediante mangueras con goteros PC (Presión compensada, manejando así caudales uniformes en el lote ante cualquier variación de presión). La Nt está definida de la siguiente manera:

$$Nt = \frac{Nn}{(1 - k) * CU} \dots\dots\dots (12)$$

Dónde:

CU: Coeficiente de uniformidad.

k: Coeficiente por eficiencia de aplicación o lavado.

Coefficiente de Uniformidad (CU): En el diseño, el CU es una condición que se impone y que viene determinada por factores económicos. Un CU elevado exige mayor coste inicial de la instalación (mayores diámetros de las tuberías, laterales más cortos, mayor número de reguladores de presión, etc.), mientras que un CU más bajo trae como consecuencia un mayor consumo de agua. Para el proyecto se seleccionó un CU del 90%, debido a que el lote es considerado zona árida y que las pendientes varían desde un 0% hasta 6%.

Tabla 3.1. Valores recomendados de CU con fines de diseño

<i>Tipo de emisión</i>	<i>Pendiente del terreno</i>	<i>CU zonas áridas</i>	<i>CU zonas húmedas</i>
Espaciados más de 4m, cultivos permanentes	Uniforme (s<2%)	0,90 - 0,95	0,80 - 0,85
	Uniforme (s>2%)	0,85 - 0,90	0,75 - 0,80
Espaciados menos de 2,5m, cultivos perm. o semiperm.	Uniforme (s<2%)	0,85 - 0,90	0,75 - 0,80
	Uniforme (s>2%)	0,80 - 0,90	0,70 - 0,80
Tubos emisores en cultivos anuales	Uniforme (s<2%)	0,80 - 0,90	0,70 - 0,80
	Uniforme (s>2%)	0,70 - 0,85	0,60 - 0,75

Fuente: Pizarro Cabello (1987)

Coefficiente por eficiencia aplicación o lavado (k): Para el determinar este valor se determina el mayor valor de k:

$$k = 1 - Ea \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$k = RL = \frac{CE_{H2O}}{2 * CE_{\max \text{ suelo}}} \quad \dots\dots\dots (14)$$

Dónde:

Ea: Eficiencia de aplicación

RL: Requerimiento de lavado

CE_{H2O}: Conductividad eléctrica del agua

CE_{máx. del suelo}: Conductividad máxima del estrato saturado del suelo.

Para el determinar los posibles valores de k se utilizaron las ecuaciones (13) y (14), después se eligió el mayor valor de ellos. Además, de las pruebas de laboratorio de agua y suelo (Anexos 3.1 y 3.2 respectivamente) se obtuvieron los valores de CE_{H_2O} (363 uS/cm) y $CE_{\text{máx. del suelo}}$ (720 uS/cm) y finalmente se eligió el mayor valor de k :

$$k = 1 - Ea = 1 - 90\% = 10\%$$

$$k = RL = \frac{CE_{H_2O}}{2 * CE_{\text{máx. suelo}}} = \frac{363 \text{ uS / cm}}{2 * 720 \text{ uS / cm}} = 25,21\% \dots \dots \text{OK}$$

Reemplazando en la ecuación (12) para la $Nn_{\text{máx.}}$ (En el mes de febrero es de 1.85mm/día), el CU de 90% y el k de lavado (25.21%) se obtuvo:

$$Nt = \frac{Nn}{(1 - k) * CU} = \frac{1,85 \text{ mm / día}}{(1 - 25,21\%) * 90\%} = 2,75 \text{ mm / día}$$

El volumen por hectárea (10000 m²) se halla debido a la equivalencia geométrica:

$$1 \text{ mm / día} \leftrightarrow 10 \text{ m}^3 / \text{ha / día}$$

Entonces tenemos:

$$Nt = 2,75 \text{ mm / día} = 27,5 \text{ m}^3 / \text{ha / día}$$

Dado que se estableció un marco de plantación $MP=10\text{m}^2$, entonces la densidad de plantación (Dp) será:

$$Dp = \frac{1 \text{ ha}}{MP} = \frac{10000 \text{ m}^2}{10 \text{ m}^2} = 1000 \cdot \text{árboles / ha}$$

Además, geoméricamente se cumple: 1000 litros \leftrightarrow 10m³

Por lo tanto, se establece la siguiente equivalencia:

$$Nt = 27,5 \frac{\text{m}^3}{\text{ha} \times \text{día}} \times \frac{1000 \text{ l}}{\text{m}^3} \times \frac{\text{ha}}{1000 \cdot \text{árboles}} = 27,5 \cdot \text{l / árbol / día}$$

El Cuadro 3.10 muestra los resultados de los cálculos para todos los meses:

Cuadro 3.10. Cálculo de las necesidades totales mensuales

	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Máx.</i>
Nt (mm/día)	2,68	2,75	2,56	2,55	1,94	0,99	1,12	1,50	1,76	2,34	2,33	2,47	2,75
Nt (m³/ha/día)	26,8	27,5	25,6	25,5	19,4	9,9	11,2	15,0	17,6	23,4	23,3	24,7	27,5
Nt (l/árbol/día)	26,8	27,5	25,6	25,5	19,4	9,9	11,2	15,0	17,6	23,4	23,3	24,7	27,5

Fuente: Elaboración propia

3.2.6 Cálculo del número de emisores

3.2.6.1 Prueba de bulbo húmedo

Se realizó la prueba en la zona de trabajo con un emisor recomendado por el departamento de ingeniería de NETAFIM de 2 l/h (Figura 3.5). De la prueba se determinó las ecuaciones que relacionan “Profundidad (Pbh) vs Volumen (Vbh)” y “Volumen (Vbh) vs Diámetro (Dbh)”.

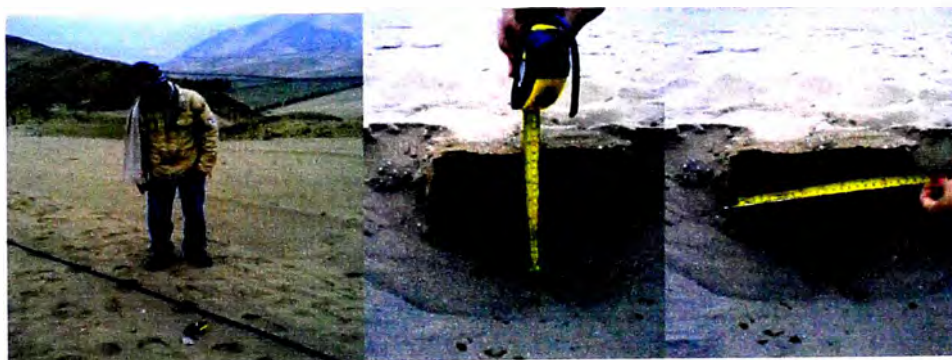


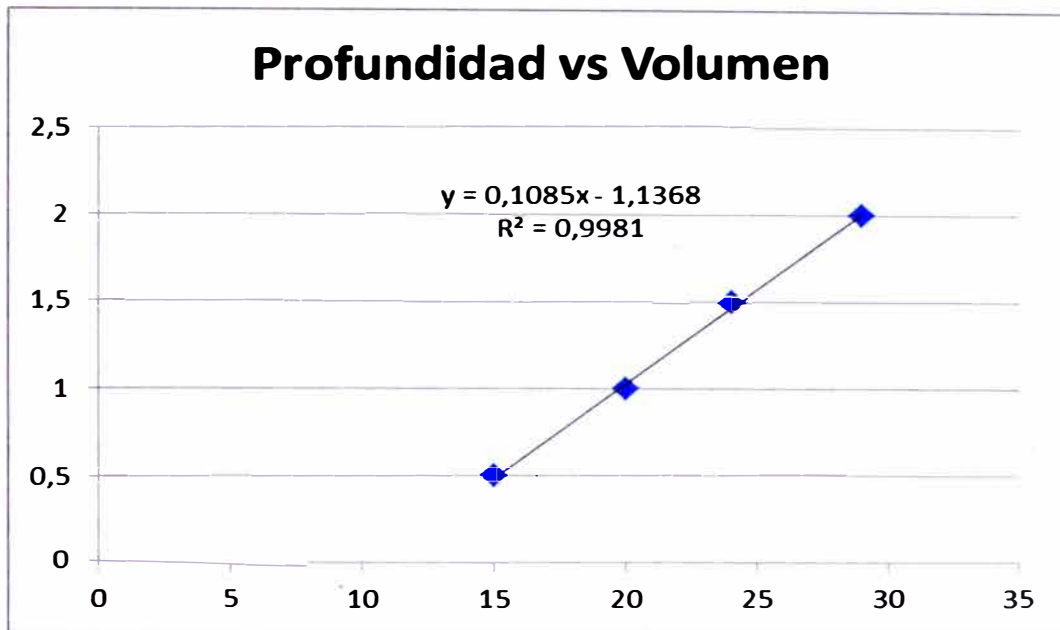
Figura 3.5. Prueba de bulbo húmedo.
Fuente: Fotos tomadas el 29/06/2011.

Cuadro 3.11. Datos de la prueba de bulbo húmedo

<i>Tiempo</i> (min)	<i>Volumen</i> (l)	<i>Profundidad</i> (cm)	<i>Diámetro</i> (cm)	<i>Área</i> (m ²)
15	0,5	15	7	0,00
30	1	20	17	0,02
45	1,5	24	30	0,07
60	2	29	40	0,13

Fuente: Elaboración propia

Grafico 3.2. Grafica Profundidad (cm) vs Volumen (l)

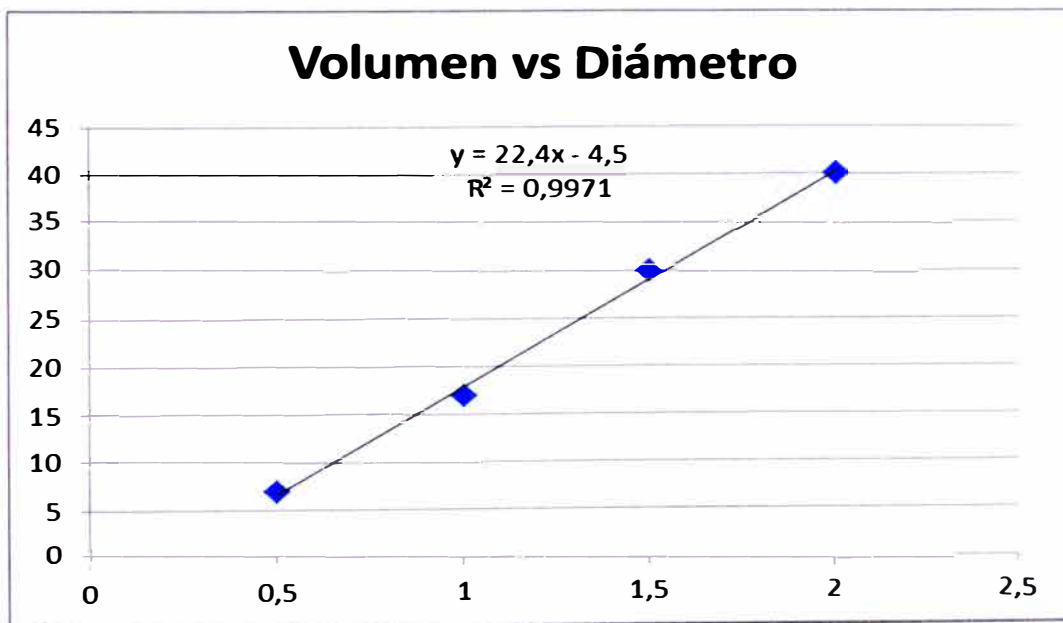


Fuente: Elaboración propia

Del gráfico 3.2 se obtiene la siguiente ecuación:

$$Vbh = 0,1085 * Pbh - 1.1368 \quad \dots\dots\dots(15)$$

Grafico 3.3. Grafica Volumen (l) vs Diámetro (cm)



Fuente: Elaboración propia

Del Gráfico 3.3 se obtiene la siguiente ecuación:

$$Dbh = 22,4 * Vbh - 4,5 \quad \dots\dots\dots (16)$$

3.2.6.2 Cálculo de la cantidad de emisores por planta

Determinación del volumen aplicado (Ve): De 2.3.3.4: “Es el volumen que se obtiene de la prueba de bulbo húmedo, de acuerdo a la profundidad de raíz”. Se definió una profundidad de raíces de 42 cm debido a las recomendaciones del ingeniero agrícola especialista en cítricos encargado del campo. Entonces reemplazando en las ecuaciones (15) y (16) se obtiene:

$$Vbh = 0,1085 * Pbh - 1.1368 = 0,1085 * 42 - 1.1368 = 3,42 \cdot l$$

$$Dbh = 22,4 * Vbh - 4,5 = 22,4 * 3,42 - 4,5 = 72,11 \cdot cm$$

Área mojada por el Emisor (Ame): De 2.3.3.4: “Es el área que moja el emisor durante la prueba del bulbo húmedo para una determinada profundidad de raíz”.

$$Ame = \frac{\pi * Dbh^2}{4} \quad \dots\dots\dots (17)$$

Reemplazando Dbh en la ecuación (17):

$$Ame = \frac{\pi * Dbh^2}{4} = \frac{\pi * (72,11 \cdot cm)^2}{4} = 0,41 \cdot m^2$$

Porcentaje de área bajo Riego (P): De 2.3.3.4: “Es el porcentaje máximo de radio a mojar que se asume de un emisor”. Para el proyecto se asumió inicialmente un P igual a 33% que es el recomendado para frutales.

Cálculo de la cantidad de emisores por planta (e): De 2.3.3.4: “Se obtiene de la multiplicación del marco de plantación (MP) con el porcentaje de área bajo riego (P) entre porcentaje de área mojada por el emisor (Ame)”.

$$e = \frac{MP * P}{Ame} \dots\dots\dots (18)$$

Reemplazando MP, P y Ame en la ecuación (18):

$$e = \frac{MP * P}{Ame} = \frac{10 * 33\%}{0,41} = 8,08 \cong 8 \cdot \text{emisores}$$

Aplicando la ecuación del equilibrio: De 2.3.3.4: “Se calcula el intervalo de riego (I) de acuerdo al número de goteros con la siguiente fórmula”:

$$I = \frac{e * Ve}{Nt} \dots\dots\dots (19)$$

Reemplazando e, Ve y Nt en la ecuación (19):

$$I = \frac{e * Ve}{Nt} = \frac{8 * 3,42 \cdot l}{27,5 \cdot l / día} = 1 \cdot día$$

También se calculó el volumen del emisor; despejando la fórmula anterior, teniendo en cuenta que el volumen no excedió al registrado en la prueba del bulbo húmedo, no se tuvo que aumentar el número de goteros e interpolar la profundidad.

$$Ve = \frac{I * Nt}{e} = \frac{1 * 27,5 \cdot l / día}{8} = 3,44 \cdot l$$

3.2.6.3 Lámina de riego (Lr)

De 2.3.3.5: “La lámina de riego o dosis de riego es la cantidad de agua aplicada en cada riego para compensar el déficit de humedad del suelo en el periodo precedente al del momento de riego”. La Lr se calcula:

$$La = \frac{(CC - PM)}{100} * \frac{Pea}{Pe_{H2O}} * Pr * Pa \quad \dots\dots\dots (20)$$

Dónde:

CC: Capacidad de Campo (%)

PM: Punto de marchitez permanente (%)

Pea: Peso específico del suelo (g/cm³)

Pe_{H2O}: Peso específico del agua (g/cm³)

Pr: Profundidad de raíces (mm)

Pa: Porcentaje de agotamiento (%)

El cuadro 3.12 muestra las características del suelo de la zona del proyecto:

Cuadro 3.12. Características del suelo.

Textura del Suelo:	Arena fina
Capacidad de Campo (CC):	9%
Punto de Marchitez Permanente (PMP):	4%
Densidad aparente (Da=Pea/Pe_{H2O}):	1,4
Porcentaje de agotamiento (Pa):	30%

Fuente: Medina J. A. (1997)

Reemplazando en la ecuación (20) para una profundidad de raíces (Pr) de 400 mm:

$$La = \frac{(CC - PM)}{100} * \frac{Pea}{Pe_{H2O}} * Pr * Pa = \frac{(9 - 4)}{100} * \frac{1,4 \cdot g / cm^3}{1 \cdot g / cm^3} * 400 \cdot mm * 30\% = 8,4 \cdot mm$$

3.2.6.4 Frecuencia de riego (Fr)

De 2.3.3.6: “La frecuencia de riego (Fr) o el intervalo de riegos, es el número de días que ha de transcurrir entre un riego y el siguiente”. La Fr se calcula:

$$Fr = \frac{La * P}{Nt_{max}} \quad \dots\dots\dots (21)$$

Reemplazando L_r , P y Nt_{\max} en la ecuación (21):

$$Fr = \frac{La * P}{Nt_{\max}} = \frac{8,4 \cdot mm * 33,02\%}{2,75 \cdot mm / día} = 1,01 \cdot días \cong 1 \cdot día$$

3.2.6.5 Tiempo de riego (Tr)

De 2.3.3.7: “El tiempo de riego (Tr), es el tiempo necesario para que se infiltre en el terreno la altura de agua que corresponde exactamente al descenso de humedad existente”.

$$Tr = \frac{Nt * I}{e * Q_{\text{gotero}}} \dots\dots\dots (22)$$

Reemplazando los valores de Nt , I , e y q_{gotero} en la ecuación (22):

$$Tr = \frac{Nt * I}{e * Q_{\text{gotero}}} = \frac{27,5 \cdot l / día * 1 \cdot día}{8 * 2 \cdot l / h} = 1,72 \cdot h$$

3.2.6.6 Número de unidades (Ur)

De 2.3.3.8: “Es la cantidad de unidades de riego o sectores en que se puede dividir una parcela”. En resumen es el número de turnos de riego que se pueden atender durante un periodo de tiempo disponible.

$$Ur = \frac{Td}{Tr} \dots\dots\dots (23)$$

Dónde:

Td : tiempo total disponible para regar

Tr : tiempo necesario para aplicar una dosis

Se consideró un tiempo total disponible para regar (T_d) de 14 horas por razones agronómicas recomendadas por el ingeniero de campo. Reemplazando en la ecuación (23):

$$U_r = \frac{T_d}{T_r} = \frac{14 \cdot h}{1,72 \cdot h} = 8,14 \cong 9$$

3.2.6.7 Área de la unidad (A_u)

De 2.3.3.8: “Es el área que puede ser atendida por un turno de riego. Esta área nos servirá para poder dividir el área total (A_{total}) en un número de unidades de igual área para que puedan ser regados en un turno de riego”.

$$A_u = \frac{A_{total}}{U_r} \dots\dots\dots (24)$$

Reemplazando el área total de 115 ha en la ecuación (24):

$$A_u = \frac{A_{total}}{U_r} = \frac{115 \cdot ha}{9} = 12,8 \cdot ha$$

3.2.6.8 Precipitación del sistema (PP)

De 2.3.3.9: “Cantidad de agua que entrega un campo en función de las características del sistema de goteo instalado”. Mediante la ecuación:

$$PP = \frac{Q_{gotero}}{de * dl * nl} \dots\dots\dots (25)$$

Dónde:

Q_{gotero} : Caudal del gotero (l/h)

de: Distancia entre emisores en el lateral (m)

dl: Distancia entre líneas de plantación (m)

nl: Número laterales por líneas de plantación

Reemplazando en la ecuación (25):

$$PP = \frac{Q_{gotero}}{de * dl * nl} = \frac{2 \cdot l / h}{0,5 \cdot m * 5 \cdot m * 2} = 1,6 \cdot mm / h$$

3.2.6.9 Caudal del sistema ($Q_{sistema}$)

Es un caudal constante durante un determinado tiempo, que es necesario para poder regar una determinada superficie de terreno. Este caudal es función del área de riego, Lamina de riego y el tiempo total disponible para riego.

$$Q_{sistema} = \frac{2,78 * A_{total} * Nt}{Tr} \dots\dots\dots (26)$$

Reemplazado los valores en la ecuación (26):

$$Q_{sistema} = \frac{2,78 * A_{total} * Nt}{Tr} = \frac{2,78 * 115 \cdot ha * 2,75 \cdot mm}{1,72h} = 226 \cdot m^3 / h$$

3.3 Producción del terreno por hectárea

Según los estudios agrícolas, y la experiencia propia del fundo en años de producción, un lote con excelente manejo y óptimas condiciones operativas, nos puede producir hasta 120 t/ha, aunque debemos verlo como objetivo siempre acercarnos a este valor, los valores normales que debemos esperar varían entre 80 y 110 t/ha.

3.4 Volumen y calidad del producto

El área de producción, con experiencia de campañas anteriores, estimó un volumen promedio de producción de 100 t/ha, fuera de la fruta no cosechada por algún tipo de daño o enfermedad. Además, en las tres últimas campañas, la procesadora de frutas estimó un margen exportable promedio del 70%, el resto

queda como venta para el mercado nacional. El área de ventas de la empresa brindó un dato promedio de precios en chacra de las tres últimas campañas tanto para exportación como para venta local (Ver Cuadro 3.13).

Cuadro 3.13. Porcentaje destinado a exportación y a venta local

Venta de Mandarinas				
Porcentaje exportable:	70%	-	Precio de venta en chacra	0,60 \$/kg
Porcentaje local:	30%	-	Precio de venta en chacra	0,30 \$/kg

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la calidad del fruto para la exportación, se requieren seguir normas de calidad exigidas por los compradores, dichas normas están estipuladas en la Norma técnica peruana (Ver Anexo 3.3).

En el caso de la empresa, esta es miembro del consorcio de productores de fruta (CPF) que es la entidad que certifica la calidad de la fruta de exportación bajo los estándares requeridos, dependiendo si se exporta a Europa o Estados Unidos.

CAPÍTULO IV SISTEMA DE RIEGO PARA PRODUCCIÓN DE MANDARINAS

De 2.1: Para mejor entendimiento del presente capítulo se presentó previamente el esquema completo del sistema de riego tecnificado del proyecto (Figura 4.1), desarrollando el diseño de cada parte de manera secuencial en todo el capítulo basándose en el diseño agronómico del capítulo anterior.

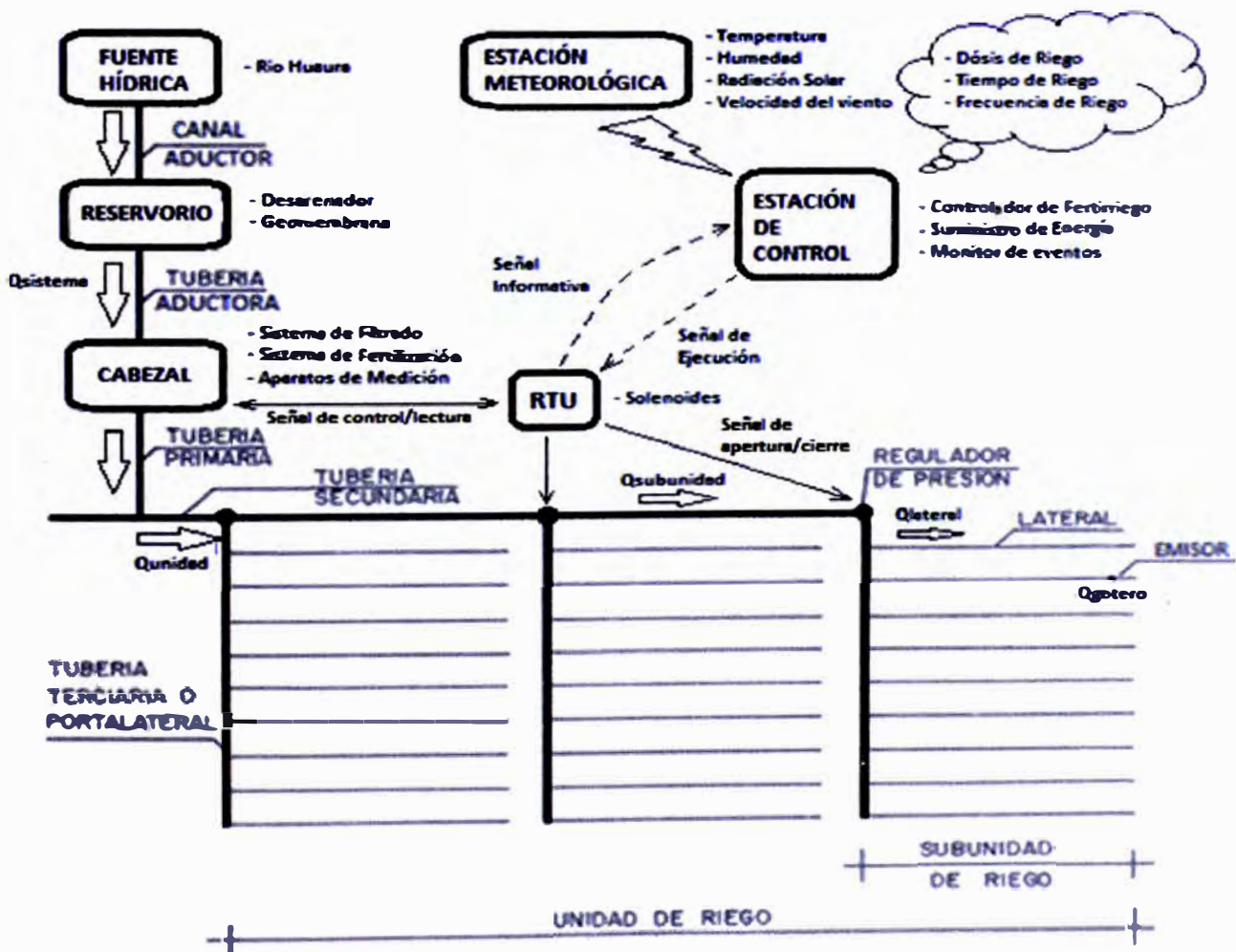


Figura 4.1. Esquema completo del sistema de riego tecnificado.
Fuente: Elaboración propia.

4.1 Delimitación de las subunidades de riego

Las subunidades de riego fueron definidas con el criterio de usar la máxima área de plantación y respetando un ancho de caminos de seis metros en calles principales (Ver Plano 2). El otro criterio fue no definir subunidades con áreas mayores a cinco hectáreas (5000 plantas para una densidad de 1000 plantas/ha) por subunidad de riego para distribuir mejor las presiones y caudales (Solo se sobrepasó las cinco hectáreas en casos excepcionales, donde las áreas se dividían en otras pequeñas). Finalmente se crearon 28 subunidades (Ver cuadro 4.1).

Cuadro 4.1. Dimensionado de las subunidades de riego.

Subunidad	Área (ha)	No. de plantas
V-101	3,86	3.860
V-102	4,19	4.190
V-103	4,06	4.060
V-104	2,84	2.840
V-105	3,84	3.840
V-106	3,85	3.850
V-107	3,87	3.870
V-108	3,72	3.720
V-109	5,14	5.140
V-110	2,12	2.120
V-111	2,21	2.210
V-112	4,68	4.680
V-113	5,36	5.360
V-114	3,66	3.660
V-115	4,37	4.370
V-116	3,92	3.920
V-117	4,15	4.150
V-118	4,07	4.070
V-119	4,78	4.780
V-120	4,46	4.460
V-121	4,84	4.840
V-122	5,14	5.140
V-123	4,33	4.330
V-124	4,34	4.340
V-125	4,44	4.440
V-126	4,61	4.610
V-127	4,80	4.800
V-128	2,93	2.930
Total	115	114580

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Cálculo y selección del diámetro de tuberías principales

Antes del inicio del proyecto, el sistema de filtrado de grava ODIS Modelo 4463x8 (Ver Tabla 4.1) solo podía dotar a las plantaciones de paltos y cítricos una presión de salida de 24 m.c.a. a un caudal de 300 m³/h alimentado con dos líneas aductoras de 10" de diámetro nominal provenientes de dos reservorios de 14 mil m³ y 27 mil m³. Debido a la necesidad de ampliación de la red, se construyó un reservorio de 63 mil m³ (Ver Plano 3) diseñado por NETAFIM con una línea aductora de 315 mm de diámetro nominal y se aumentó el área de filtrado agregando una batería de filtrado ODIS Modelo 4384 x 8 (Ver Tabla 4.1), para conseguir usar la red con un caudal de 850 m³/h con una presión de salida de 24 m.c.a. (Ver Plano 4). En el cálculo del nuevo sistema uso la ecuación de Hazen-Williams (Ecuación 27) con un C=135 debido a la complejidad y derivaciones en el sistema de filtrado.

Tabla 4.1. Límites de caudales en m³/h de los tanques de filtrado.

FILLING IN MEDIA LAYERS AND RECOMMENDED CAPACITIES FOR MEDIA FILTERS								
Recommended Capacity	Entry		Gravel		Minimum	Recom.	Maximum	Back-flush
	Exit	Diam.	Fill-in					
Type	Inch	mm	Kg.	Lbs	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h
4121	1"	25	60	130	3,5	5	6	7
4162 (41615)**	2" (1.5")	50 (40)	90	200	6	8	11	10
4202	2"	50	120	260	9	12	18	15
4203	3"	75	120	260	10	12	18	15
4242	2"	50	180	400	14	20	28	25
4243	3"	75	180	400	14	20	28	25
4303	3"	75	240	530	21	30	42	38
4363	3"	75	360	790	32	42	62	54
4484	4"	100	630	1400	62	72	120	95
4363U	3"	75	300	660	32	42	62	54
4484U	4"	100	570	1260	62	72	120	95
4604/4604U	4"	100	990	2200	80	110	150	150

* For average dirt quantity

Fuente: NETAFIM.

$$hf = 1,21 * 10^{10} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} * (Di)^{-4.87} * L \quad \dots\dots\dots (27)$$

Usando la ecuación (27) para el caso de la tubería aductora de 10", un caudal de 153 m³/h y una longitud de 992 m:

$$hf = 1,21 * 10^{10} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} * (Di)^{-4.87} * L = 1,21 * 10^{10} * \left(\frac{153}{135}\right)^{1.852} * (237,8)^{-4.87} * 992$$

$$hf = 3,77 \cdot m.c.a.$$

Luego, considerando el criterio de no sobrepasar velocidades de 2m/s (Vmax) y considerando una caída de presión en el sistema de filtrado (Hf) de 5 m.c.a., se aplicó un factor de seguridad (Fs) del 5% y se obtuvo:

$$hc = hf * Fs = 3,77 * 1,05 = 3,96 \cdot m.c.a.$$

En el Cuadro 4.2 se muestra los resultados de los cálculos para las tres líneas aductoras usando medidas diámetros comerciales (Ver anexo 4.1):

Cuadro 4.2. Cálculo de la presión de salida del nuevo sistema de filtrado.

Cálculo de pérdidas de presión en las tuberías aductoras por el método de Hazen-Williams									
C =	135	Vmax	2	m/s	Fs =	1,05	Hf =	5	m.c.a.
Diam. Nom. (mm / pulg)	Diam. Int. (mm)	Caudal (m³/h)	Velocidad (m/s)	Cota del espejo de agua (m)	Cota Caseta Filtrado (m)	Longitud (m)	hc (m.c.a.)	P. Est. (m.c.a.)	P. Din. (m.c.a.)
10"	237,8	153	0,96	563	530	992	3,96	33,0	24,0
10"	237,8	147	0,92	563	530	1070	3,96	33,0	24,0
315mm	380,4	550	1,34	563	530	915	3,96	33,0	24,0
Total	850	m³/h				Presión en el punto A =	24	m.c.a	

Fuente: Elaboración propia.



Figura 4.2. Sistema de Filtrado actual.
Fuente: Foto tomada el 10/09/2011.

Para los cálculos siguientes se tomó como punto de referencia la salida del sistema de filtrado (Punto A en el Plano 5) con una presión de 24 m.c.a con un caudal de 240 m³/h en la nueva matriz.

4.2.1 Rutas del tendido de tuberías

El tendido de tuberías matrices se trazó con los siguientes criterios:

- Emplear el menor recorrido de tubería para reducir costos de materiales.
- Mantener, en lo posible, el signo de la pendiente, para evitar bolsas de aire que puedan perjudicar a la instalación creando mayores pérdidas de carga.
- Distribuir la red de manera que se pueda llevar el agua a los tres lotes a irrigar en los rangos operativos de presión y caudal.
- Ubicar un punto de regulación y control a la vez cerca al inicio de la tubería definiendo un punto de operación. Si fuese necesario se usara puntos de regulación adicionales con el fin de no encarecer los costos de algunos tramos.

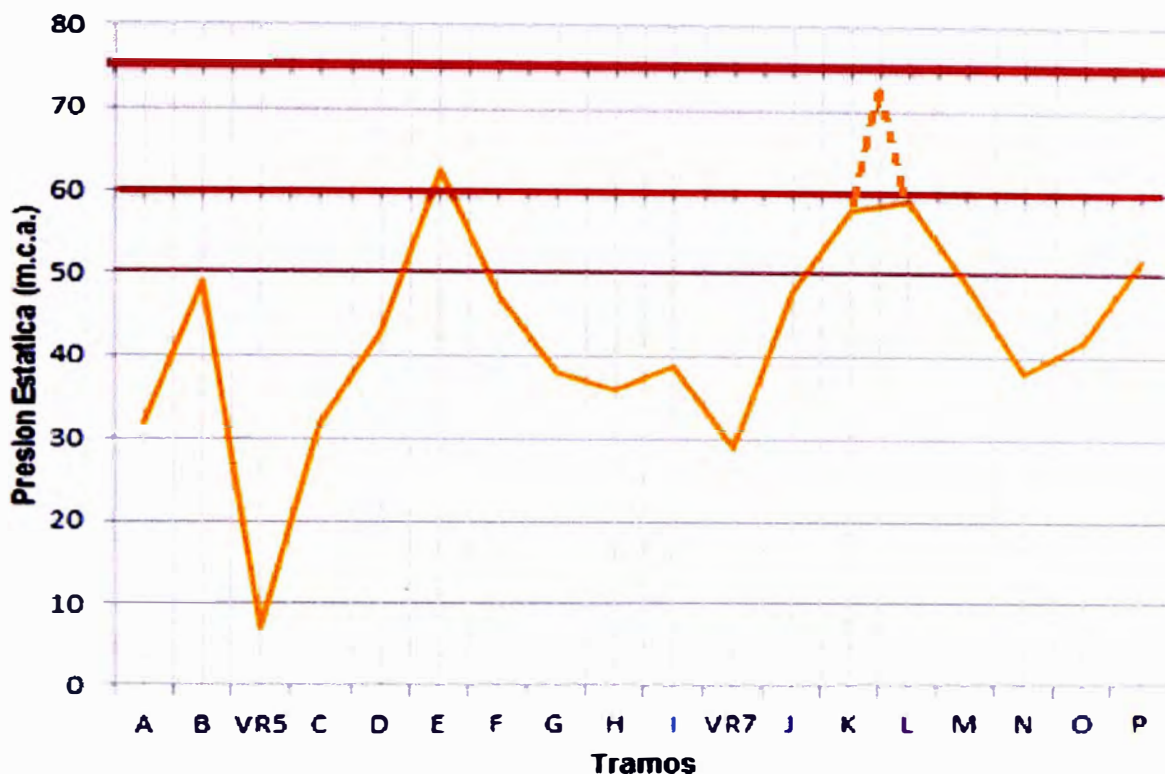
Basándose en estos criterios, se trazó la tubería matriz (Ver Plano 5), definiendo el primer tramo con tubería de clase cinco (C5) hasta un punto de regulación, un metro antes de exceder su presión recomendada por el fabricante y

se continuo usando la línea de presiones estáticas para los tramos considerados con los límites de clase de tuberías comerciales de PVC (Ver Anexo 4.1), luego en el Lote 1 se tomó otro punto de regulación antes del tramo que se dirige a la zona dos (Tramo KL), para evitar incluir tubos de clase diez (C10) que son demasiado costosos. Luego de ubicar los dos puntos de regulación estática y calibrarlos a siete y veintinueve m.c.a. respectivamente, se hizo una lista de las cotas y longitudes de cada tramo (Ver Cuadro 4.3) para obtener las presiones estáticas (Ver Gráfico 4.1).

Cuadro 4.3. Datos de los Tramos y Nodos definidos.

Tramo / Nodo	Cota / hp (m)	L. Tramo (m)	P Estática (m.c.a.)
CF / A	530		32,00
A-B	-17	713	49,00
VR-5 / B	513		7,00
B-C	-25	1016	32,00
C	488		32,00
C-D	-11	468	43,00
D	477		43,00
D-E	-19,5	1278	62,50
E	457,5		62,50
E-F	15	200	47,50
F	472,5		47,50
F-G	9,5	159	38,00
G	482		38,00
G-H	2	24	36,00
Zona 1 / H	484		36,00
H-I	-3	121	39,00
VR-7 / I	481		29,00
I-J	-19	250	48,00
J	462		48,00
J-K	-10	75	58,00
K	452		58,00
K-L	-1	208	59,00
L	451		59,00
L-M	10	119	49,00
M	461		49,00
M-N	11	130	38,00
Zona 2 / N	472		38,00
H-O	-6	1104	42,00
O	478		42,00
O-P	-10	704	52,00
Zona3 / P	468		52,00

Fuente: Elaboración Propia.

Grafico 4.1. Tramos vs Presión estática (m.c.a.).

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 Cálculo del diámetro

Para el cálculo del diámetro se consideraron dos criterios:

- El criterio del diámetro económico (Ver Anexo 4.2), es decir el mínimo diámetro que puede transportar el caudal del sistema (Q_{sistema}), consiguiendo las presiones de operación demandadas por cada subunidad y a la vez demande el menor costo de operación y mantenimiento.
- El otro criterio fue que la velocidad media del caudal del sistema este entre los valores de 1,5 y 2,0 m/s, para no dejar precipitar partículas sólidas que pueda llevar el agua de riego y a su vez evitar sobrepresiones al término del riego (Golpe de ariete).

Dado que la energía que emplea el sistema es potencial (Por variación de cotas), no se emplea ningún tipo de energía que demande algún costo por

generarla (Electricidad o combustible), entonces los costos de operación y mantenimiento quedaron reducidos a una cantidad no significativa respecto al costo de instalación, y además, considerando el segundo criterio de velocidad máxima, se seleccionó un diámetro de tubería de 250 mm (Ver cuadro 4.4).

Cuadro 4.4. Velocidades a diferentes diámetros para un caudal de 240 m³/h.

D. Nominal (mm)	D. Int. C5 (mm)	V (m/s)	D. Int. C7,5 (mm)	V (m/s)
200	190,2	2,35	185,4	2,47
250	237,8	1,50	231,8	1,58
315	299,6	0,95	292,2	0,99

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 Selección de tuberías, accesorios y materiales

Definido el valor del diámetro, se evaluó la presión dinámica usando la fórmula de Hazen-Williams (ecuación 27) con un C=150 para tubería recta (Tramo A-H) y C=135 para redes de tubería de (Tramo H-P), para un caudal mínimo de operación de 140 m³/h, por razones de seguridad ante alguna falla de control de apertura o cierre de válvulas en el sistema. Se consideró como márgenes de seguridad dar 1 m.c.a. de tolerancia al valor de presión estática y 3 m.c.a. al valor de presión dinámica, adicionalmente se evaluó el caudal del sistema (Q_{sistema}) afectado por un factor de gasto adicional del 5%, cuyo valor es 240 m³/h.

Para los puntos A (Cota 513) y B (Cota 530) con un coeficiente C=150 en la ecuación (27), diámetro de tubería de 250 mm y caudal de 240 m³/h se obtuvo la presión dinámica para este caudal de la siguiente manera:

$$hf = 1,21 * 10^{10} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} * (Di)^{-4.87} * L = 1,21 * 10^{10} * \left(\frac{240}{150}\right)^{1.852} * (237,8)^{-4.87} * 713$$

$$hf = 5,39 \cdot m.c.a.$$

$$h = h_p + hf = (513 - 530) + 5,39 = -11,61 \cdot m.c.a.$$

$$P_B = P_A - h = 24 - (-11,61) = \underline{35,61} \cong 36 \cdot m.c.a.$$

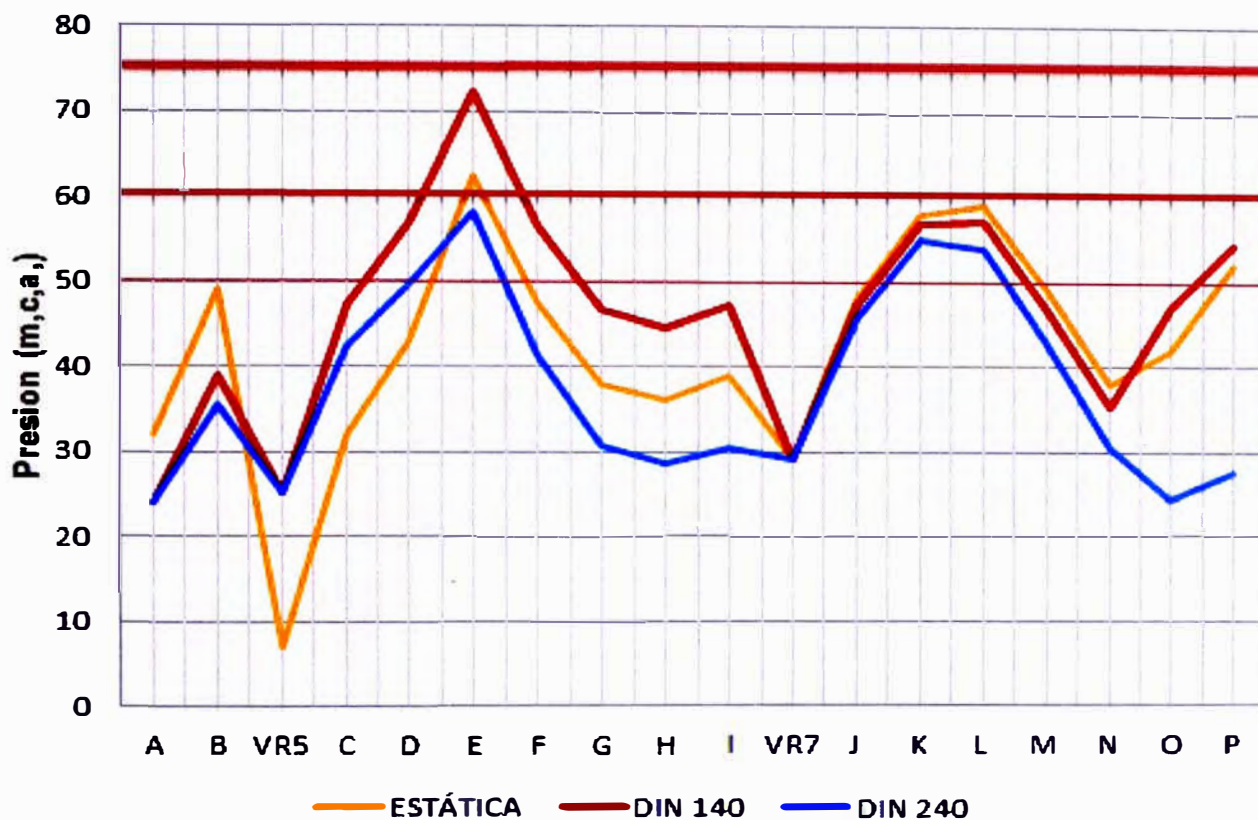
Replicando estos cálculos en todos los tramos para los caudales de 140 m³/h y 240 m³/h se elaboró el Cuadro 4.5 y la Gráfica 4.2 definiendo los puntos de regulación dinámicos de 25 y 29 m.c.a. a partir de estas, para obtener la clase de tubería de cada tramo basados en las medidas de la tabla de tuberías comerciales (Ver Anexo 4.1).

Cuadro 4.5. Datos de presiones en los puntos de referencia

PUNTO	COTA (m)	LONGITUD (m)	P. ESTÁTICA (m.c.a.)	P. DIN 140 (m.c.a.)	P. DIN 240 (m.c.a.)	CLASE
A	530	0	32	24	24	-
B	513	713	49	39	36	5
VR5	513	0	7	25	25	5
C	488	1016	32	47	42	5
D	477	468	43	57	50	6
E	457,5	1278	63	72	58	7,5
F	472,5	200	48	57	41	7,5
G	482	159	38	47	31	6
H	484	24	36	45	29	5
I	481	121	39	47	30	5
VR7	481	0	29	29	29	5
J	462	250	48	47	46	5
K	452	75	58	57	55	6
L	451	208	59	57	54	7,5
M	461	119	49	47	43	6
N	472	130	38	35	30	5
O	478	1104	42	47	24	5
P	468	704	52	54	28	6

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 4.2. Tramos vs Presión estática, Dinámica a 140m³/h y 240m³/h en m.c.a.



Fuente: Elaboración propia.

El Cuadro 4.6 muestra el metrado de tuberías de unión flexible (UF) por clase para la tubería aductora y los accesorios necesarios para su instalación:

Cuadro 4.6. Metrado de tubería de 315 mm UF y accesorios.

Tramo	L. Tramo (m)	Clase de tubería			Accesorios		
		5	7,5	Anillo	Unión	Curva	Angulo
RESERVORIO-FILTRADO	915	159	-	159	4	1	90°
	-	-	-	-	-	1	45°
	-	-	-	-	-	2	15°

Fuente: Elaboración propia.

El Cuadro 4.7 muestra el metrado de tuberías de unión flexible (UF) por clase para la tubería primaria o matriz y los accesorios necesarios para su instalación:

Cuadro 4.7. Metrado de tuberías de 250 mm UF por clase y accesorios.

Tramo	Longitud de Tramo (m)	Clase				Accesorios			
		5	6	7,5	Anillo	Unión	Tee	Curva	Ángulo
A-B	713	124	-	-	124	3		5	90°
B-C	1016	176	-	-	176	4		1	75°
C-D	468	-	81	-	81	2		1	71°
D-E	1278	-	-	221	221	5		2	65°
E-F	200	-	-	35	35	1		2	55°
F-G	159	-	28	-	28	1		1	49°
G-H	24	5	-	-	5	1	1	3	45°
H-I	121	21	-	-	21	1		1	36°
I-J	250	44	-	-	44	1		3	33°
J-K	75	-	13	-	13	1		5	30°
K-L	208	-	-	36	36	1		1	26°
L-M	119	-	21	-	21	1		5	22,5°
M-N	130	23	-	-	23	1	2	7	18°
H-O	1104	191	-	-	191	4		4	13°
O-P	704	-	122	-	122	3	1		
A-P	Total	584	265	292	1141	30	4	41	

Fuente: Elaboración propia.

Como materiales adicionales están incluidos:

- 2 galones de grasa lubricante
- 1 litro de pegamento de PVC
- 20 kg de yeso
- 8 bolsas de cemento
- 1 m³ de arena gruesa

4.3 Cálculo y selección del diámetro de tuberías secundarias

4.3.1 Rutas del tendido de tuberías

Para definir la ruta de tendido de los tramos de tubería secundaria se consideró como prioridad que suministre el agua de riego hasta las subunidades más alejados de la tubería matriz, manteniendo el espacio de caminos de 6 m y respetando el área ocupada por cada subunidad (Ver Plano 5).

4.3.2 Cálculo de diámetro

Este diámetro fue calculado agrupando óptimamente cada unidad de riego, es decir el diámetro mínimo que pueda hacer que el sistema cumpla con los requerimientos de presión y caudal requeridos por cada subunidad (Ver Anexo 4.6), para esto se utilizó la planilla de turnos de riego, desarrollada con el software MS EXCEL 2010, que calcula las presiones y caudales para cada unidad (Ver Anexo 4.4). El otro criterio para la agrupación de subunidades fue tratar de mantener las ocho unidades al valor del caudal del sistema (Q_{sistema}) que fueron definidos en el Cap. 3. El Cuadro 4.8 muestra la conformación de las unidades de riego.

Cuadro 4.8. Definición de las unidades de riego.

Grupo	Válvulas	Área (ha)	Caudal (m ³ /h)
G1	V-102 V-103, V-118	12,32	197,12
G2	V-101, V-107, V-109	12,87	205,92
G3	V-106, V-107, V-108, V-110	13,56	201,76
G4	V-104, V-119, V-121	12,46	190,72
G5	V-114, V-115, V-117	12,18	196,32
G6	V-116, V-120, V-122	13,52	212,48
G7	V-112, V-124, V-125	13,46	221,44
G8	V-111, V-126, V-127	11,62	217,12
G9	V-113, V-123, V-128	12,62	190,08

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3 Selección de tuberías, accesorios y materiales

La selección de las tuberías se realizó evaluando las presiones a la que están sometidos los tramos de tubería, para esto se verificó esta información en la planilla de turnos de riego (Ver anexo 4.4). El Cuadro 4.9 muestra el metrado de las tuberías y accesorios por diámetro y por clase requeridos para las tuberías secundarias.

Cuadro 4.9. Metrado de tuberías 110, 140, 160 y 250 mm UF por clase y accesorios.

Válvula	Longitud del Tramo (m)	Diámetro Nominal (mm)	Clase			Accesorios			
			5	7,5	Anillo	Unión	Te	Curva	Ángulo
101	0	-	-	-	2	0	1		
102	0	-	-	-	2	0	1		
103	0	-	-	-	2	0	1		
104	0	-	-	-	2	0	1		
105	45	200	8	-	12	1	1		
106	115	200	20	-	28	3	1		
107	110	160	-	19	27	3	1		
108	115	110	-	20	28	3	1		
109	0	-	-	-	2	0	1		
110	6	110	2	-	4	0		1	90°
111	0	-	-	-	2	0	1		
112	0	-	-	-	2	0	1		
113	0	-	-	-	2	0	1		
114	70	110	-	12	18	2	1		
115	90	160	16	-	22	2	1		
116	20	160	4	-	8	1	1		
117	108	160	19	-	27	3	1		
118	120	160	21	-	29	3	1		
119	227	200	40	-	54	6	1		
120	152	140	26	-	34	4			
121	65	140	-	12	18	2	1		
122	250	140	-	43	57	6	1		
123	624	140	-	107	141	16	1		
124	36	250	-	7	11	1	1		
125	255	250	45	-	59	6	1		
126	255	200	44	-	58	6	1		
127	228	160	40	-	54	6	1		
128	233	160	40	-	54	6	1		

Fuente: Elaboración propia.

Como materiales adicionales están incluidos:

- 3 galones de grasa lubricante
- 2 litros de pegamento de PVC
- 30 kg de yeso
- 10 bolsas de cemento

4 m³ de arena gruesa

2 m³ de arena fina

4.4 Cálculo y selección de los laterales de riego

Los cálculos se realizaron después de la prueba de bulbo húmedo revisada en el Cap.3. En esta parte se comprobó que usando una manguera con caudal de gotero de 2 l/h y 0,5 m de espaciamiento entre goteros se logra generar la humedad en el suelo requerida por el cultivo sin generar pérdidas por evaporación o escorrentía superficial.

4.4.1 Rutas del tendido

Estas se hicieron de acuerdo a la dirección de las filas de plantas de cada subunidad, que fueron ordenados lo más perpendicularmente a los caminos principales y a la dirección del portalateral, para mejor distribución de presiones y comodidad de instalación (Ver Figura 4.3).



Figura 4.3. Distribución de laterales.
Fuente: Foto tomada el 25/09/2011.

4.4.2 Cálculo de diámetro y longitud crítica

Los diámetros considerados del portalateral fueron de 63 mm, 90 mm y 110 mm, todos estos fueron calculados mediante la planilla electrónica desarrollada con el software MS EXCEL 2010 (Ver Anexo 4.6). Con respecto al lateral se eligió el diámetro de 16 mm, debido que con este diámetro y el tipo de manguera con gotero

seleccionado se puede llegar a una longitud máxima de 230 m en suelo plano (Longitud crítica), sin salir del rango de la presión recomendada por el fabricante que varía desde 5 a 25 m.c.a. Figura 4.4 se utilizó el programa HIDROCALC de NETAFIM para hallar la longitud crítica.

NETAFIM Linea de Emisores-Datos

Topografía: Fija Pendier: 0 No uniforme-cambiante

Emisor: Drip Line Tipo: DRIPNET PC 16250

Retrolavado: Espacio de los Emis.: 0.5 m Velocidad: m/s

Material-Tubos: Grado-Presion: Caudal l/h: 2.00 Presion m: Cabezal: 24.26

Tipo-Tubo	Diam.Interno mm	KD	Exponent	K	Largo-Segmento m	Perdidas-Presion m	Presion m	Velocidad m/s
	15.4	0.4	0	2	230	19.26	24.26	1.37

Metodo de Calculo: Largo-Linea de Emisores

Total de Emisores	Largo Total m	Perdidas-Presion-Acum m	Final
460	230	19.26	5

Figura 4.4. Cálculo de la longitud crítica de la manguera DRIPNET PC 16250.
Fuente: Captura de pantalla del HIDROCALC

Con este lateral se tiene un caudal de 16 m³/h por hectárea (Usando el marco de plantación de 5x2 y a doble lateral por línea de plantación), dando para una subunidad de riego de gran tamaño (5 ha) un total de 80 m³/h, que es un caudal de operación recomendado para válvulas hidráulicas de 3".

El Cuadro 4.10 muestra los requerimientos de presión y caudal demandados por las válvulas de cada subunidad de riego calculados en el Anexo 4.6.

Cuadro 4.10. Condiciones de operación de cada subunidad.

Válvula	Área (ha)	No. de plantas	Caudal (m ³ /h)	Presión (m.c.a.)
V-101	3,86	3.860	61,76	22,00
V-102	4,19	4.190	67,04	19,00
V-103	4,06	4.060	64,96	20,00
V-104	2,84	2.840	45,44	21,50
V-105	3,84	3.840	61,44	24,00
V-106	3,85	3.850	61,60	22,00
V-107	3,87	3.870	61,92	23,50
V-108	3,72	3.720	59,52	24,00
V-109	5,14	5.140	82,24	20,00
V-110	2,12	2.120	33,92	21,00
V-111	2,21	2.210	35,36	12,00
V-112	4,68	4.680	74,88	23,00
V-113	5,36	5.360	85,76	21,00
V-114	3,66	3.660	58,56	16,00
V-115	4,37	4.370	69,92	22,00
V-116	3,92	3.920	62,72	20,00
V-117	4,15	4.150	66,40	18,00
V-118	4,07	4.070	65,12	20,00
V-119	4,78	4.780	76,48	24,00
V-120	4,46	4.460	71,36	11,00
V-121	4,84	4.840	77,44	18,00
V-122	5,14	5.140	82,24	12,00
V-123	4,33	4.330	69,28	21,00
V-124	4,34	4.340	69,44	21,00
V-125	4,44	4.440	71,04	20,00
V-126	4,61	4.610	73,76	17,00
V-127	4,80	4.800	76,80	19,00
V-128	2,93	2.930	46,88	14,00
Total	115	114580		

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3 Selección de mangueras y accesorios

La manguera de goteo seleccionada fue la DRIPNET PC 16250 de 16 mm, gotero insertado con caudal 2 l/h y espaciamiento entre goteros 0,5 m de la marca NETAFIM, por ser de presión compensada no hay variación de caudal para presiones mayores a 5 m.c.a, que es fundamental en lugares donde hay variaciones de desnivel por encima de 3 m, como en el caso de las subunidades diseñadas y presenta menores pérdidas de carga respecto a otras de igual caudal

por metro. Las pérdidas de presión por longitud del lateral se hallaron con el software HIDROCALC de NETAFIM (Ver Anexo 4.5). El Cuadro 4.11 muestra el metrado del lateral y accesorios.

Cuadro 4.11. Metrado de laterales y accesorios.

Válvula	Área (ha)	No. de plantas	Longitud manguera (m)	Número de líneas	Conector inicial + jebe	Conector de unión	Ochos para finales
V-101	3,86	3.860	15440	92	92	46	92
V-102	4,19	4.190	16760	92	92	46	92
V-103	4,06	4.060	16240	92	92	46	92
V-104	2,84	2.840	11360	76	76	38	76
V-105	3,84	3.840	15360	92	92	46	92
V-106	3,85	3.850	15400	92	92	46	92
V-107	3,87	3.870	15480	92	92	46	92
V-108	3,72	3.720	14880	88	88	44	88
V-109	5,14	5.140	20560	204	204	102	204
V-110	2,12	2.120	8480	78	78	39	78
V-111	2,21	2.210	8840	80	80	40	80
V-112	4,68	4.680	18720	104	104	52	104
V-113	5,36	5.360	21440	128	128	54	128
V-114	3,66	3.660	14640	148	148	74	148
V-115	4,37	4.370	17480	92	92	46	92
V-116	3,92	3.920	15680	92	92	46	92
V-117	4,15	4.150	16600	96	96	46	96
V-118	4,07	4.070	16280	92	92	46	92
V-119	4,78	4.780	19120	224	224	112	224
V-120	4,46	4.460	17840	192	192	96	192
V-121	4,84	4.840	19360	144	144	72	144
V-122	5,14	5.140	20560	212	212	106	212
V-123	4,33	4.330	17320	146	146	73	146
V-124	4,34	4.340	17360	130	130	65	130
V-125	4,44	4.440	17760	172	172	86	172
V-126	4,61	4.610	18440	188	188	94	188
V-127	4,80	4.800	19200	188	188	94	188
V-128	2,93	2.930	11720	130	130	65	130
Total	115	114580	475640	6928	6928	3464	6928

Fuente: Elaboración propia.

El Cuadro 4.12 muestra el metrado de las tuberías terciarias de cada subunidad de riego, en este caso por tratarse de presión regulada a condiciones de operación de los laterales, se usan sólo tuberías de clase cinco (C5) y para los arcos de riego (Conjunto de componentes que suministran el agua a las

subunidades desde la tubería secundaria hacia la terciaria, con una presión regulada) se usa tuberías de clase 10, debido a estar expuestos al ambiente.

Cuadro 4.12. Metrado de portlaterales por diámetro y por clase.

V	63 mm		90 mm		110 mm		140 mm	
	C5	C10	C5	C10	C5	C10	C5	C10
101	38	0	0	1	0	0	0	1
102	38	0	0	1	0	0	0	1
103	38	0	0	1	0	0	0	1
104	49	0	0	1	0	0	0	0
105	38	0	0	1	0	0	0	1
106	38	0	0	2	0	0	0	1
107	38	0	0	1	0	0	0	1
108	27	0	10	1	0	0	0	0
109	60	0	22	0	5	5	0	2
110	30	0	11	2	0	0	0	0
111	43	1	0	1	0	0	0	0
112	43	0	0	1	0	0	0	1
113	45	0	0	1	5	5	0	1
114	50	0	13	0	0	0	0	0
115	38	0	0	1	0	0	0	1
116	11	0	0	1	0	0	0	1
117	41	0	0	1	0	0	0	1
118	56	0	0	2	0	0	0	1
119	51	0	8	1	41	41	0	1
120	67	0	28	1	0	0	0	2
121	76	0	5	0	0	0	0	1
122	91	0	15	0	0	0	0	1
123	48	0	14	2	0	0	0	1
124	108	0	11	1	0	0	0	1
125	46	0	26	1	0	0	0	1
126	58	0	58	0	1	1	0	1
127	51	0	33	0	3	3	0	1
128	52	0	12	1	0	0	0	0
Total	1369	1	266	26	55	55	0	24

Fuente: Elaboración propia.

Los Cuadros 4.13, 4.14 y 4.15 muestran los accesorios necesitados para la tubería secundaria:

Cuadro 4.13. Anillos de jebe y uniones KM en mm.

DN (mm)	Accesorios	
	Anillo	Unión KM
63	1440	35
90	308	8
110	116	3
140	26	1

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4.14. Metrado de Tees KM SP KM en mm.

Tee	Tee	Tee	Tee	Tee	Tee	Tee	Tee	Tee
SP	140	140	110	110	110	90	90	63
KM-KM	110-110	90-90	110-110	90-90	63-63	90-90	63-63	63-63
101		1					1	
102		1					1	
103		1					1	
104				1			1	
105		1					1	
106		1					1	
107		1					1	
108				1		1		
109	1			1		1		
110								
111							1	1
112		1					1	
113		1					1	
114			1		1			
115		1					1	
116		1					1	
117		1					1	
118		1					1	
119		1				1		
120		1				1		
121	1			1				
122	1				1			
123		1					1	
124		1				1		
125		1				1		
126	1			1				
127	1			1				
128			1					
Total	5	17	2	6	2	6	15	1

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4.15. Reducciones KM SP y Curvas SP ESP en mm.

Red.	Red.	Red.	Curva	Curva	Curva	Curva
KM	110	90	140	110	90	63
SP	90	63	90°	90°	90°	90°
101		2	3			4
102		2	3			4
103		2	3			4
104		2		3		4
105		2	3			4
106		2	3			4
107		2	3			4
108		4		3		4
109	2	4	3			4
110	1	1		3		2
111						7
112		2	3			4
113		2	3			4
114	2	2		3		4
115		2	3			4
116		2	3			4
117		2	3			4
118		2	3			4
119		4	3			4
120		4	3			4
121	2	4	3			4
122		2	3			4
123		2	3			4
124		4	3			4
125		4	3			4
126	2	4	3			4
127	2	4	3			4
128	2	2		3	1	4
Total	13	71	66	15	1	113

Fuente: Elaboración propia.

4.5 Selección de válvulas hidráulicas

La selección se basó en dos criterios:

- La necesidad de controlar la apertura, cierre, regulación y control de estas, al inicio y término del respectivo turno de riego de cada unidad y subunidad.
- Tener el menor diámetro posible para operar los caudales de riego con la menor pérdida de carga posible.

4.5.1 Tipos de válvulas

De 2.1.2.5: Existen distintos tipos de válvulas usadas en riego tecnificado:

Válvula piloto: Controla la función de una válvula hidráulica. Posee un tornillo de regulación de presión de operación. Existen pilotos de dos y tres vías.

Válvulas de Tres vías: Permite al operador escoger una de tres opciones de mando hidráulico (OPEN, CLOSE y AUTO) que llega a la salida común, donde normalmente está conectada con la válvula hidráulica de control.

Válvulas de aire (Ventosas): Estas válvulas cumplen tres funciones:

Permiten la salida del aire fuera de la tubería cuando ésta se está llenando.

Purga del aire que se acumula en la tubería cuando está presurizada y durante todo el tiempo que se encuentra bajo presión.

Ventila las tuberías cuando éstas se están vaciando.

Válvula de Alivio: Protege toda la instalación contra la sobrepresión, realizando una acción instantánea de descarga mantiene la presión máxima determinada.

Válvula hidráulica: Es un término general para todo tipo de válvula que actúa según mando hidráulico sobre su diafragma, que a su vez forma una cámara de presión. Sobre este concepto de válvula básica se aplica múltiples funciones mediante distintos pilotos o accesorios de control. Detallamos algunas de las más importantes aplicaciones:

Válvula de Retención: Más conocida como válvula "Check". Cierra cuando el flujo de agua tiende a invertirse.

Válvula Sostenedora: Regula una presión mínima a la entrada de la válvula = "Aguas Arriba".

Válvula Reguladora: Regula una presión máxima en la salida de la válvula = “Aguas Abajo”.

4.5.2 Selección

En los arcos principales que pertenecen a la tubería matriz (Ver Figura 4.5), se seleccionó la válvula reguladora de ocho pulgadas modelo 67 – 8” – BS 10 marca Dorot (Ver Anexo 4.8), debido a la necesidad de tener un punto principal de control y regulación (VR5), y un segundo punto sólo de regulación (VR7) determinados por los cálculos realizados para la tubería matriz y el caudal del sistema (Q_{sistema}). Se incluyeron en la selección minipilotos de tres vías modelo 29-100 marca Dorot (Ver Anexo 4.9) para regulación en modo de operación dinámico y estático mediante la activación de un relé hidráulico modelo Galit de marca Dorot (Ver Anexo 4.10), una válvula de alivio de dos pulgadas modelo 53 QR -2” – NPT marca Dorot (Ver Anexo 4.11), y una ventosa D-040 de dos pulgadas de doble efecto (Ingreso de aire en el vaciado de la tubería y expulsión durante el llenado) marca A.R.I. (Ver Anexo 4.12), estas dos últimas se ubicaron en varios tramos de la línea (Ver Cuadro 4.16)



Figura 4.5. Válvula reguladora, con todos sus componentes de apoyo.
Fuente: Foto tomada el 10/09/2011

El sistema de tuberías fue diseñado para soportar un mínimo de 140 m³/h en modo dinámico, cubriendo así las sobrepresiones por cambio de turnos de unidades de riego, sin embargo cuando hay un cierre total del sistema este quedaría expuesto a sobrepresiones, por ese motivo se ubicaron válvulas de rápido alivio en los puntos críticos (Puntos de cierre y puntos de alta presión de operación).

Cuadro 4.16. Válvulas de control usadas en el proyecto.

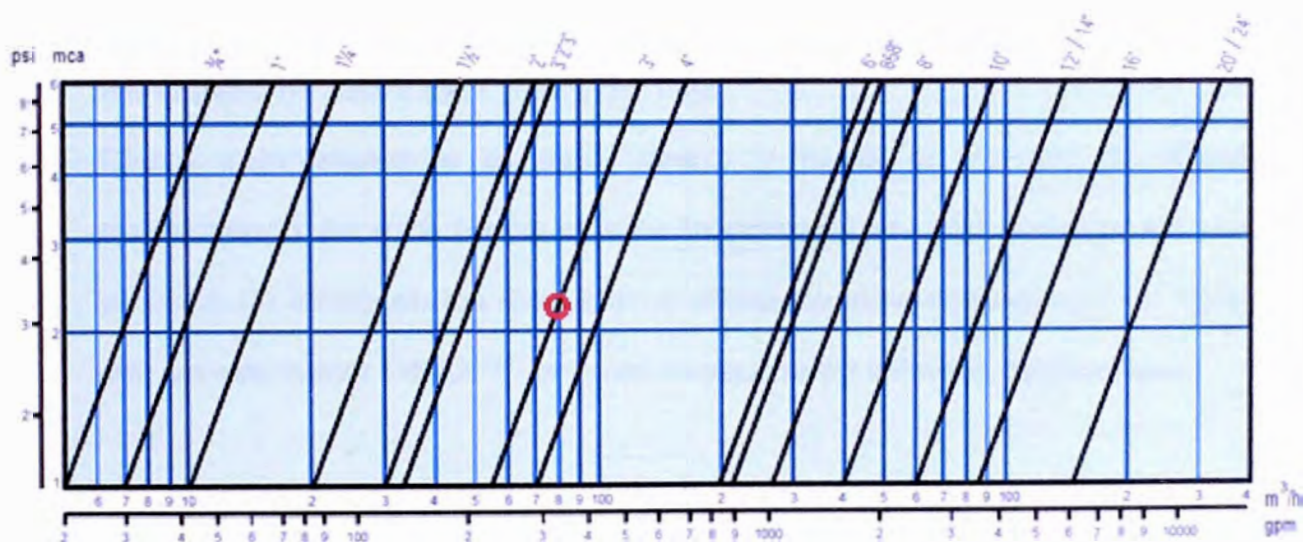
Tramo	Longitud (m)	Válvula reguladora 8"	Ventosa 2"	Válvula alivio 2"	Válvula mariposa 10"	Válvula check 8"	Mini piloto	Relé hidráulico
Aductor	915	-	1	-	1	-		
Filtrado	0	-	1	-	1	-		
A-B	713	-	-	-	-	-		
VR5	0	1	1	1	-	-	2	1
B-C	1016	-	-	-	-	-		
C-D	468	-	1	1	1	-		
D-E	1278	-	-	-	-	-		
E-F	200	-	1	-	1	-		
F-G	159	-	-	1	-	1		
G-H	24	-	1	-	-	-		
H-I	121	-	-	-	-	-		
VR7	0	1	1	1	-	-	1	
I-J	250	-	-	-	-	-		
J-K	75	-	1	-	-	-		
K-L	208	-	-	-	1	-		
L-M	119	-	1	-	-	-		
M-N	130	-	-	1	-	-		
H-O	1104	-	1	-	-	-		
O-P	704	-	1	1	1	1		
A-P	Total	2	10	6	4	2	3	1

Fuente: Elaboración propia.

Para los arcos de riego de las subunidades de riego, se seleccionó las válvulas hidráulicas de tres pulgadas modelo 84 - 3" - NTP de tipo angular de marca

Dorot (Ver Anexo 4.8), debido a que estas poseen para el caudal máximo demandado por una subunidad de $80\text{m}^3/\text{h}$ (5 ha) una pérdida de carga menor a 2,5 m.c.a. y para un caudal de $32\text{m}^3/\text{h}$ (2 ha) una pérdida de carga menor a 1 m.c.a., que son menores respecto a otros tipos de válvulas (Ver Gráfico 4.3). Además se incluyen en el conjunto de regulación, el minipiloto de regulación de presión modelo 29-100 de marca Dorot, y la válvula de mando de tres vías marca Dorot (Ver. Figura 4.3).

Gráfico 4.3. Caudal en m^3/h vs caída de presión en m.c.a y psi. para distintos diámetros.



Fuente: NETAFIM



Figura 4.6. Válvula hidráulica de riego con sus componentes.

Fuente: Foto tomada el 10/09/2011

4.5.3 Calibración y puesta en operación

Para la calibración de válvulas hidráulicas es necesario conocer el Sistema de control de 3 vías. La válvula principal se controla manualmente, eléctricamente o según selector activado a presión, el cual:

1. Introduce la presión de “aguas arriba” o de una fuente externa de presión hacia la cámara de mando de la válvula, presionando de esta forma el diafragma de la válvula hacia abajo.
2. Abre la válvula aliviando la presión en la cámara de mando y permitiendo que la presión interna de la línea empuje el diafragma hacia arriba, creando así el paso no restringido y libre del flujo.
3. Cierra completamente el paso desde y hacia la cámara de mando, manteniendo de esta forma la válvula principal en una posición fija. Esta posición no existe en los dispositivos utilizados para aplicaciones de control con un interruptor ON/OFF, pero es necesaria en válvulas de regulación.

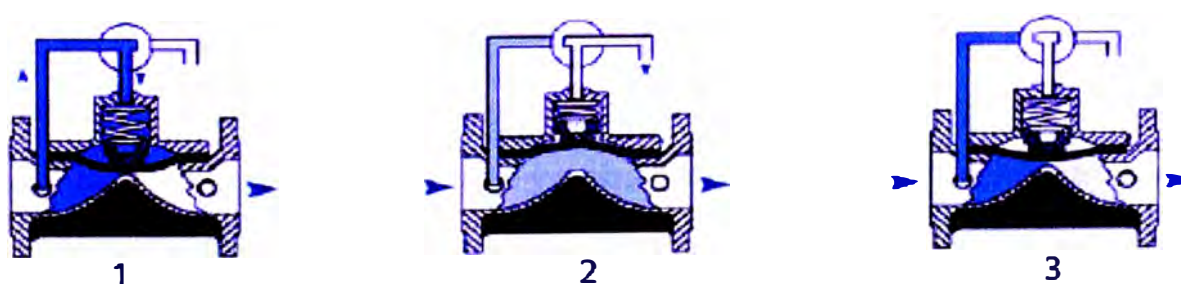


Figura 4.7. Etapas de funcionamiento de una Válvula hidráulica regulable.
Fuente: NETAFIM

4.5.3.1 Calibración de válvulas reguladoras VR5 y VR7

Según los cálculos realizados para el cálculo de la tubería matriz se encontró la necesidad de regular dos puntos en la línea, por razones de exceso de presión, ya sea en plena ejecución de los turnos de riego de las unidades (Modo

dinámico) o cuando el sistema no está regando (Modo estático). El Cuadro 4.17 muestra la presión en modo estático y dinámico para el caudal del sistema (Q_{sistema}) sin regulación (B y R) y regulada (VR5 y VR7).

Cuadro 4.17. Valores de regulación en cada válvula.

Punto	Cota	Presión Estática (m.c.a.)	Presión Dinámica (m.c.a.)
B	513	49	36
VR5	513	7	25
I	481	39	30
VR7	481	29	29

Fuente: Elaboración propia.

Para calibrar VR5 se tuvo que configurar un subsistema de control comandado por el controlador de fertirriego (DREAM) que tiene la opción de manejar válvulas principales y activarlas cuando se ejecuta la operación de una unidad de riego. Una vez configurada esta señal de control, se manda esta señal a un relé hidráulico para que active mediante una de sus dos salidas la opción de modo dinámico (Cuando el sistema está regando la plantación), esta señal va hacia un minipiloto de 3 vías que fue calibrado con ayuda de un manómetro realizando el ajuste de su tornillo de $\frac{1}{4}$ " a la presión de 25 m.c.a., que es la presión que finalmente mantiene la válvula reguladora de presión, para la opción estática se toma la otra salida del relé hidráulico y luego el procedimiento es similar al de modo dinámico, excepto que se calibró a 7 m.c.a. La Figura 4.7 muestra la secuencia de configuración del subsistema de control.

Para la calibración de la VR7, no se tomaron en cuenta los pasos de definición de "Satélite" y uso de relé hidráulico, debido a que necesita la misma presión regulada en modo estático y dinámico. Sólo se utilizó un minipiloto de tres vías que se calibró a 29 m.c.a. para modo estático y dinámico.

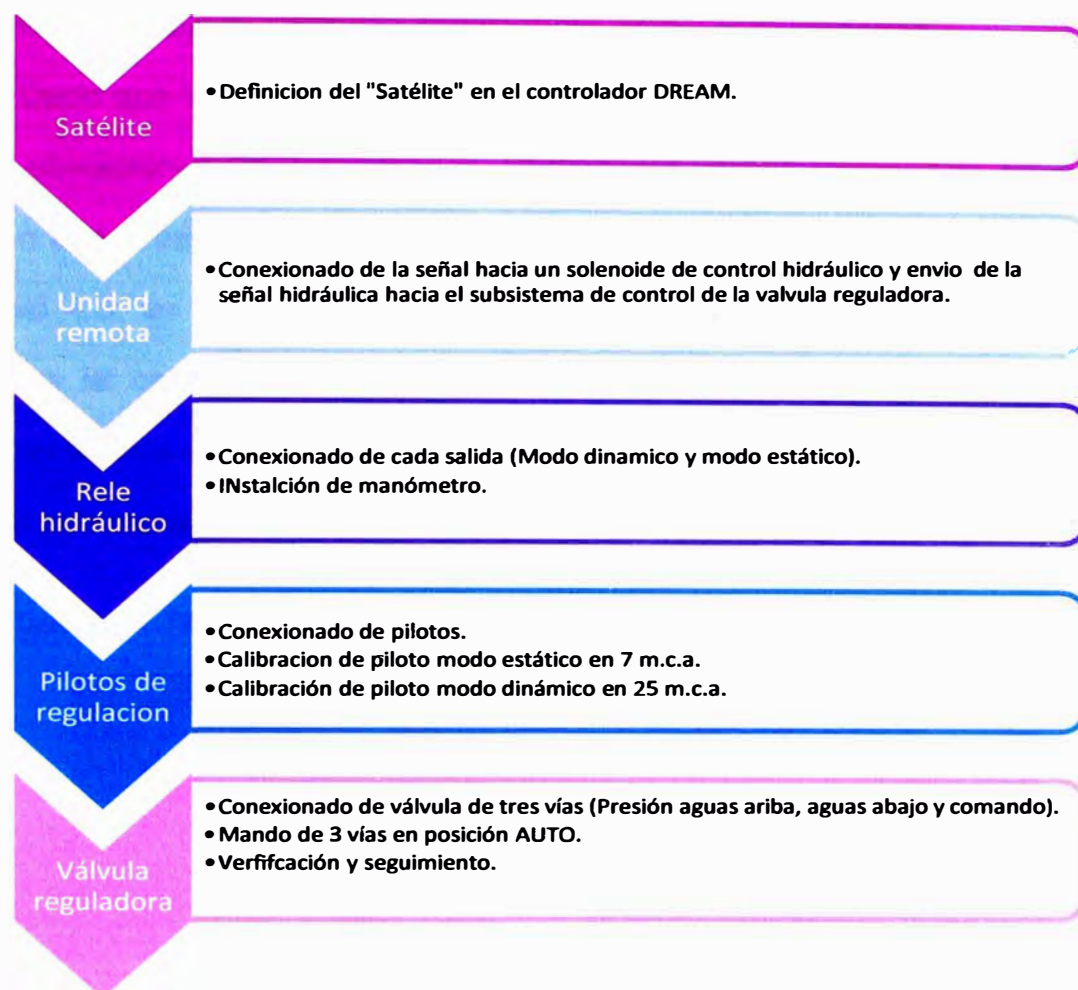


Figura 4.7. Secuencia de configuración de la válvula reguladora VR5.
Fuente: Elaboración propia.

4.5.3.2 Calibración de válvulas de rápido alivio

Estas fueron calibradas hasta la presión nominal de trabajo de cada tipo de tubería, compensando así la seguridad de la instalación (Ver cuadro 4.18).

Cuadro 4.18. Calibración a las condiciones de operación de la clase de tubería.

Ubicación	Clase Tubería	Presión calibrada (m.c.a.)
VR5	0	50
D	468	60
G	159	75
VR7	0	50
N	130	50
P	704	60

Fuente: Elaboración propia.

4.5.3.2 Calibración de válvulas hidráulicas de las subunidades

Dado que las presiones calculadas en la línea matriz y tuberías secundarias en las ubicaciones de las válvulas (Calculadas en el anexo 4.4) normalmente exceden a la presiones de operación calculadas para las subunidades de riego en el Anexo 4.6, se efectuó por seguridad de los laterales y la tubería portalateral instaladas la calibración de estas válvulas mediante el ajuste del perno de la minipiloto de tres vías que posee cada válvula hidráulica a los valores de operación de cada subunidad (Ver cuadro 4.19).

Cuadro 4.19. Calibración a las condiciones de operación de cada subunidad.

Lote	Válvula	Área (ha)	No. de plantas	Caudal (m ³ /h)	Presión no regulada (m.c.a.)	Presión regulada (m.c.a.)
Lote 1	V-101	3,86	3.860	61,76	27,0	22,0
	V-102	4,19	4.190	67,04	32,5	19,0
	V-103	4,06	4.060	64,96	39,1	20,0
	V-104	2,84	2.840	45,44	47,6	21,5
	V-105	3,84	3.840	61,44	35,6	24,0
	V-106	3,85	3.850	61,60	34,7	22,0
	V-107	3,87	3.870	61,92	37,5	23,5
	V-108	3,72	3.720	59,52	38,6	24,0
	V-109	5,14	5.140	82,24	20,7	20,0
	V-110	2,12	2.120	33,92	32,4	21,0
	V-111	2,21	2.210	35,36	18,7	12,0
	V-112	4,68	4.680	74,88	26,6	23,0
	V-113	5,36	5.360	85,76	23,0	21,0
Lote 2	V-114	3,66	3.660	58,56	41,8	16,0
	V-115	4,37	4.370	69,92	38,9	22,0
	V-116	3,92	3.920	62,72	30,1	20,0
	V-117	4,15	4.150	66,40	21,8	18,0
	V-118	4,07	4.070	65,12	20,7	20,0
	V-119	4,78	4.780	76,48	37,2	24,0
	V-120	4,46	4.460	71,36	34,5	11,0
	V-121	4,84	4.840	77,44	42,3	18,0
	V-122	5,14	5.140	82,24	45,7	12,0
	V-123	4,33	4.330	69,28	31,0	21,0
Lote 3	V-124	4,34	4.340	69,44	38,5	21,0
	V-125	4,44	4.440	71,04	29,3	20,0
	V-126	4,61	4.610	73,76	18,0	17,0
	V-127	4,80	4.800	76,80	19,4	19,0
	V-128	2,93	2.930	46,88	16,1	14,0

Fuente: Elaboración propia.

4.6 Cálculo y selección del sistema de fertilización

Dado que el sistema de riego anterior al proyecto tenía instalado un sistema de fertiducto para la inyección de fertilizantes diluidos con una tubería de polietileno de alta densidad (HDPE), que inyectaba fertilizantes en las líneas matrices de Paltos y Cítricos, se evaluó y se comprobó la utilización de estas líneas de fertilización para inyectar el fertilizante al agua de riego sin tener que depender de alguna fuente de energía artificial generada (Combustible o electricidad).

4.6.1 Rutas del tendido de líneas de fertilización

Las líneas del fertiducto ya llevan una ruta definida, lo que se planteó fue prolongar la línea hacia el punto más conveniente sobre la tubería matriz con el fin de poder realizar la inyección de fertilizantes, para lograr este fin se realizó el trazo siguiendo un camino principal que lleva la línea de fertiducto 20 m antes del inicio de las unidades de riego del lote 1 (Ver Plano 5).

4.6.2 Cálculo de diámetro y longitud de las líneas

Se efectuó el cálculo hidráulico con la ecuación de Hazen Williams (Ecuación 27) a las líneas de fertiducto modificadas con el fin de poder conseguir una presión mínima de inyección de 5 m.c.a

$$h_f = 1,21 * 10^{10} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} * (Di)^{-4.87} * L = 1,21 * 10^{10} * \left(\frac{4}{140}\right)^{1.852} * (56)^{-4.87} * 1016$$

$$h_f = 5,31 \cdot m.c.a.$$

Con la ayuda de una planilla electrónica realizada con el software MS EXCEL se replicaron las ecuaciones para todos los tramos y se obtuvo los resultados mostrados en el Cuadro 4.20.

Cuadro 4.20. Verificación de inyección mediante la ecuación de Hazen Williams,

Cálculo de pérdidas de presión en las líneas del fertiducto por el método de Hazen-Williams										
Consideración:		Vmax	2	m/s	Fs	1,05				
Punto	Diam Int. (mm)	Caudal (m ³ /h)	Vel. (m/s)	Cota	Long. (m)	hf (m.c.a.)	Hf (m.c.a.)	P. Est. (m.c.a.)	P. Din (m.c.a.)	P. Riego Máx (m.c.a.)
Línea 1										
SP				563						
INY 1	56	4	0,45	528,5	1060	5,31	5,31	34,5	29,2	24
C1	56	3,2	0,36	510	713	2,36	7,67	53,0	45,3	
C2	44,4	3,2	0,57	495	594	6,09	13,76	68,0	54,2	
C3	42,8	3,2	0,62	470	1069	13,12	26,88	93,0	66,1	
INY 2	40,8	3,2	0,68	460	765	11,85	38,73	103,0	64,3	31
INY 3	40,8	1,1	0,23	482	781	1,67	40,40	81,0	40,6	35,4
Línea 2 y 3										
SP				563						
INY 1	45,4	2,25	0,39	528,5	1060	5,08	5,08	34,5	29,4	24
C1	26,4	1	0,51	510	713	10,68	15,76	53,0	37,2	
C2	35,6	1	0,28	495	594	2,07	17,83	68,0	50,2	
C3	34,2	1	0,30	470	1069	4,54	22,37	93,0	70,6	
INY 2	26	1	0,52	460	765	12,34	34,71	103,0	68,3	31
INY 3	20,4	0,35	0,30	482	781	5,88	40,59	81,0	40,4	35,4
Línea 4 y 5										
SP				563						
INY 1	29,2	0,74	0,31	528,5	1060	5,56	5,56	34,5	28,9	24
C1	29,2	0,64	0,27	510	713	2,86	8,42	53,0	44,6	
C2	28,4	0,64	0,28	495	594	2,73	11,15	68,0	56,9	
C3	27,4	0,64	0,30	470	1069	5,84	16,99	93,0	76,0	
INY 2	26	0,64	0,33	460	765	5,40	22,39	103,0	80,6	31
INY 3	20,4	0,64	0,54	482	781	17,97	40,36	81,0	40,6	35,4

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4.21. Significado de abreviaturas,

Abreviaturas de los puntos importantes del fertiducto	
SP	Sala de preparación de fertilizantes
INY 1	Punto de inyección en matriz 1
C1	Primer cambio de clase de tubería
C2	Segundo cambio de clase de tubería
C3	Tercer cambio de clase de tubería
INY 2	Punto de inyección en matriz 2
INY 3	Punto de inyección en matriz 3

Fuente: Elaboración propia.

4.6.3 Selección de tuberías y accesorios.

Luego de verificar los diámetros de tubería de HDPE (50mm y 25mm) se halló la clase de la tubería con el criterio que debido a que estas líneas no llevan algún sistema de alivio de presiones, se dio un margen de seguridad de 15 m.c.a. como mínimo, quedando definido el requerimiento de materiales en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Requerimiento de materiales

Abreviaturas de los puntos importantes del fertiducto	
Línea 1	Tubería de HDPE 50mm C12.5 - 781 m
Línea 2	Tubería de HDPE 25mm C12.5 - 781 m
Línea 3	Tubería de HDPE 25mm C12.5 - 781 m
Línea 4	Tubería de HDPE 25mm C12.5 - 781 m
Línea 5	Tubería de HDPE 25mm C12.5 - 781 m
Unión	18 Uniones HDPE 50mm
Unión	12 Uniones HDPE 25mm
Juego de accesorios	5 Llaves de globo, y filtros MESH 120

Fuente: Elaboración propia.

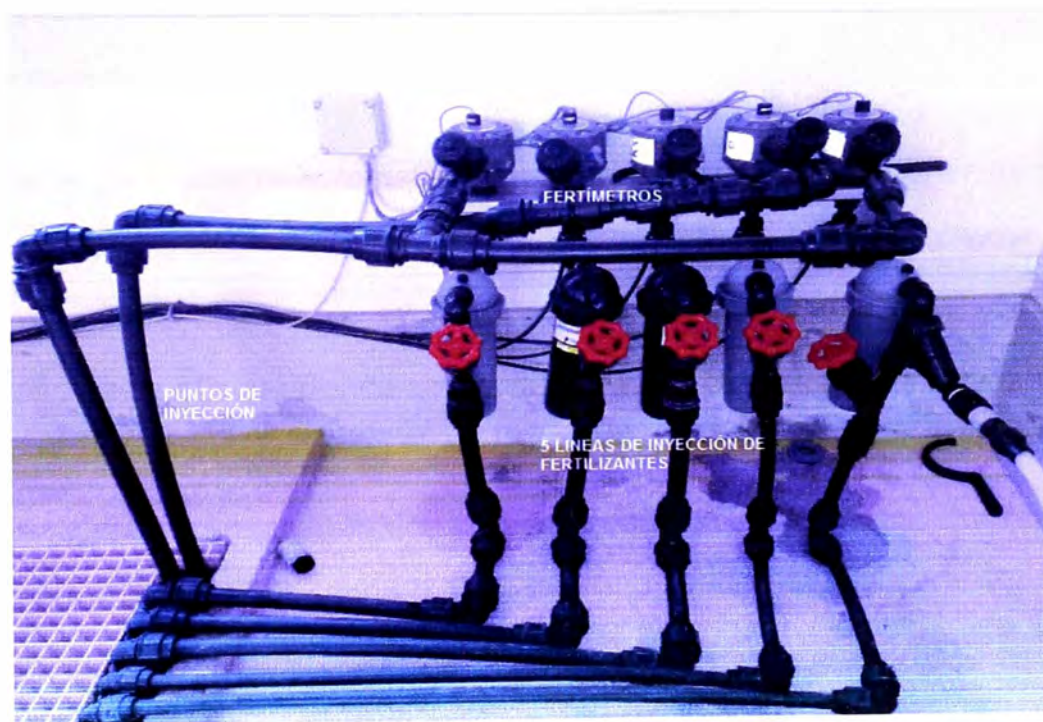


Figura 4.8. Conjunto de elementos que automatizan la fertilización mediante fertiducto.

Fuente: Foto tomada 18/09/11

.4.7 Cálculo, selección y configuración de la comunicación remota

De 2.1.2: Para automatizar el riego se necesita de un controlador de riego que pueda realizar el riego de las unidades de riego del sistema por turnos, ya sea por tiempo o por volumen y la inyección de fertilizantes ya sea por concentración, tiempo, proporcional o por volumen.

Para el proyecto se consideró el controlador modelo DREAM de marca TALGIL que ya había estado instalado en el fundo controlando el fertirriego de paltos y cítricos. El DREAM manejaba antes del proyecto unas 53 válvulas en Paltos y 22 válvulas en cítricos, con dos líneas de matrices independientes, teniendo disponible dos líneas de control (De 99 válvulas cada una) sin utilizar, entonces, se consideró esto para controlar las 28 válvulas y un satélite requeridos en el proyecto con una de las líneas de control disponibles. Dado que el DREAM tiene un límite de 250 válvulas controladas simultáneamente (Ver Anexo 4.13), se verificó que no sean superadas por las 103 que quedaron instaladas considerando las del proyecto.

Antes de iniciar la automatización del riego, se tuvo que tener en cuenta la ubicación y el número de unidades remotas (RTU). Estas RTU se definen por el número de salidas que posee esta que en este caso son ocho y las distancias de las válvulas hacia el lugar donde se encuentra la RTU, de esta manera dado que el lote uno tiene trece válvulas se definió dos RTU, el lote dos tiene nueve válvulas entonces se definieron también dos y el lote tres tiene seis válvulas entonces quedó definida solo una. La Figura 4.9 muestra la ubicación referencial de las RTU respecto a la estación de control.

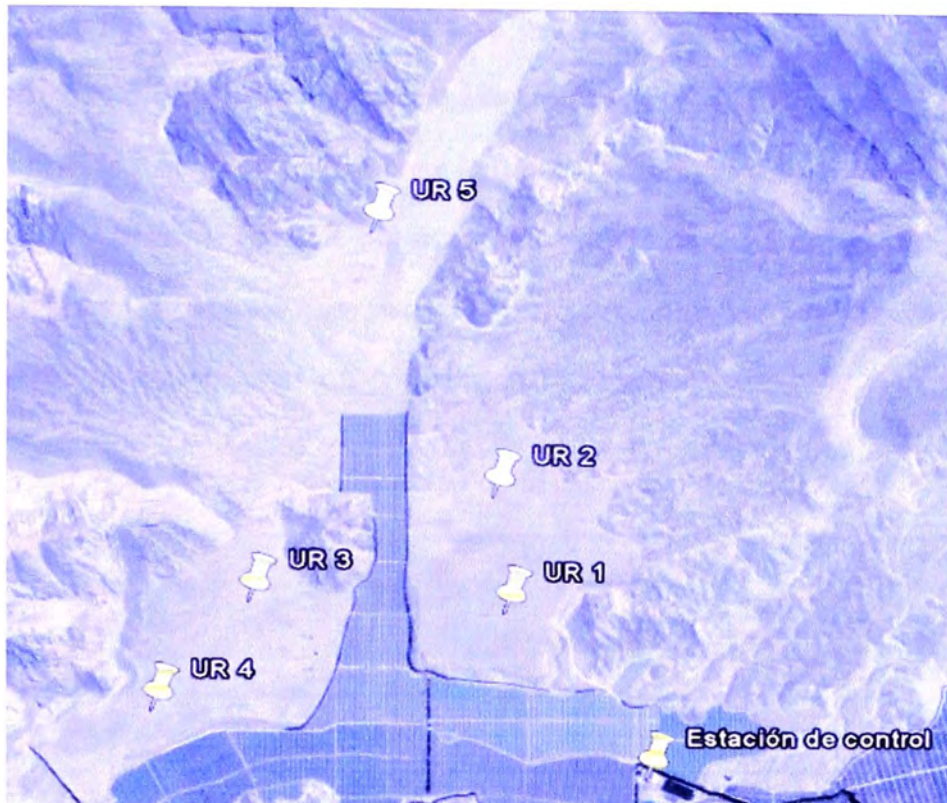


Figura 4.9. Ubicación referencial de las RTU y la Estación de control.
Fuente: Google Earth

4.7.1 Traza de los microtubos

Los microtubos o mangueras de comando, fueron trazados con el fin de poder controlar el cierre o apertura de las válvulas hidráulicas desde una unidad remota (RTU) mediante la activación o desactivación de solenoides tipo Latch (Se activan con un flanco de subida) comandados por esta. El criterio fue trazar la ubicación de las mangueras verificando con cálculos (Realizados en 4.7.2) para la ubicación referencial, verificando que cumpla los requerimientos hidráulicos para poder abrir o cerrar las válvulas de manera oportuna.

4.7.2 Cálculo de diámetro y longitud de los microtubos

El diámetro del microtubo estándar para comandar una válvula es de 8 mm si existe un desnivel mayor a los 10 m.c.a para poder activar o desactivar las

válvulas de la unidades de riego, además para las distancias los 200 m desde la ubicación de la RTU hacia la válvula a controlar, se utilizó como apoyo o refuerzo de señal un relé hidráulico que una vez instalado puede ayudar a la activación de la apertura o cierre de una válvula alejada hasta 1500 m. El Cuadro 4.21 muestra la verificación de las ubicaciones de las RTU para las cotas de las válvulas a controlar y longitudes de las mangueras de comando (microtubos).

Cuadro 4.23. Verificación de la ubicación de las RTU.

Válvula	Cota (m)	Presión en la matriz (m.c.a.)	Variación de Nivel (m)	Presión de control (m.c.a.)	¿Es mayor a 10 m.c.a.?	RTU	Distancia a RTU (m)
V-101		27	3	29	OK	1	39
V-102	481	32	0	32	OK	1	0
V-103	478	39	-3	35	OK	1	59
V-104	471	47	-10	42	OK	1	154
V-105	462	30	-21	56	OK	2	115
V-106	483	35	0	35	OK	2	0
V-107	481,5	43	-1,5	36	OK	2	110
V-108	476,5	48	-6,5	41	OK	2	225
V-109	468	23	-13	45	OK	1	395
V-110	483	28	0	35	OK	2	167
V-111	489,5	22	6,5	28	OK	2	442
V-112	486,5	25	3,5	31	OK	2	462
V-113	480,5	31	-2,5	37	OK	2	598
V-114	458	49	-16	49	OK	3	183
V-115	464	43	-10	43	OK	3	114
V-116	474	33	0	33	OK	3	0
V-117	482,5	24	8,5	24	OK	3	108
V-118	487	20	13	20	OK	3	225
V-119	466	37	9,5	33	OK	4	217
V-120	466	37	9,5	33	OK	4	217
V-121	456,5	42	0	42	OK	4	0
V-122	443,5	55	-13	55	OK	4	251
V-123	472	39	3	39	OK	5	658
V-124	469	42	0	42	OK	5	0
V-125	478	33	9	33	OK	5	302
V-126	484	27	15	27	OK	5	562
V-127	489,5	22	20,5	22	OK	5	794
V-128	496	15	27	15	OK	5	1026
						Total	7384

Fuente: Elaboración propia.

4.7.3 Selección del tipo de Comunicación Remota

El controlador DREAM posee dos alternativas de comunicación remota, una es la cableada de dos líneas (2W) y la otra es usando comunicación inalámbrica mediante la radiofrecuencia (RF). La Figura 4.10 muestra los dos esquemas de funcionamiento de cada tipo de comunicación.

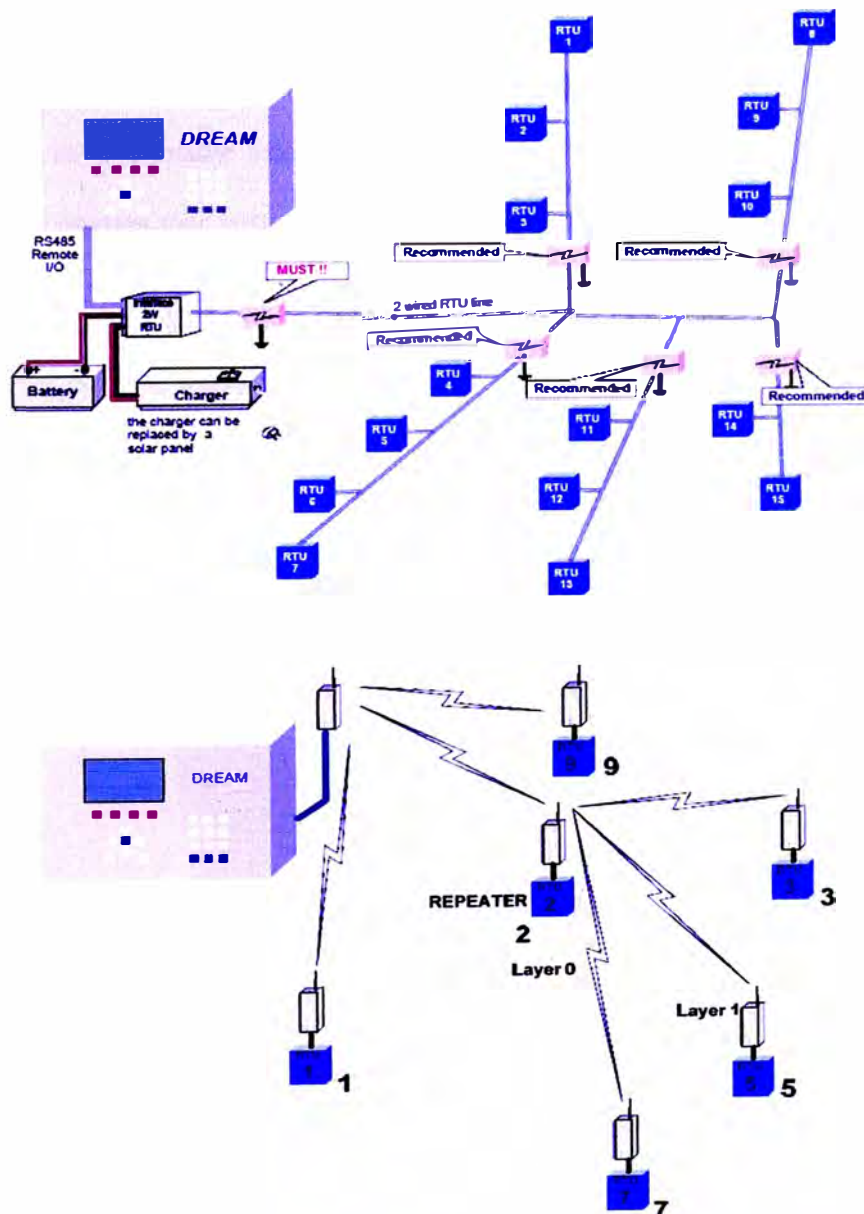


Figura 4.10. Esquema de funcionamiento de cada tipo de comunicación.
Fuente: Elaboración propia.

Se seleccionó la comunicación vía RF debido a las siguientes razones:

El consumo de energía eléctrica es mucho menor respecto a la cableada, con 4 pilas tipo D de 1.5 V se puede alimentar las RF RTU un año como mínimo para una tasa de escaneo de cinco segundos (Ver Figura 4.11).

La instalación es más sencilla, debido a no tener que tender y enterrar ningún tipo de cable, además del costo que implica realizar este.

Tiene menos probabilidad de falla por corte de vía de comunicación, en el caso de la cableada es más propensa a perder comunicación causada por golpes o cortes por labores culturales de campo.

El sistema RF tiene un radio de cobertura de 2.5 Km, que es una distancia suficiente para llegar a las tres zonas del proyecto (Ver Figura 4.12)

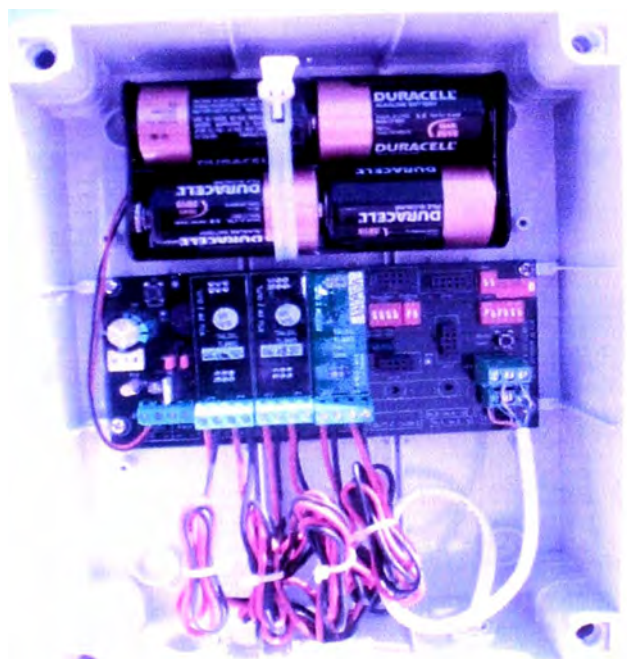


Figura 4.11. Conexión de una RTU RF.
Fuente: Foto tomada 16/03/83

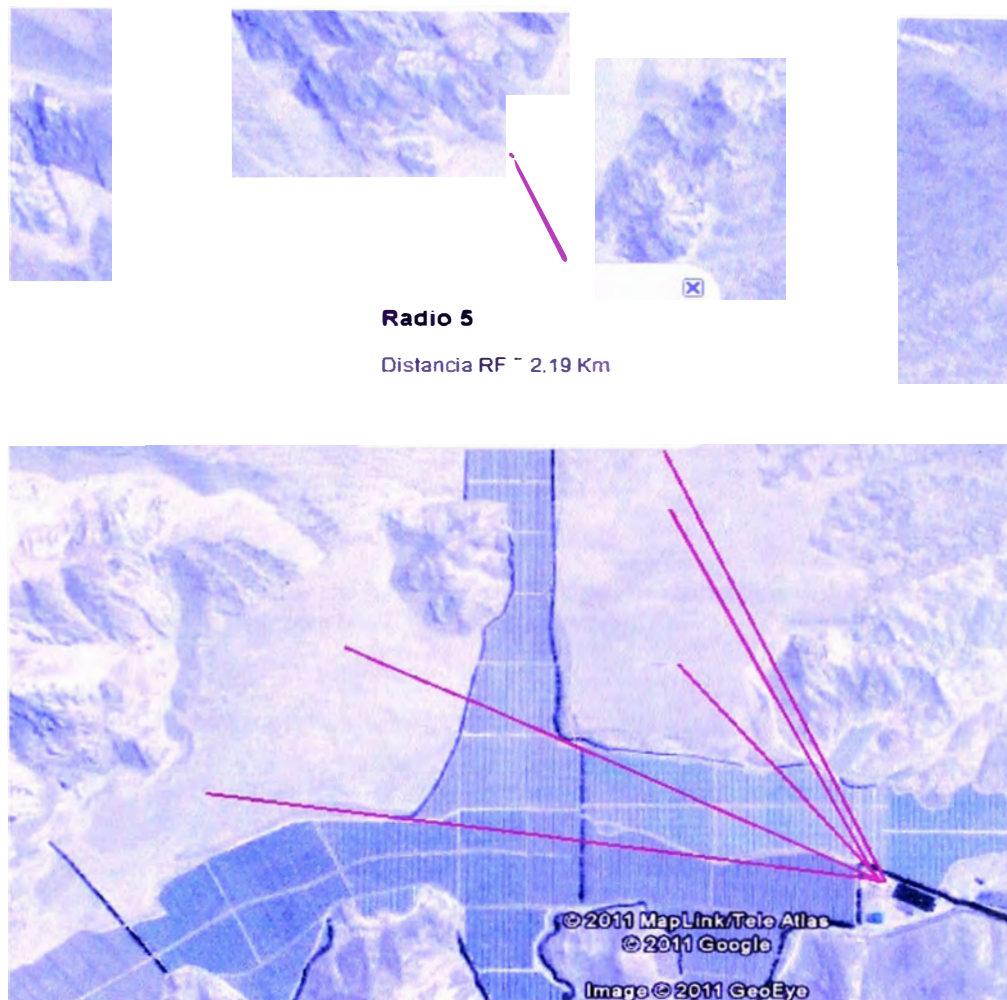


Figura 4.12. Verificación del alcance del sistema de comunicación.
Fuente: Google Earth.

4.6.4 Configuración de Equipos a condiciones de operación

Entre las opciones que posee el programador de riego DREAM, la que se utilizara es la de "Riego por volumen", de esta manera las subunidades tienen el volumen de agua requeridos aun con caudal variable y además de la aplicación de fertilizantes por concentración, es decir en litros de fertilizante por metro cubico de agua. La figura 4.12 muestra el diagrama de bloques del proceso de riego por volumen.

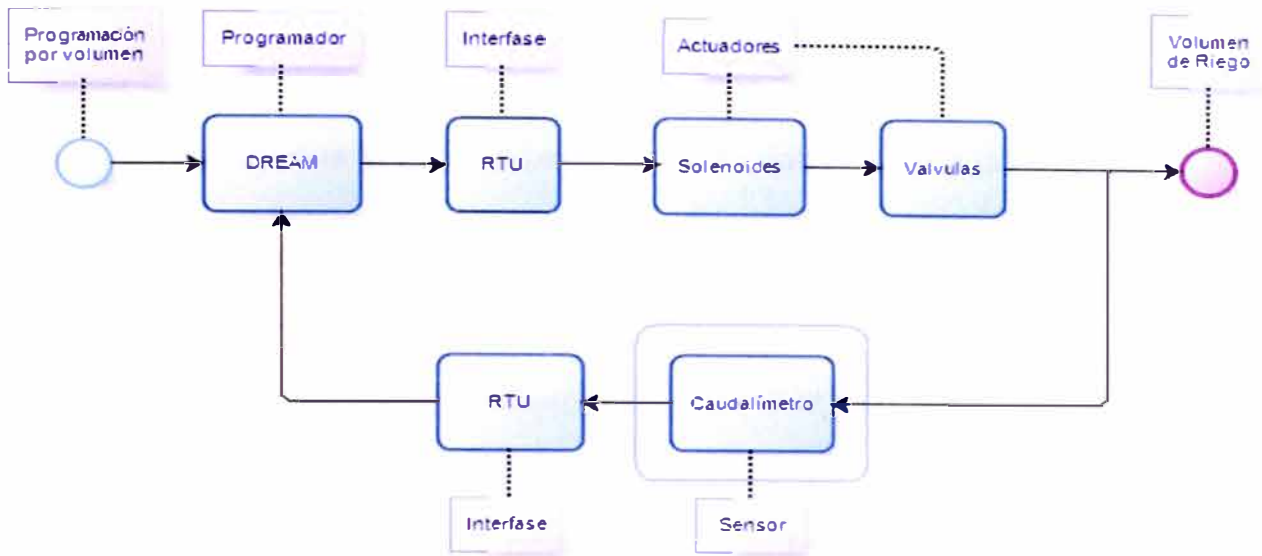


Figura 4.12. Diagrama de bloques de la opción riego por volumen.
Fuente: Elaboración propia.

Entonces se instaló un caudalímetro de ocho pulgadas en el cabezal de riego (Ver Figura 4.13) con el fin de hacer uso del lazo cerrado que posee el DREAM para riego por volumen. Adicionalmente se instalaron fertímetros para cada una las cinco líneas de fertilización (Fertiducto) que posee el sistema.



Figura 4.13. Caudalímetro.
Fuente: Foto tomada el 10/09/2011

El proceso de configuración del sistema RF RTU comienza en el controlador DREAM en donde es necesario realizar algunas definiciones por medio de las cuales el DREAM es informado acerca de los detalles del sistema RF. Se definió una ubicación adecuada para colocar el polo del RF MASTER, la ubicación no debe

estar muy alejada del controlador DREAM (Hasta un máximo de 15 m) y debe asegurar una línea clara de visión hacia los emplazamientos de la mayoría de los RTUs. Verificando que la parte superior del polo debe ser no metálica.

La RF INTERFACE (Interfase RF) que efectúa la coordinación entre el MASTER y el controlador DREAM se instaló dentro del recinto de DREAM, pero cuando allí no haya lugar. La conexión entre el RF MASTER y la RF INTERFACE y entre el DREAM y la INTERFACE RF está dada por un cable blindado de cuatro conductores. Los cables rojo y negro aportan la potencia (12 V DC) y los cables verde y blanco aportan la comunicación, en ambos casos la polaridad es importante.

En el campo, cada RTU BASE y su contraparte esclava RF SLAVE se instalaron en un polo, con la unidad SLAVE en la parte superior del polo y la RTU BASE aproximadamente a un metro por sobre el suelo. En este caso también, se verificó que la parte superior del polo, en donde se coloca el RF esclavo sea de un material no metálico y también aquí la conexión entre el SLAVE y la RTU BASE es un cable blindado de cuatro conductores.

Configuración del DREAM y la interfase

El controlador DREAM debe ser informado respecto a cada canal RF utilizado por el sistema. Cada canal tiene su propia interfase, su propio RF MASTER y sus propios RTUs. Los canales difieren por las frecuencias que usan y el canal fue reconocido por medio de la dirección dada en su INTERFASE RF. En la Figura 4.5 se muestran las pantallas con la definición del hardware en el DREAM durante la cual se declara el número de canales RF existentes (indicado por el número de INTERFASES RF) y se fija la dirección de cada interfase.



Figura 4.14. Pantallas de configuración de la interfaz RF

Fuente: NETAFIM

Próxima a la dirección de la INTERFASE RF hay una definición respecto a la tasa de escaneo por medio de la cual el DREAM intercambia información con los RTUs. Las opciones de tasa de escaneo son las siguientes: escanear cada 10; 5; 2,5 o 1,25 segundos. A los efectos de ahorrar energía la tasa de escaneo debe ser baja, en cambio a los efectos de detectar los pulsos cortos de los medidores, es mejor un escaneo con tasa alta. De todas formas, para no perder pulsos el intervalo de escaneo no debe ser más largo que el ancho del pulso más corto esperado. Por otro lado, la tasa de escaneo no puede ser decidida sin tener en consideración el número de RTUs a ser escaneados. Una tasa de escaneo de 1,25 segundos limita el número de RTUs a 7 (el sistema reconocerá RTUs con direcciones de 1 a 7). Con una tasa de escaneo de 2,5 segundos, se reconocerán RTUs con direcciones 1 a 15, con tasa de escaneo de 5 segundos, se reconocerán RTUs con direcciones de 1 a 31 y con tasa de escaneo de 10 segundos, se reconocerá todo el rango de 60 RTUs. Debido a que el sistema usa sólo 5 RTU RF se configuró una tasa de escaneo de 10 segundos, el sistema está alimentado con 4 pilas, teniendo una duración de aproximadamente 18 meses.

Configuración de la interfase y del RF master

En INTERFASE RF, la única configuración que se realizó fue la fijación de la dirección por la cuál será reconocida por el DREAM. La determinación de la dirección se realiza mediante los interruptores DIP. La dirección es la misma que la

dirección definida en el controlador DREAM. Para fijar direcciones se utiliza el código binario (Solo dos opciones mediante cada posición del interruptor DIP).

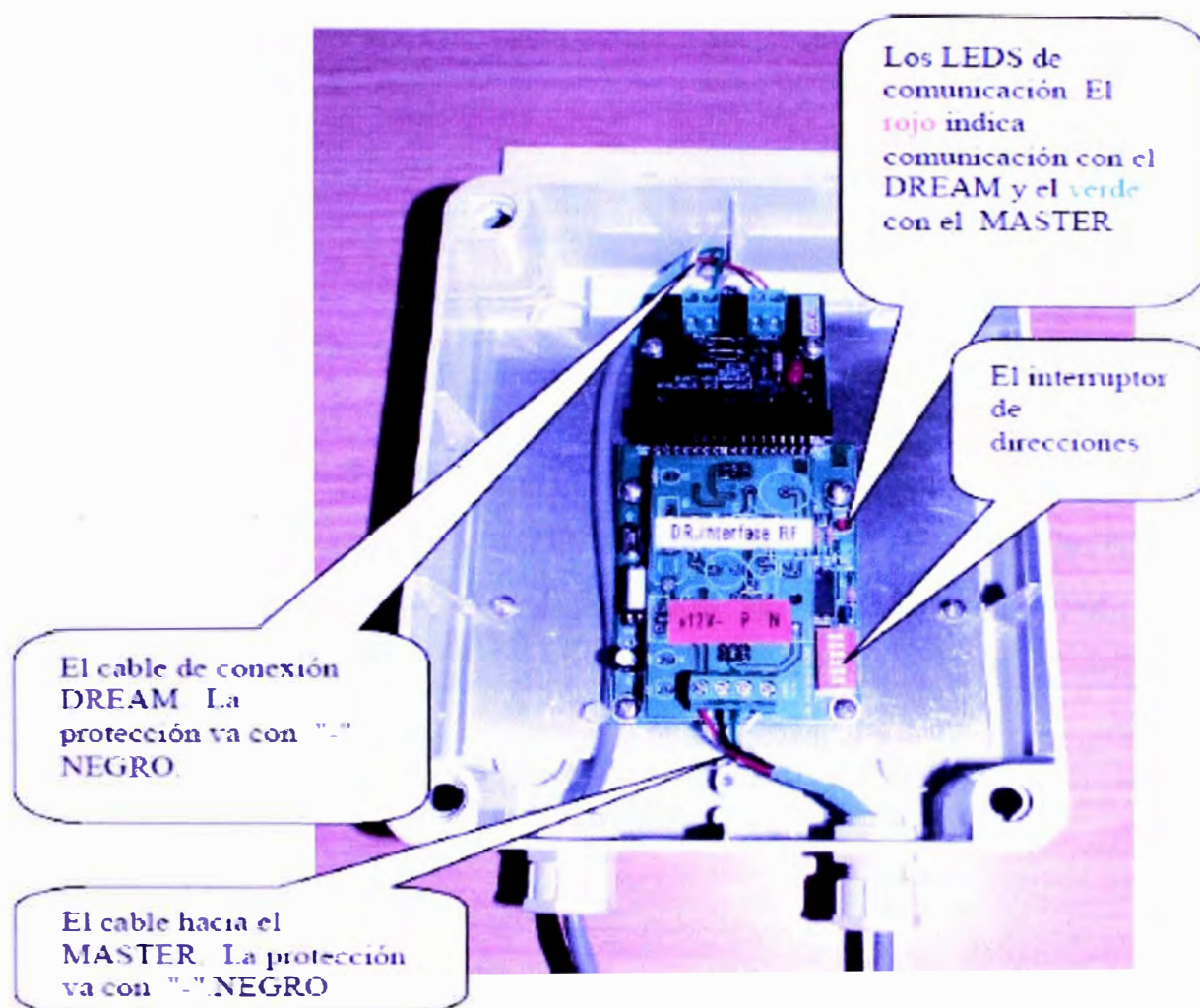


Figura 4.15. Hardware de la Interfase RF
Fuente: NETAFIM

La única configuración necesaria en el RF MASTER es para seleccionar el canal RF CHANNEL utilizado. Hay 16 canales para elegir. La selección de canal debe tener en cuenta los canales ya utilizados por sistemas vecinos. La selección del canal RF se realiza con el interruptor DIP S1 (frecuencia).

Número de canal	INTERRUPTOR DIP S1			
	pos1	pos2	pos3	pos4
1	OFF	OFF	OFF	OFF
2	ON	OFF	OFF	OFF
3	OFF	ON	OFF	OFF
4	ON	ON	OFF	OFF
5	OFF	OFF	ON	OFF
6	ON	OFF	ON	OFF
7	OFF	ON	ON	OFF
8	ON	ON	ON	OFF
9	OFF	OFF	OFF	ON
10	ON	OFF	OFF	ON
11	OFF	ON	OFF	ON
12	ON	ON	OFF	ON
13	OFF	OFF	ON	ON
14	ON	OFF	ON	ON
15	OFF	ON	ON	ON
16	ON	ON	ON	ON

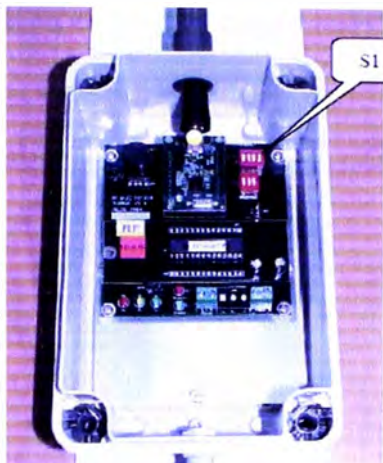


Figura 4.16. Configuración de hardware para definir la frecuencia del RF Master
Fuente: NETAFIM

Configuración del RF SLAVE (esclavo)

La única configuración requerida para el RF SLAVE es la fijación del Interruptor DIP S1 (frecuencia) de acuerdo al canal RF CHANNEL (Canal) seleccionado. El canal seleccionado debe ser el mismo que el canal seleccionado en el tablero RF MASTER.

Configuración del RF RTU BASE

La Figura 4.17 muestra el tablero RF RTU:

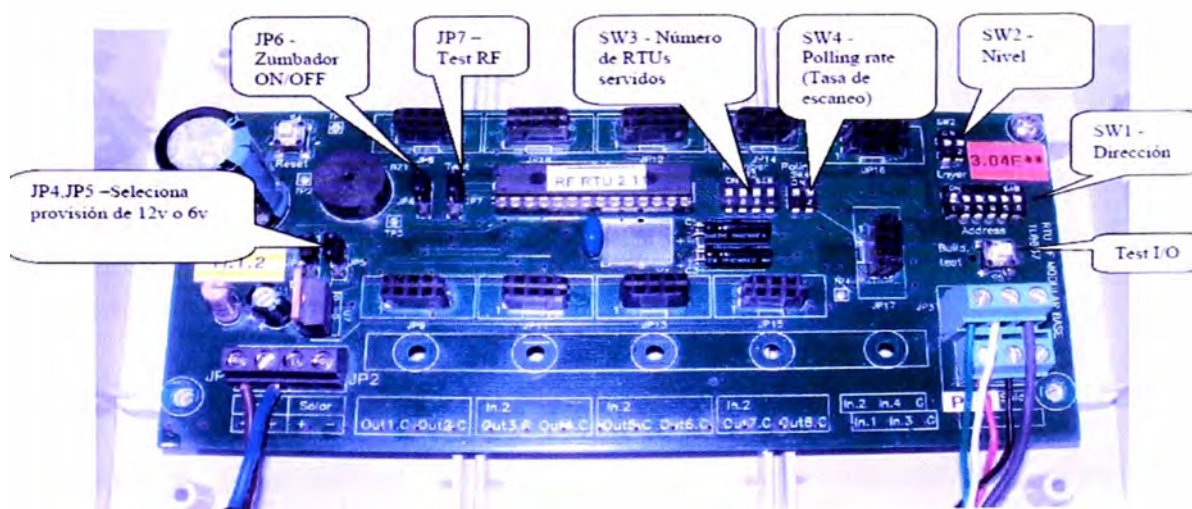


Figura 4.17. Configuración de hardware para definir la frecuencia del RF Master
Fuente: NETAFIM

El tablero RF RTU tiene varios Jumpers e Interruptores DIP como se puede ver en la Figura 4.17. Algunos de ellos a veces están ocultos bajo las unidades I/O PLUG-IN tales como aquellos que se muestran en la figura de la derecha.



Figura 4.18. Tarjetas de expansión del tablero RF RTU
Fuente: NETAFIM

Configuración de la dirección RTU

SW1: Se definió aquí cada dirección del RTU específico. El direccionamiento utiliza notación binaria. Cada RTU debe tener su propia única dirección en el rango de 1 a 60. En el sistema se usó del 1 al 5.

SW2- Es donde se define el nivel al que pertenece el RTU específico. Normalmente estará fijado en "00", sólo para los RTUs que se comunican por medio de REPETIDORA será fijado en "10".

SW3- Es donde se define el número de RTUs que están usando la unidad actual como su REPETIDORA, por lo tanto cuando se fija a un valor distinto de cero, se indica que la unidad actual es una REPETIDORA. El número es expresado en notación binaria. Como en el sistema no se definio ninguna RTUs como repetidoras, SW3 se fijó en "0".

Definición de la tasa de escaneo

SW4: Aquí se definió la tasa de escaneo (conocida también como "polling rate") por medio de la que el MASTER se comunica con los RTUs. La configuración se realizó por igual en todos los RTUs y es la misma que se definió en el

controlador DREAM. La selección de la tasa de escaneo no es totalmente libre, se debe considerar el número total de RTUs en el sistema o más precisamente la dirección más alta a ser escaneada. La Tabla 4.1 muestra cuál será la dirección más alta reconocible, y la tasa de escaneo para cada combinación del interruptor.

Tabla 4.1. Tarjetas de expansión del tablero RF RTU

SW4 –	pos 1	pos 2	Tasa de escaneo (seg)	RTU con dirección más alta
	0	0	10	60
	1	0	5	31
	0	1	2.5	15
	1	1	1.25	7

Fuente: NETAFIM

Configuración de los Jumpers

JP4 y JP5: Estos dos jumpers se fijaron en la misma posición. Ellos definen el voltaje usado para los RTUs. Las opciones son 6 V o 12 V. Se fijó en 6V, por usar cuatro baterías alcalinas estándar tipo “D”.

JP6: Se dejó la posición superior, para que el zumbador se mantenga habilitado.

JP7: Se fijó en la posición superior, con el fin de enviar una solicitud para modo de testeo del RF al controlador DREAM, manteniendo al sistema infromado del estado de la RF RTU.

De esta manera se configuró para todo el sistema de comunicación y control, agrupando las válvulas controladas por cada RF RTU (Mediante solenoides Latch de dos cables conectados en sus tarjetas de salidas), estas son mostradas en el Cuadro 4.24

Cuadro 4.24. Configuración de las válvulas con las salidas de las RTU.

RF RTU	SALIDA	COMANDA	ENTRADA	RECIBE
1 (V102)	1	V-101	1	LIBRE
	2	V-102	2	LIBRE
	3	V-103	3	LIBRE
	4	V-104	4	LIBRE
	5	V-109		
	6	V.R.-7		
2 (x V106)	1	V-105	1	LIBRE
	2	V-106	2	LIBRE
	3	V-107	3	LIBRE
	4	V-108	4	LIBRE
	5	V-110		
	6	V-111		
3 (x V116)	1	V-114	1	LIBRE
	2	V-115	2	LIBRE
	3	V-116	3	LIBRE
	4	V-117	4	LIBRE
	5	V-118		
	6	LIBRE		
4 (x V121)	1	V-119	1	LIBRE
	2	V-120	2	LIBRE
	3	V-121	3	LIBRE
	4	V-122	4	LIBRE
5 (x V126)	1	V-123	1	LIBRE
	2	V-124	2	LIBRE
	3	V-125	3	LIBRE
	4	V-126	4	LIBRE
	5	V-127		
	6	V-128		

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V COSTOS

La estructura de costos que se presenta es de costos directos, costos indirectos y flujo de caja. Los valores consignados han sido tomados de los libros de contabilidad. Los intereses son los correspondientes a 14% de interés nominal anual y el tiempo de análisis del proyecto es de diez años.

5.1 Costos Directos

Debido a su complejidad, estos se muestran en dos planillas siguientes. Una muestra en detalle el costo total del sistema de riego y la otra todo lo concerniente a plantación y producción agrícola. En el ítem siguiente se muestra el resumen de todos los costos indirectos.

5.2 Costos Indirectos

En el Cuadro 5.1 se listo todos los costos indirectos fueron los siguientes:

Cuadro 5.1. Costos indirectos.

COSTOS INDIRECTOS EN USD	
1. Sueldos gerentes y administradores	90000,00
2. Asesorías profesionales (consultor técnico, abogado, etc.)	18000,00
3. Sueldo personal adjunto (guardianes, jardineros, etc.)	4800,00
4. Sueldo personal oficina	8000,00
5. Costos de oficina (generales, librerías, etc.)	400,00
6. Cuentas (luz, agua, teléfonos, internet, soporte computacional, etc.)	3600,00
7. Vehículos (mantenimiento, combustible, amortización, etc.)	60000,00
8. Legales (contribuciones, derechos agua, etc.)	24000,00
9. Arriendos	10000,00
10. Fletes especiales	2000,00
11. Mantenimiento de activos	12000,00
12. Depreciaciones	5000,00
13. Otros	800,00
	238600,00

COSTO DE MATERIALES Y EQUIPOS DE AUTOMATIZACIÓN:

Item	Material	Aductor	Matriz	Secundaria	Terciaria	Limpieza	Cantidad	PU	Total
							1,01		
1	Tubo PVC 315mm C5 KM x 6m	159					161	150,00	24150,00
2	Tubo PVC 250mm C7,5 KM x 6m		292	7			302	138,93	41956,43
3	Tubo PVC 250mm C6 KM x 6m		265				268	121,07	32447,14
4	Tubo PVC 250mm C5 KM x 6m		584	45			636	96,07	61101,43
5	Tubo PVC 200mm C5 KM x 6m			112			114	60,71	6921,43
6	Tubo PVC 160mm C7,5 KM x 6m			19			20	57,14	1142,86
7	Tubo PVC 160mm C5 KM x 6m			140			142	41,07	5832,14
8	Tubo PVC 140mm C10 SP x 6m				24		25	51,79	1294,64
9	Tubo PVC 140mm C7,5 KM x 6m			162			164	44,64	7321,43
10	Tubo PVC 140mm C5 KM x 6m			26			27	30,71	829,29
11	Tubo PVC 110mm C10 SP x 5m				55		56	30,36	1700,00
12	Tubo PVC 110mm C7,5 KM x 6m			20			21	27,50	577,50
13	Tubo PVC 110mm C5 KM x 6m			2	55		58	18,57	1077,14
14	Tubo PVC 90mm C10 SP x 5m				26		27	22,50	607,50
15	Tubo PVC 90mm C5 KM x 6m				266		269	12,50	3362,50
16	Tubo PVC 3" C10 SP x 5m				30		31	22,00	682,00
17	Tubo PVC 63mm C10 SP x 5m				1		2	13,21	26,43
18	Tubo PVC 63mm C5 KM x 6m				1369		1383	6,79	9384,64
19	Anillo UF 315mm	167					169	5,36	905,36
20	Anillo UF 250mm		1202				1215	3,93	4773,21
21	Anillo UF 200mm		4	134			140	2,32	325,00
22	Anillo UF 160mm			180			182	1,96	357,50
23	Anillo UF 140mm			202	46		251	1,43	358,57
24	Anillo UF 110mm			28	116		146	1,00	146,00
25	Anillo UF 90mm				437		442	0,71	315,71
26	Anillo UF 63mm				1440		1455	0,54	779,46
27	Unión PVC 315mm KM	4					4	82,14	328,57
28	Unión PVC 250mm KM		29				29	64,29	1864,29
29	Unión PVC 200mm KM			3			3	57,14	171,43
30	Unión PVC 160mm KM			4			4	26,79	107,14
31	Unión PVC 140mm KM			5	1		6	23,21	139,29
32	Unión PVC 110mm KM			1	3		4	10,71	42,86
33	Unión PVC 90mm KM				8		8	6,43	51,43
34	Unión PVC 63mm KM				35		35	3,57	125,00
35	Reducción PVC 250mmx200mm KM ESP		1				1	42,86	42,86
36	Reducción PVC 200mmx160mm KM ESP			3			3	42,86	128,57
37	Reducción PVC 160mmx110mm KM ESP			2			2	21,43	42,86
38	Reducción PVC 160mmx3" KM ESP			1		1	2	21,43	42,86
39	Reducción PVC 140mmx3"mm KM ESP				20	1	21	14,29	300,00
40	Reducción PVC 110mmx90mm KM ESP			1	13		14	6,43	90,00
41	Reducción PVC 110mmx3"mm KM ESP			1			1	6,43	6,43
42	Reducción PVC 90mmx63mm KM ESP				71		71	5,36	380,36
43	Tee PVC 315mmx4"mmx315mm SP SP SP					1	1	135,71	135,71
44	Tee PVC 250mmx250mmx250mm KM KM KM		1				1	126,79	126,79
45	Tee PVC 250mmx200mmx250mm KM KM KM		2				2	123,21	246,43
46	Tee PVC 250mmx140mmx250mm KM SP KM		4	1			5	119,64	598,21
47	Tee PVC 250mmx110mmx250mm KM SP KM		1				1	117,86	117,86
48	Tee PVC 250mmx90mmx250mm KM SP KM		1			3	4	114,29	457,14
49	Tee PVC 200mmx200mmx200mm KM SP KM		1				1	119,64	119,64
50	Tee PVC 200mmx160mmx200mm KM SP KM		1				1	117,86	117,86
51	Tee PVC 200mmx140mmx200mm KM SP KM			5			5	114,29	571,43
52	Tee PVC 160mmx140mmx160mm KM SP KM			3			3	44,64	133,93
53	Tee PVC 160mmx90mmx160mm KM SP KM			1			1	32,14	32,14
54	Tee PVC 140mmx140mmx140mm KM SP KM			1			1	33,93	33,93
55	Tee PVC 140mmx110mmx140mm KM SP KM			1			1	25,00	25,00
56	Tee PVC 110mmx140mmx110mm KM SP KM				5		5	23,93	119,64
57	Tee PVC 110mmx110mmx110mm KM SP KM			2	2		4	23,21	92,86
58	Tee PVC 90mmx140mmx90mm KM SP KM				17		17	25,00	425,00
59	Tee PVC 90mmx110mmx90mm KM SP KM				6		6	24,29	145,71
60	Tee PVC 90mmx90mmx90mm KM SP KM				6		6	10,71	64,29
61	Tee PVC 63mmx110mmx63mm KM SP KM				2		2	8,93	17,86
62	Tee PVC 63mmx90mmx63mm KM SP KM				15		15	6,43	96,43
63	Tee PVC 63mmx63mmx63mm KM SP KM				1		1	5,36	5,36
64	Curva PVC 315mmx90° SP ESP	1					1	112,50	112,50
65	Curva PVC 315mmx45° SP ESP	1					1	114,29	114,29
66	Curva PVC 315mmx15° SP ESP	1					1	116,07	116,07
67	Curva PVC 250mmx90° SP ESP		5				5	80,36	401,79
68	Curva PVC 250mmx75° SP ESP		1				1	80,36	80,36
69	Curva PVC 250mmx71° SP ESP		1				1	80,36	80,36
70	Curva PVC 250mmx65° SP ESP		2				2	80,36	160,71
71	Curva PVC 250mmx55° SP ESP		2				2	80,36	160,71
72	Curva PVC 250mmx49° SP ESP		1				1	80,36	80,36
73	Curva PVC 250mmx45° SP ESP		3				3	80,36	241,07
74	Curva PVC 250mmx36° SP ESP		1				1	80,36	80,36
75	Curva PVC 250mmx33° SP ESP		3				3	80,36	241,07
76	Curva PVC 250mmx30° SP ESP		5				5	80,36	401,79
77	Curva PVC 250mmx26° SP ESP		1				1	80,36	80,36
78	Curva PVC 250mmx22,5° SP ESP		5				5	80,36	401,79
79	Curva PVC 250mmx18° SP ESP		7				7	80,36	562,50
80	Curva PVC 250mmx13° SP ESP		4				4	80,36	321,43
81	Curva PVC140mmx90° SP SP				66		66	23,21	1532,14
82	Curva PVC 110mmx90° SP SP				15		15	16,07	241,07
83	CurvaPVC 90mmx90° SP SP				1		1	8,93	8,93
84	Curva PVC 63mmx90° SP SP				113		113	5,36	605,36
85	Curva PVC 3"x30° SP SP					6	6	12,50	75,00
86	Curva PVC 2"x30° SP SP					6	6	5,36	32,14
87	Buje PVC Brida 10"x250mm						0	100,00	0,00
88	Buje PVC Brida 8"x250mm						0	83,93	0,00
89	Abrazadera PVC 315mmx2"	1					1	82,14	82,14
90	Abrazadera PVC 250mmx2"		8				8	64,29	514,29
91	Abrazadera PVC 200mmx2"						0	53,57	0,00
92	Adaptador 63mmx2"			56			56	2,14	120,00
93	Adaptador 2"					12	12	1,43	17,14
94	Adaptador 3"					56	56	3,21	180,00
95	Tapon PLASSON 2" Hembra				56		56	1,79	100,00
96	Pegamento PVC x Gln	1	2	3	5	1	12	46,43	557,14
97	Cinta teflon	15	20	30	35	22	122	0,30	36,60
98	Lubricante para tubo PVC x GLn	3	5	8	12	1	29	15,35	445,15

Item	Equipo	Cantidad	PU	Total
1	Interfaz RF Master - DREAM - TALGIL	1	105,52	105,52
2	RF Master - DREAM - TALGIL	1	648,75	648,75
3	RF Slave - DREAM - TALGIL	5	352,78	1763,90
4	RTU Base 2 OUT - DREAM - TALGIL	5	626,25	3131,25
5	Tarjeta electronica 2 OUT - DREAM -TALGIL	10	82,56	825,60
6	Solenoides 2 wire 12V Latch - TALGIL	28	75,78	2121,84
7	Rele hidraulico Galit DOROT		35,21	0,00
8	Válvula de mando de 3vias - DOROT	30	25,68	770,40
9	Válvula piloto 3vias - DOROT	34	114,62	3897,08
10	Mangueras Comando 8mm x 500m	15	194,51	2917,65
11	Valvula Reguladora 8" - DOROT	2	359,66	719,32
12	Valvula de alivio 2" - DOROT	6	186,78	1120,88
13	Valvula de Retención 8" - DOROT	2	358,07	716,13
14	Valvula de Mariposa 10" - DOROT	4	492,22	1968,88
15	Valvula 3" Serie R Angular - DOROT	28	61,65	1726,20
16	Valvula Cierre esferico 3" - DOROT	6	155,60	933,60
17	Ventosa 2" doble efecto - ARI	10	65,81	658,10
18	Mangueras DRIPNET 16mm - 16250 x 800m	595	153,97	91612,15
19	Conectores c/anillo 16mm	1000	0,86	860,00
20	Conectores iniciales 16mm	3000	0,45	1350,00
21	Jebes iniciales 16mm	3000	0,28	840,00
22	Ochos 16mm	3000	0,34	1020,00

119707,05

Item	Equipo	Cantidad	PU	Total
1	Bateria de filtrado de 8 tanques ODIS + manifold	1	14786,23	14786,23
2	Sistema de control filtron 8 solenoides	1	865,34	865,34
3	Caudalimetro 8"	1	698,45	698,45
4	Fertimetro 1"	5	255,46	1277,30
5	Valvulas hidráulicas de 1" + accesorios HDPE	1	998,23	998,23

18625,55

Item	Otros	Cantidad	PU	Total
1	Cemento x bolsa 42 kg	18	7,21	129,78
2	Arena gruesa x m3	5	82,63	413,15
3	Arena fina x m3	2	86,23	172,46
4	Yeso x kg	50	2,23	111,50
5	Mano de obra / ha	115	350	40250,00

41076,89

Costo total de la instalación en USD\$ 403516,56
Costo por ha de la instalación en USD\$ 3508,84

403516,56

5.1 Costos Directos

COSTOS DIRECTOS EN USDS

Áreas de manejo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
1 PLANTACION		552000									
Plantación		470000									
Replantes		32000									
Injertos		50000									
Producción Agrícola			479890	479890	479890	479890	479890	479890	479890	479890	479890
2 PODA			72000	72000	72000	72000	72000	72000	72000	72000	72000
Poda			32000	32000	32000	32000	32000	32000	32000	32000	32000
Protección de cortes			16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000
Eliminación restos de poda			20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
Supervisión			4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
3 NUTRICION			115092	115092	115092	115092	115092	115092	115092	115092	115092
Orgánica			28773	28773	28773	28773	28773	28773	28773	28773	28773
Foliar			40282	40282	40282	40282	40282	40282	40282	40282	40282
Enmiendas			46037	46037	46037	46037	46037	46037	46037	46037	46037
4 SANIDAD			96180	96180	96180	96180	96180	96180	96180	96180	96180
Control de Plagas			38364	38364	38364	38364	38364	38364	38364	38364	38364
Control de enfermedades			38634	38634	38634	38634	38634	38634	38634	38634	38634
Monitoreo			19182	19182	19182	19182	19182	19182	19182	19182	19182
5 RIEGO			71933	71933	71933	71933	71933	71933	71933	71933	71933
Riego			43160	43160	43160	43160	43160	43160	43160	43160	43160
Monitoreo			28773	28773	28773	28773	28773	28773	28773	28773	28773
6 SUELOS Y MALEZAS			47956	47956	47956	47956	47956	47956	47956	47956	47956
Control de Malezas			11989	11989	11989	11989	11989	11989	11989	11989	11989
Cubierta Vegetal			11989	11989	11989	11989	11989	11989	11989	11989	11989
Suelo			11989	11989	11989	11989	11989	11989	11989	11989	11989
Monitoreo y Mediciones			11989	11989	11989	11989	11989	11989	11989	11989	11989
7 FOLLAJE			47955	47955	47955	47955	47955	47955	47955	47955	47955
Desbrotos			9591	9591	9591	9591	9591	9591	9591	9591	9591
Enrejas			9591	9591	9591	9591	9591	9591	9591	9591	9591
Chapodas			9591	9591	9591	9591	9591	9591	9591	9591	9591
Deshojos			9591	9591	9591	9591	9591	9591	9591	9591	9591
Supervisión			9591	9591	9591	9591	9591	9591	9591	9591	9591
8 FRUTOS			28774	28774	28774	28774	28774	28774	28774	28774	28774
Recuentos			10071	10071	10071	10071	10071	10071	10071	10071	10071
Regulación de Cargas			10071	10071	10071	10071	10071	10071	10071	10071	10071
Limpieza			8632	8632	8632	8632	8632	8632	8632	8632	8632
9 MADUREZ Y COSECHA				44000	64500	125000	156000	156000	156000	156000	156000
Medición de Madurez				4000	4500	5000	6000	6000	6000	6000	6000
Cosecha				40000	60000	120000	150000	150000	150000	150000	150000
TOTAL		480000	887780	931780	952280	1012780	1043780	1043780	1043780	1043780	1043780

5.3 Análisis del Costo / Beneficio

Se realizó mediante el Flujo de Caja mostrado en la subsiguiente hoja. El VAN se obtiene positivo a partir del quinto año. El TIR obtenido es de 55% que es casi tres veces el valor nominal. Finalmente el PR de la inversión resulto ser de cinco años. Como es de notar la ampliación de 115 hectáreas de mandarina resulta rentable.

5.3 Análisis del Costo / Beneficio

FLUJO DE CAJA

Porcentaje exportable	70%	Precio de venta en chacra	0,60 \$/kg
Porcentaje local	30%	Precio de venta en chacra	0,40 \$/kg

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Rendimiento (t / ha)				40	60	80	90	90	90	90	90
Superficie plantada (ha)		115	115	115	115	115	115	115	115	115	115

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos											
Venta											
Mandarina				2.484.000,00	3.726.000,00	4.968.000,00	5.589.000,00	5.589.000,00	5.589.000,00	5.589.000,00	5.589.000,00
Total Ingresos				2.484.000,00	3.726.000,00	4.968.000,00	5.589.000,00	5.589.000,00	5.589.000,00	5.589.000,00	5.589.000,00
Egresos											
Instalación de plantación		-552.000,00									
Producción agrícola			-479.890,00	-479.890,00	-479.890,00	-479.890,00	-479.890,00	-479.890,00	-479.890,00	-479.890,00	-479.890,00
Cosecha				44.000,00	64.500,00	125.000,00	156.000,00	156.000,00	156.000,00	156.000,00	156.000,00
Gastos administrativos		-238.600,00	-238.600,00	-238.600,00	-238.600,00	-238.600,00	-238.600,00	-238.600,00	-238.600,00	-238.600,00	-238.600,00
Depreciación			-50.000,00	-50.000,00	-50.000,00	-50.000,00	-50.000,00				
Total Egresos		-790.600,00	-768.490,00	-724.490,00	-703.990,00	-643.490,00	-612.490,00	-562.490,00	-562.490,00	-562.490,00	-562.490,00
Utilidad antes de impuestos		-790.600,00	-768.490,00	1.759.510,00	3.022.010,00	4.324.510,00	4.976.510,00	5.026.510,00	5.026.510,00	5.026.510,00	5.026.510,00
Impuesto a la renta	0	-142308	-138328,2	316711,8	543961,8	778411,8	895771,8	904771,8	904771,8	904771,8	904771,8
Utilidad después de impuestos		-932.908,00	-906.818,20	2.076.221,80	3.565.971,80	5.102.921,80	5.872.281,80	5.931.281,80	5.931.281,80	5.931.281,80	5.931.281,80
Sistema de riego		-427.696,74									
Tierras	-1.150.000,00	-730.000,00									
Provisiones para la depreciación			50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00
Flujo de caja disponible	-1.150.000,00	-2.090.604,74	-856.818,20	2.126.221,80	3.615.971,80	5.152.921,80	5.922.281,80	5.981.281,80	5.981.281,80	5.981.281,80	5.981.281,80

VAN	0,0	-2983205,6	-3642262,8	-2207638,7	-67461,5	2606883,8	5303059,3	7691687,2	9786974,8	11624286,7	13235963,8
------------	-----	------------	------------	------------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	------------

VAN	14%	13235963,81
TIR		55%
PR		5

CONCLUSIONES

- El costo total del sistema de riego utilizado resultó USD 403516,56, resultando USD 3508,84 por hectárea; un 12,3% menor al costo promedio por hectárea de instalación que es de USD 4000.
- El mayor tamaño y vigor de la planta, comparado con el tamaño promedio de las plantas de zonas aledañas que no poseen este sistema de riego tecnificado por goteo indica que se obtendrá un producto con calidad requerida para su exportación al Reino Unido, Canadá, Holanda y Estados Unidos.
- Se cuenta con personal técnico, capaz de implementar la técnica de riego tecnificado por goteo.
- Se ha incrementado el conocimiento tecnológico sobre el sistema de control automatizado del caudal y presión de la red.
- Se ha adquirido el conocimiento tecnológico sobre dispositivos electrónicos capaces de monitorear los parámetros físicos y químicos en torno al agua de riego y requerido por el cultivo en estudio.
- El personal técnico a cargo de labores agronómicas que va desde la implementación del sistema de riego hasta la cosecha, tiene claro la importancia del mantenimiento de filtros, emisores, válvulas y tuberías.

RECOMENDACIONES

- **Basarse en pruebas de campo más que en tablas, sobre las condiciones del suelo, agua clima y parámetros relacionados a estos antes de empezar la fase de diseño del proyecto.**
- **Considerar en el diseño del reservorio una toma flotante que permita el ingreso del agua más limpia al sistema y una tubería destinada a la limpieza de sedimentos en el fondo del reservorio.**
- **Observar periódicamente si existe desarrollo de algas en el reservorio, si ese fuera el caso tratar el agua antes de usarla en el sistema utilizando algún producto comercial como por ejemplo el Sulfato de cobre pentahidratado.**
- **Instalar en los puntos más altos más altos de la tubería, de cambio de pendientes o en varios puntos de tramos largos de tubería o accesorios, ventosas o trampas de aire.**
- **Verificar con la ayuda de manómetros que durante el día el diferencial de presión entre la entrada y salida del sistema de filtrado no exceda lo recomendado por el fabricante (0,7 bar).**
- **Las actividades de mantenimiento de los equipos de medición y control de flujo deben ser realizadas prolijamente.**

- Llevar un registro del Coeficiente de Uniformidad para garantizar que los goteros emitan el caudal previsto de manera constante.

- Capacitar permanentemente a los operadores sobre el manejo y mantenimiento del sistema y la programación de fertirriego, manipulación y preparación de la mezcla de fertilizantes.

MATERIAL DE REFERENCIA

Libros

- 1.- DOORENBOS J., y PRUITT, W.O. *Las Necesidades de Agua de los Cultivos*. F.A.O. Roma, 1990. Cap. 2 (Tomo 24); Cap. 3 (Tomo 24).
- 2.- FUENTES YAGÜE. *Técnicas de Riego 4º Edición*. México, Editorial Mundi-Prensa. Madrid, 2003. Cap. 2 (pág. 471).
- 3.- MEDINA, J.A. *Riego por Goteo – Teoría y Práctica*. Madrid, Editorial Mundi-Prensa 1997. Cap.2 (pág. 39 al 56); Cap.3 (pág. 139 al 208).
- 4.- MOYA TALENS, Jesús Antonio. *Riego Localizado y Fertirrigación*. Madrid, Artes Gráficas Cuesta., S.A., 2009. Cap. 2 (pág. 172 al 208); Cap. 3 (pág. 216 al 318)
- 5.- PIZARRO CABELLO. *Riego Localizado de Alta Frecuencia 2º Edición*. Madrid, Editorial Mundi-Prensa, 1990. Cap. 2 (pág.513); Cap. 3 (pág.513).
- 6.- SALDARRIAGA, Juan. *Hidráulica de Tuberías*. Colombia, Editorial Alfaomega Colombiana S.A., 2007. Cap. 2 (pág.164 al 190); Cap. 2 (pág.164 al 190)
- 7.- VASQUEZ V., Absalón. y VASQUEZ R., Issaak. *Principios Básicos del Riego*. Lima, Fimart., S.A.C., 2007. Cap. 2 (pág.77 al 154).

8.- VIDAL P., Iván. *Fertirrigación Cultivos y Frutales*. Chillan, Chile., Trama Impresores., S.A., 2007. Cap. 2 (pág.36 al 45).

Tesis

1.- REYES, Alex. *“Diseño y Evaluación Económica-Financiera del Sistema de Riego por Goteo en Cultivares de Caña de Azúcar en el Sector Quipico Andahuasi”*, Tesis para optar el título de Ingeniero Agrícola. UNALM. 2000. Cap. 2 (pág. 113 al 216).

2.- RIOS, Liz y CAMACUARI, Diana. *“Diseño del Sistema de Riego por Goteo y evaluación económica en plantones de Tara en el fundo Virgen de Fátima”*. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrícola. UNALM. 2000. Cap. 2 (pág. 19 al 39).

Manuales

1.- CHUCYA CCAHUA, Pedro. *Diseño Agronómico*. Ministerio de Agricultura y Proyecto Subsectorial de Irrigación. Lima, 2004. Cap. 3 (pág. 2 al 29).

2.- NICOLL. *Manual Técnico de Tubos y Accesorios*. Lima, Nicoll S.A., 2008. Cap. 4 (pág. 3 y 4).

3.- OSORIO, Alfonso y TAPIA, Francisco. Centro regional de investigación Intihuasi del instituto de investigaciones agropecuarias, INIA. *Elementos de Riego Tecnificado*. La Serena, 1999. Cap. 2 (pág. 15 al 115).

4.- TALGIL COMPUTIN & CONTROL. *DREAM. Listado de Características*. Naaman Center Haifa-Acco Roat. Israel, 2007. Cap. 4 (pág. 1 al 10).

- 5.- TALGIL COMPUTIN & CONTROL. *Sistema DREAM RF RTU Guía del Usuario*. Naaman Center Haifa-Acco Roat. Israel, 2007. Cap. 4 (pág. 2 al 20).
- 6.- TIPONET. *Manual de Uso y Mantenimiento de Sistema de Riego.*, 2003. Cap. 4 (pág. 5 al 45).

Catálogos y Boletines

- 1.- UNIVERSIDAD DE ORIENTE, *Escuela de Ingeniería Agronómica. Forma y Dimensiones del bulbo húmedo con fines de diseño de riego por goteo en dos suelos típicos de costa*. Managuas, 2008. Cap.3 (pág. 42 al 46).
- 2.- ALVAREZ, Juan, 2008, *Riego tecnificado por goteo y aspersión*. 2009. Cap. 2 (pág. 9).
- 3.- FERNANDEZ Pedro, *Curva Característica de una Bomba*. 2009. Cap. 2 (pág. 18 y 19).
- 4.- RUIZ CANALES y MOLINA MARTINEZ. *Fundamentos de los sistemas de control del riego y la fertilización*. 2007. Cap. 2 (pág. 1 al 3).
- 5.- OLIVERA, Cesar. *Cultivo de los cítricos*. Boletín Técnico # 6 de la Comisión Nacional de Fruticultura. 1996. Cap. 2 (pág. 8).

Cursos y Conferencias

- 1.- CILLONIZ, Fernando. *Primer Curso Internacional de Cultivo y Comercialización de Cítricos, Costos y Presupuestos-Instalación y Manejo*. Lima, Cuaderno y apuntes del curso, 2009.

Información de Internet

- 1.- ADEXDATATRAE. *Datos de Interés*. Disponible en: <http://www.adexperu.org.pe>
(Consulta: 20 Agosto 2011). Cap. 2 (pág. s/n).
- 2.- A.R.I. *Válvulas para evacuación de aire*. Disponible en: <http://ari.com.es/>
(Consulta: 25 Agosto 2011). Cap. 4 (pág. s/n).
- 3.- INFOAGRO. *El Cultivo de la Mandarina*. 1º y 2º Parte. Disponible en:
<http://infoagro.com/>. (Consulta: 10 Julio 2011). Cap. 2 (pág. 1 al 2).
- 4.- F.A.O. *Tablas de Coeficiente de cultivo (Kc)*. Disponible en:
<http://www.rlc.fao.org/es/> (Consulta: 15 Abril 2011). Cap. 3 (pág. s/n).
- 5.- MINAG. *Datos de Interés*. Disponible en: <http://www.minag.gob.pe/download/pdf>
(Consulta 20 Octubre 2010). Cap. 2 (pág. s/n).
- 6.- OCWUS. *Elementos auxiliares*. Disponible en: <http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/> (Consulta 28 Octubre 2010). Cap. 4
(pág. 3).
- 7.- PORTALFRUTICOLA. Disponible en: <http://www.portalfruticola.com> (Consulta:
10 Abril 2011). Cap. 2 (pág. s/n).
- 8.- PROCITRUS. Disponible en: <http://procitrus.org/> (Consulta: 18, 20,21 Enero
2011). Cap. 2 (pág. s/n).

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO 3.1:** Informe analítico de suelos.
- ANEXO 3.2:** Informe analítico de agua.
- ANEXO 3.3:** Resumen de la Norma Técnica Peruana NTP 011.023:2006
- ANEXO 4.1:** Clases de tuberías PVC.
- ANEXO 4.2:** Selección del diámetro óptimo de tubería desde un criterio económico.
- ANEXO 4.3:** Planilla electrónica de cálculo hidráulico de tuberías primarias.
- ANEXO 4.4:** Planilla electrónica de cálculo hidráulico de tuberías secundarias.
- ANEXO 4.5:** Uso del software HydroCalc para cálculo de laterales.
- ANEXO 4.6:** Planilla electrónica de cálculo hidráulico de tuberías terciarias.
- ANEXO 4.7:** Tabla de selección de diámetros de válvulas.
- ANEXO 4.8:** Válvula hidráulica Serie 100.
- ANEXO 4.9:** Minipilotos de tres vías modelo 29-100 Dorot.
- ANEXO 4.10:** Relé hidráulico modelo Galit de marca Dorot.
- ANEXO 4.11:** Válvula de alivio modelo 53 QR-2" - NPT Dorot.
- ANEXO 4.12:** Ventosa D-040 de 2" de doble efecto A.R.I.
- ANEXO 4.13:** Controlador de riego DREAM TALGIL.

ANEXO 3.1 Informe analítico de suelos



INFORME ANALÍTICO DE SUELOS - Nº S-10/05483

CLIENTE: DUNA CORP S.A.
AV BALTA 115 BARRANCO
PE-LIMA-4 PERÚ LIMA

Tipo de Muestra:	SUELOS ARENOSOS	Fecha de Muestreo:	29-sep-10
Descripción:	40 CM-LOTE 1/ZONA DE REL	Hora:	
Unidad de Gestion:	HORNO ALTO	Fecha de Recepcion:	30-sep-10
		Fecha de Inicio:	6-oct-10
Codigo de Analisis:	S-0678-CH (AGOPerú_2)	Fecha de Fin:	19-oct-10
		Muestreador	Cliente

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

Parametro	Resultado	Unidades	Procedimiento de Analisis
Arena	100	%	PEC-018
Arcilla	0	%	PEC-018
Limo	0	%	PEC-018
* Aluminio		meq/100g	PC-214
* Bases Intercambiables	17.09	meq/100g	PEC-009
* Boro Asimilable	1.27	mg/Kg	PEC-005
* Calcio Cambio	15.15	meq/100g	PEC-009
* Calcio Disponible	16.38	meq/100g	PEC-009
* Caliza Activa	0.51	% CaCO3	PEC-014
* Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	21.28	meq/100g	PEC-019
* Cobre	< 2.5	mg/Kg	PEC-009
* Conductividad Eléctrica (Extracto 1/1)	720.00	µS/cm a 20°C	PEC-002
* Fósforo	16.12	mg/Kg	PEC-004
* Granulometría	Arenosa		PEC-018
* Hierro	125.95	mg/Kg	PEC-009
* Magnesio Cambio	0.52	meq/100g	PEC-009
* Magnesio Disponible	0.58	meq/100g	PEC-009
* Manganeso	30.83	mg/Kg	PEC-009
* Materia Orgánica Oxidable	0.29	%	PEC-013
* Nitrogeno Dumas	< 155	mg/Kg	PEC-034
* pH (Extracto 1/1)	7.41		PEC-001
* Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)	< 0.01	%	FE-330
Potasio Cambio	0.30	meq/100g	PEC-009
Potasio Disponible	0.42	meq/100g	PEC-009
Sodio Cambio	0.12	meq/100g	PEC-009
Sodio Disponible	0.83	meq/100g	PEC-009
Sulfato Disponible	82.05	mg/Kg	PEC-009
Zinc	< 2.5	mg/Kg	PEC-009

Fuente: AGRIQUEM

ANEXO 3.2 Informe analítico de agua.



INFORME ANALÍTICO DE AGUAS DE RIEGO

CLIENTE: DE SACORPSA
ANALISTA: HERRANCO
PRELIMINAR: FINA

Finca: HORNALTO

Parcela: A06

Descripción	Muestro	pH	CE (µS/cm a 25°C)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	B (µm)	Fe (µm)	Mn (µm)	Cu (µm)	Zn (µm)
VAL DE FINA	L-ene-11	8.16	363	0.21	1.76	1.71	<0.28	2.87	0.67	0.36	<0.05	0.22	0.1	<0.05	<0.05	<0.05

Observaciones:

Fuente: AGRICUEM

Anexo 3.3

Resumen de la Norma Técnica Peruana NTP 011.023:2006

La clasificación admite cuatro categorías:

- Categoría Extra: sin defectos.
- Categoría I: ligeros defectos de forma, coloración inherente a la formación del fruto o cicatrices de origen mecánico.
- Categoría II: defectos de forma, coloración, corteza rugosa y alteraciones en la epidermis cicatrizadas.
- Categoría III: mayores defectos, ausencia de cáliz, pero con características mínimas típicas de la variedad.

Los frutos exportados exigen tratamiento cuarentenario y normalmente corresponden a las categorías Extra o Primera.

Los calibres recomendados son: 1, 2, 3. Los frutos deben ser firmes para poder soportar el ablandamiento posterior.

Medida Europea	X	1	2	3
Calibre/Diámetro	73-69	68-64	63-59	58-53

El pre enfriamiento puede realizarse en cámaras, una vez que el fruto alcance 0-1°C en menos de 48 horas. Este tiempo puede reducirse empleando túneles de aire forzado sin que por ello se produzcan pérdidas de calidad del fruto.

El Consorcio de productores de fruta (CPF) cuenta con certificaciones internacionales. Entre ellos:

- **Tesco Nature Choice:** exigido por supermercados Tesco en Reino Unido y referido a estándares de seguridad, calidad y medio ambiente.
- **BASC:** gestión de control y seguridad para impedir que nuestras actividades sean involucradas en actos ilícitos como contrabando, narcotráfico y terrorismo.
- **SEDEX:** para el intercambio de información ética de proveedores.
- **BRC:** British Retail Consortium, exigido en nuestras plantas empacadoras, para el cumplimiento de obligaciones legales y de protección al consumidor.

Requisitos Fitosanitarios para la Exportación al mercado

La fruta importada debe recibir permiso previo de su importación, emitido por la Sub dependencia para la Protección y Cuarentena Vegetal – PPQ.

La fruta debe importarse sólo en cargamentos comerciales.

La fruta debe provenir de zonas productoras específicas determinadas por SENASA: Piura, Lambayeque, Lima, Ica y Junín.

Los sitios productores deben estar inscritos en SENASA, aprobados por este y deben participar en el Programa Nacional Peruano de Erradicación de la Mosca de la Fruta.

El SENASA debe mantener un programa de erradicación de la mosca de la fruta certificada por el Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS agencia responsable de la sanidad vegetal y animal dependiente del USDA)

La fruta debe ser sometida a un tratamiento en frío diseñado para matar ciertas moscas de la fruta, o irradiados según las disposiciones de la norma 7 CFR 305.

La fruta debe estar acompañado de un certificado fitosanitario, que deberá contener una declaración adicional que la fruta está libre de *Ecdytolpha aurantiana*.

La fruta está sujeta a una inspección fitosanitaria en el puerto de ingreso, para confirmar que está libre de moscas de la fruta y de *Ecdytolpha aurantiana*.

Principales Etapas del Proceso de Exportación a USA

Huerto interesado en Systems Approach

Controla *Brevipalpus chilensis*

Huerto se inscribe en registro SAG

Previa inici de cosecha

Huerto certificado

Inicio de cosecha

Aplicación de procedimientos de postcosecha

Presentación de lotes a muestreo

Inspección de lotes

Lote aprobado

Proceso de certificación de la mandarina por parte de la usda, para la exportación al mercado americano

ANEXO 4.1 Clases de Tuberías PVC

La tubería de PVC son fabricados con espesores de pared, calculados con un factor de seguridad FS = 2.5 (exigido por Sedapal). La Norma Técnica Peruana exige que para los diámetros de 1/2" y 1" los tubos deben ser en CLASE 10. Todos los tubos se fabrican con sistema de empalme espiga - campana (EC) o simple presión (SP)

Tubo PVC-U para fluidos a presión con empalme espiga campana o simple presión (SP) - Especificaciones técnicas NTP 399,002

DIAMETRO EXTERIOR		LONGITUD			CLASE 5 75 PSI (5 bar)			CLASE 7.5 105 PSI (7.5 bar)			CLASE 10 150 PSI (10 bar)			CLASE 15 200 PSI (15 bar)		
NOM	REAL	TOTAL	UTIL	ESP.	Diam. Inter.	PESO	ESP.	Diam. Inter.	PESO	ESP.	Diam. Inter.	PESO	ESP.	Diam. Inter.	PESO	
Pulg	mm	metros	metros	mm	mm	kg x tubo	mm	mm	kg x tubo	mm	mm	kg x tubo	mm	mm	kg x tubo	
1/2	21.0	5.00	4.97	-	-	-	-	-	-	1.8	17.4	0.840	1.8	17.9	-	
3/4	26.5	5.00	4.96	-	-	-	-	-	-	1.8	22.9	1,080	1.8	22.9	-	
1	33.0	5.00	4.96	-	-	-	-	-	-	1.8	29.4	1,363	2.3	28.4	2,877	
1.1/4	42.0	5.00	4.96	-	-	-	1.8	38.4	1,74	2.0	38	1,940	2.9	36.2	2,750	
1.1/2	48.0	5.00	4.96	-	-	-	1.8	44.4	2,016	2.3	43.4	2,549	3.3	41.4	3,577	
2	60.0	5.00	4.95	1.8	56.4	2,359	2.2	55.4	3,082	2.9	54.2	4,013	4.2	51.6	6,680	
2.1/2	73.0	5.00	4.94	1.8	69.4	3,102	2.6	67.8	4,435	3.5	66	5,894	5.1	62.8	8,390	
3	88.5	5.00	4.93	2.2	84.1	4,599	3.2	82.1	6,612	4.2	80.1	8,576	6.2	76.1	12,360	
4	114.0	5.00	4.90	2.8	108.4	7,540	4.1	105.8	10,911	5.4	103.2	14,201	8.0	98.0	20,535	
6	168.0	5.00	4.86	4.1	159.8	16,278	6.1	155.8	23,923	8.0	152	31,006	11.7	144.6	44,299	
8	219.0	5.00	4.82	5.3	208.4	27,440	7.9	203.2	40,405	10.4	198.2	52,262	15.3	188.4	75,513	
10	273.0	5.00	4.77	6.7	259.6	43,223	9.9	253.2	63,100	13.0	247.0	81,884	19.0	235.0	116,919	
12	323.0	5.00	4.73	7.9	307.2	60,301	11.7	299.6	88,231	15.4	292.2	114,754	22.5	278.0	163,796	

Tubo PVC-U para conducción de fluidos a presión con empalme unión flexible (UF)
- Especificaciones técnicas NTP-ISO 4422

UNION FLEXIBLE (U. F.)				SERIE 6.6 (Clase 15) Presión de trabajo a 20°C : 15 bar			SERIE 10 (Clase 10) Presión de trabajo a 20°C : 10 bar			SERIE 13.3 (Clase 7.5) Presión de trabajo a 20°C : 7.5 bar			SERIE 20 (Clase 5) Presión de trabajo a 20°C : 5 bar		
Ø NOMINAL		LONGITUD (m)		Ø INT. (mm)	ESP. PARED (mm)	PESO APROX. (Kg/unid.)	Ø INT. (mm)	ESP. PARED (mm)	PESO APROX. (Kg/unid.)	Ø INT. (mm)	ESP. PARED (mm)	PESO APROX. (Kg/unid.)	Ø INT. (mm)	ESP. PARED (mm)	PESO APROX. (Kg/unid.)
mm	Pulg.	Útil	Total												
63	2	5.90	6.00	54.20	4.40	7.32	57.00	3.00	5.13	58.40	2.30	3.99	59.80	1.60	2.83
75	2.1/2	5.89	6.00	64.40	5.30	10.48	67.80	3.60	7.32	69.40	2.80	5.78	71.20	1.90	4.00
90	3	5.89	6.00	77.40	6.30	14.96	81.40	4.30	10.50	83.40	3.30	8.18	85.60	2.20	5.56
110	4	5.88	6.00	94.60	7.70	22.35	99.40	5.30	15.81	102.00	4.00	12.13	104.60	2.70	8.34
140	5.1/2	5.87	6.00	120.40	9.80	36.06	126.60	6.70	25.21	129.80	5.10	19.42	133.00	3.50	13.48
160	6	5.85	6.00	137.60	11.20	47.28	144.60	7.70	33.42	148.40	5.80	25.58	152.00	4.00	17.92
200	8	5.84	6.00	172.00	14.00	73.88	180.80	9.60	52.09	185.40	7.30	40.24	190.20	4.90	27.53
250	10	5.81	6.00	215.00	17.50	115.44	226.20	11.90	80.75	231.80	9.10	62.71	237.60	6.20	43.52
315	12	5.77	6.00	271.00	22.00	182.89	285.00	15.00	128.25	292.20	11.40	99.01	299.60	7.70	68.15
355	14	5.75	6.00	305.40	24.80	231.07	321.20	16.90	161.23	329.20	12.90	124.52	337.60	8.70	85.01
400	16	5.74	6.00	344.00	28.00	293.92	361.80	19.10	205.28	371.00	14.50	157.72	380.40	9.80	107.90
450	18	5.7	6.00	387.2	31.4	370.9	407	21.5	260	417.40	16.30	199.5	428	11	136.3
500	20	5.69	6.00	430.2	34.9	458	452.2	23.9	321.1	463.80	18.10	246.1	475.4	12.3	169.3
630	24	5.62	6.00				570	30.00	507.9	584.40	22.80	390.6	599.20	15.40	267.1

Anexo 4.2

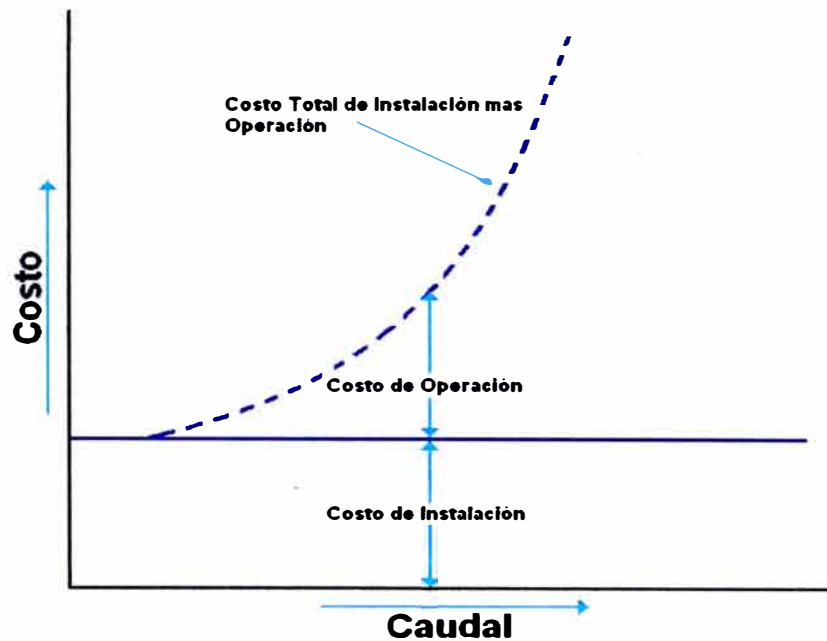
Selección del diámetro óptimo de tubería desde un criterio económico

Cuando se genera la necesidad de transportar un caudal Q , de un fluido dado a lo largo de cierta distancia; de inmediato se piensa en la utilización de tubería para lograr tal fin. Ahora se abordará el tema desde el punto de vista económico. Por el hecho que la tubería circular tiene la geometría óptima para el transporte de fluidos (además de varias razones técnicas); solo se considera esta en el presente artículo.

La razón económica por la cual se afirma lo anterior, es que el círculo es la forma geométrica que tiene mayor área con el menor perímetro (y por lo tanto requiere menos material para su construcción). Al momento de seleccionar el diámetro de la tubería no solo se debe considerar un criterio técnico (capacidad y resistencia); sino también debe estar basado en un criterio económico.

El criterio económico que será propuesto está sustentado en el análisis del Costo Total del Ciclo de Vida para una longitud de tubería dada. Dicho Costo Total incluye el costo inicial de instalación (costo fijo o de capital), más el costo de operación (bombeo) en el cual se incurre a lo largo de todo el tiempo de trabajo de la tubería. El sentido común nos indica que el valor de la tubería aumenta, en la medida en que el diámetro aumenta. Y haciendo una análisis somero, se puede evidenciar fácilmente que las pérdidas de energía generadas por la fricción (y por consiguiente el consumo de energía), para un caudal Q fijo, disminuye en la medida en que la tubería es de mayor tamaño. En concreto, todos los diámetros de tubería

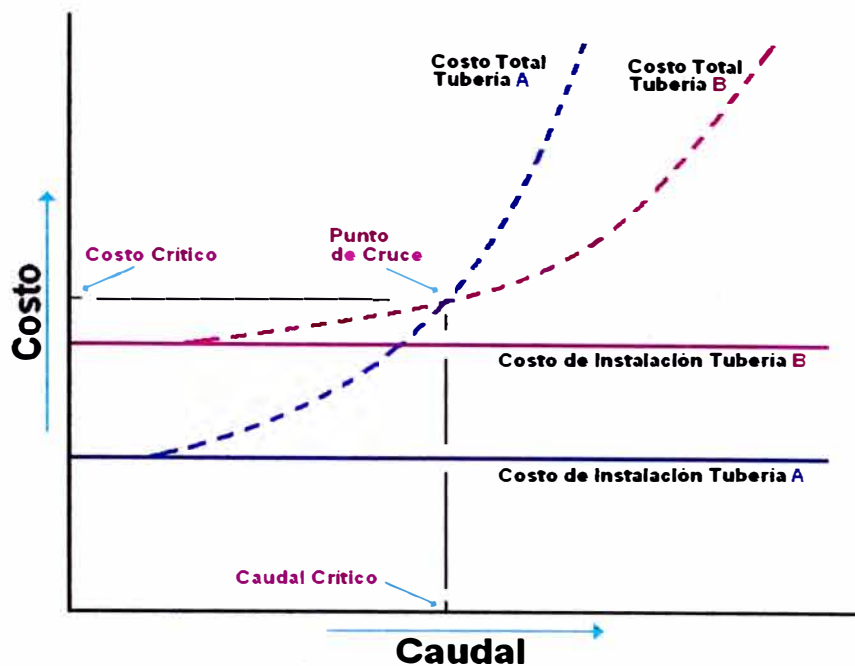
tienen un costo de instalación fijo y un costo de operación que crece exponencialmente en la medida en que se aumenta el caudal (Ver gráfica 1).



Gráfica 1.

Como se puede ver en la gráfica anterior, cuando el caudal es bajo, el costo de operación también es bajo, pero esta última crece exponencialmente en la medida en que se incrementa el caudal manejado. Cuando el caudal es bajo el mayor porcentaje del costo total se le atribuye al costo de instalación, pero en la medida que dicho caudal aumente, el costo de operación crece muy rápido, y muy fácilmente, duplica o triplica el costo de instalación. Lo expuesto anteriormente, fue con la intención de mostrar los dos componentes de costo y su comportamiento, para un diámetro de tubería dado, en función del caudal Q manejado.

Ahora se analizará el comportamiento de dos tuberías de diferente diámetro sobre la misma gráfica, esto con el fin de poder comparar el Costo Total del Ciclo de Vida de cada una de las dos tuberías (Ver gráfica 2).



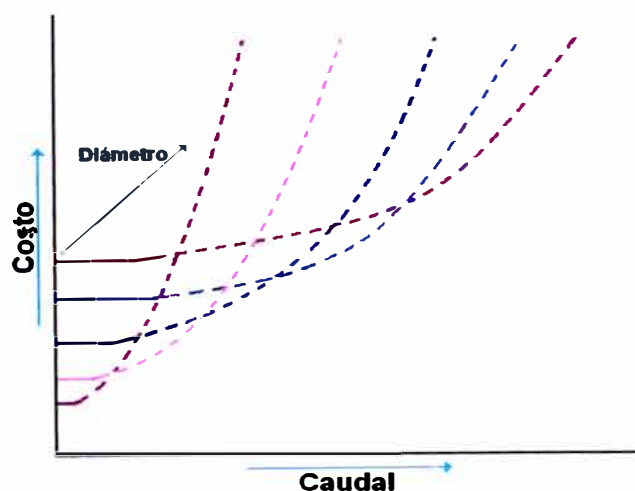
Gráfica 2

La tubería A (pequeña) tiene un costo de instalación inicial bajo y, a caudales bajos, es la alternativa más económica. En la medida en que el caudal se incrementa, el costo de operación de la tubería pequeña incrementa más rápidamente, hasta el punto donde el costo total para la tubería pequeña es alto.

Ahora, para poder comparar la viabilidad de cada una de las tuberías, es indispensable poner la atención sobre el punto de cruce entre las curvas de costo total. Este punto de cruce está asociado a un caudal crítico, es decir, un valor de caudal, donde se transfiere el menor costo total de una tubería a la otra. A la derecha del punto de cruce, la tubería B (grande) es la selección más económica, dado que, aunque tiene un costo de instalación mayor, el comportamiento del costo de operación hace que el costo total sea menor. De esta forma se puede ver claramente que si el caudal requerido por el proceso es menor al caudal crítico (caudal correspondiente al punto de cruce), se debe utilizar la tubería de menor diámetro. Para el caso en donde dicho caudal requerido esté en la vecindad de

caudal crítico, se recomienda utilizar la tubería más grande y así tener capacidad suficiente para poder asumir y compensar los efectos futuros de algún cambio en el proceso y/o obstrucciones de la tubería. Adicionalmente a lo anterior, al utilizar la tubería de mayor diámetro se disminuye la velocidad de flujo y se alarga la vida útil de la tubería ya que se evitan problemas de abrasión por altas velocidades, si se diera el caso que el fluido manejado tenga sólidos en suspensión. Con la ayuda de una hoja de cálculo electrónica y teniendo en cuenta ciertas variables como el tiempo de duración de operación, el costo de la energía, longitud del ciclo de vida, eficiencia del motor y de la bomba y el costo de capital de la tubería, entre otros, se puede hacer un análisis considerando todo el espectro de posibilidades que influyen en la cuantificación del valor del costo total del ciclo de vida y así poder escoger la opción más económica para el proyecto.

Ya para concluir, sería de gran ayuda cuando se presentan varios procesos que requieren de manejo de caudales diferentes, hacer una gráfica conjunta donde se muestren las curvas de costo total para varias tuberías y así poder determinar rápidamente dependiendo del caudal a manejar, el diámetro óptimo a utilizar (Ver gráfica 3).



Gráfica 3
Fuente: Mendoza González Félix

Anexo 4.3
Planilla electrónica de cálculo hidráulico de tuberías primarias

DISEÑO DE LA TUBERIA PRIMARIA

Caudal (m3/h)	DN	5	6	7,5	Vmax (m/s)	Factor Seguridad	Método	C	Desnivel	Presion (m.c.a.)		
	250	237,8	235,4	231,8						VR-5	25	7
	240,0	315	299,6	296,6						292,2	VR-7	29

Tramo / Nodo	Cota / hp (m)	L. Tramo (m)	Caudal (m3/h)	Dia. nom. (mm)	Clase	Dia. Int. (mm)	L. Acum. (m)	Velocidad (m/s)	Prueba Velocidad	Tiempo (min.)	J%	hc (m.c.a.)	M%	h (m.c.a.)	P Din. (m.c.a.)	P Est. (m.c.a.)
CF / A	530		240,0	8"			0		OK						24,00	32,00
A-B	-17	713	240,0	250	5	237,8	713,0	1,50	OK	7,92	0,0076	5,39	-0,02	-11,61	35,61	49,00
VR-5 / B	513		240,0	8"			713,0		OK						25,00	7,00
B-C	-25	1016	240,0	250	5	237,8	1729,0	1,50	OK	19,20	0,0076	7,67	-0,02	-17,33	42,33	32,00
C	488		240,0				1729,0		OK						42,33	32,00
C-D	-11	468	240,0	250	6	235,4	2197,0	1,53	OK	24,29	0,0079	3,71	-0,02	-7,29	49,61	43,00
D	477		240,0				2197,0		OK						49,61	43,00
D-E	-19,5	1278	240,0	250	7,5	231,8	3475,0	1,58	OK	37,77	0,0086	10,93	-0,02	-8,57	58,18	62,50
E	457,5		240,0				3475,0		OK						58,18	62,50
E-F	15	200	240,0	250	7,5	231,8	3675,0	1,58	OK	39,88	0,0086	1,71	0,08	16,71	41,47	47,50
F	472,5		240,0				3675,0		OK						41,47	47,50
F-G	9,5	159	240,0	250	6	235,4	3834,0	1,53	OK	41,61	0,0079	1,26	0,06	10,76	30,71	38,00
G	482		240,0				3834,0		OK						30,71	38,00
G-H	2	24	240,0	250	5	237,8	3858,0	1,50	OK	41,88	0,0076	0,18	0,08	2,18	28,52	36,00
Zona 1 / H	484		240,0				3858,0		OK						28,52	36,00
H-I	-3	121	240,0	250	5	237,8	121,0	1,50	OK	43,22	0,0092	1,11	-0,02	-1,89	30,41	39,00
VR-7 / I	481		240,0	8"	16		121,0		OK						29,00	29,00
I-J	-19	250	240,0	250	5	237,8	371,0	1,50	OK	46,00	0,0092	2,30	-0,08	-16,70	45,70	48,00
J	462		240,0				371,0		OK						45,70	48,00
J-K	-10	75	240,0	250	6	235,4	446,0	1,53	OK	46,81	0,0096	0,72	-0,13	-9,28	54,98	58,00
K	452		240,0				446,0		OK						54,98	58,00
K-L	-1	208	240,0	250	7,5	231,8	654,0	1,58	OK	49,01	0,0104	2,16	0,00	1,16	53,82	59,00
L	451		240,0				654,0		OK						53,82	59,00
L-M	10	119	240,0	250	6	235,4	773,0	1,53	OK	50,30	0,0096	1,15	0,08	11,15	42,67	49,00
M	461		240,0				773,0		OK						42,67	49,00
M-N	11	130	240,0	250	5	237,8	903,0	1,50	OK	51,75	0,0092	1,19	0,08	12,19	30,48	38,00
Zona 2 / N	472		240,0				903,0		OK						30,48	38,00
H-O	-6	1104	240,0	250	5	237,8	1104,0	1,50	OK	54,14	0,0092	10,14	-0,01	4,14	24,39	42,00
O	478		240,0				1104,0		OK						24,39	42,00
O-P	-10	704	240,0	250	6	235,4	1808,0	1,53	OK	61,80	0,0096	6,79	-0,01	-3,21	27,60	52,00
Zona 3 / P	488		240,0				1808,0		OK						27,60	52,00

ANEXO 4.4
Planilla electrónica de cálculo hidráulico de tuberías secundarias.

PROGRAMACION DE TURNOS DE RIEGO:

Fecha	13-dic-11
Eto	5,0
Sal. CF2	24
VR - 6 :	25
VR - 7 :	29

EVAPORACION	5,0	EVAPORACION	5,0	EVAPORACION	5,0	EVAPORACION	5,0	EVAPORACION	5,0	EVAPORACION	5,0	EVAPORACION	5,0	EVAPORACION	5,0	EVAPORACION	5,0
Kc	0,60	Kc	0,60	Kc	0,60	Kc	0,60	Kc	0,60	Kc	0,6	Kc	0,6	Kc	0,6	Kc	0,6
Nº DE PULSOS	1	Nº DE PULSOS	1	Nº DE PULSOS	1	Nº DE PULSOS	1	Nº DE PULSOS	1	Nº DE PULSOS	1	Nº DE PULSOS	1	Nº DE PULSOS	1	Nº DE PULSOS	1
M3 A APLICAR	370	M3 A APLICAR	417	M3 A APLICAR	379	M3 A APLICAR	404	M3 A APLICAR	365	M3 A APLICAR	406	M3 A APLICAR	415	M3 A APLICAR	348	M3 A APLICAR	333
MIN. DE RIEGO	107,1	MIN. DE RIEGO	107,1	MIN. DE RIEGO	107,1	MIN. DE RIEGO	107,1	MIN. DE RIEGO	107,1	MIN. DE RIEGO	107,1	MIN. DE RIEGO	107,1	MIN. DE RIEGO	107,1	MIN. DE RIEGO	107,1
LT. / PLANTA 1	28,6	LT. / PLANTA 1	28,6	LT. / PLANTA 1	28,6	LT. / PLANTA 1	28,6	LT. / PLANTA 1	28,6	LT. / PLANTA 1	28,6	LT. / PLANTA 1	28,6	LT. / PLANTA 1	28,6	LT. / PLANTA 1	28,6

VALVULA	COTA	PLANTAS	AREA	Distancia		Caudal (m ³ /h)	Vol. Lt./m	Vol Acc a CF
				a CF2	a INY 3			
				Factor Q = 1,05				
CF / A	530,0	0		0		0,0		0,0
VR 5 / B	513,0	0		713		0,0	44,4	31,7
C	488,0	0		1.729		0,0	44,4	76,8
D	477,0	0		2.197		0,0	43,5	97,1
E	457,5	0		3.475		0,0	42,2	151,1
F	472,5	0		3.675		0,0	42,2	159,5
G	482,0	0		3.834		0,0	43,5	166,4
T250 / H	484,0	0		3.874	0	0,0	44,4	168,2
101	484,0	3.860	3,9	3.919	45	64,8	44,4	170,2
VR 7 / I	481,0	0	0	4.040	166	0,0	44,4	175,6
102	478,0	4.190	4,2	3.958	84	70,4	44,4	171,9
103	471,0	4.060	4,1	4.099	225	68,2	44,4	178,2
104	462,0	2.840	2,8	4.194	320	47,7	44,4	182,4
T 250x200	483,0	0	0	4.234	360	0,0	40,2	183,5
105	481,5	3.840	3,8	4.279	405	64,5	28,4	184,7
106	476,5	3.850	3,9	4.394	520	64,7	28,4	188,0
107	468,0	3.870	3,9	4.504	630	65,0	17,3	189,9
108	463,5	3.720	3,7	4.619	745	62,5	8,2	190,8
109	488,0	5.140	5,1	4.064	190	86,4	44,4	176,6
110	483,0	2.120	2,1	4.240	366	35,6	44,4	183,7
111	489,5	2.210	2,2	4.694	820	37,1	44,4	203,9
112	486,5	4.680	4,7	4.798	924	78,6	44,4	206,5
113	480,5	5.360	5,4	4.935	1.061	90,0	44,4	214,6
Cruz Lote 2	472,0	0	0	4.728	854	0,0	43,2	205,4
114	458,0	3.660	3,7	4.890	1.016	61,5	8,2	207,7
115	464,0	4.370	4,4	4.820	946	73,4	18,2	207,1
116	474,0	3.920	3,9	4.748	874	65,9	18,2	205,8
117	482,5	4.150	4,2	4.856	982	69,7	18,2	207,8
118	487,0	4.070	4,1	4.976	1.102	68,4	18,2	210,0
119	466,0	4.780	4,8	5.025	1.151	80,3	28,4	213,9
120	466,0	4.460	4,5	5.025	1.151	74,9	28,4	213,9
121	456,5	4.840	4,8	5.242	1.388	81,3	13,7	216,9
122	443,5	5.140	5,1	5.492	1.618	88,4	13,2	220,2
T 250x140	468,0	0	0	5.315	1.441	0,0	43,5	231,1
123	472,0	4.330	4,3	5.939	2.065	72,7	13,2	239,4
124	469,0	4.340	4,3	5.351	1.477	72,9	43,5	232,7
125	478,0	4.440	4,4	5.606	1.732	74,6	44,2	244,0
126	484,0	4.610	4,6	5.861	1.987	77,4	28,4	251,2
127	489,5	4.800	4,8	6.089	2.215	80,6	18,2	255,3
128	496,0	2.930	2,9	6.322	2.448	49,2	18,2	259,6

GRUPO 1				GRUPO 2				GRUPO 3				GRUPO 4				GRUPO 5				GRUPO 6				GRUPO 7				GRUPO 8				GRUPO 9			
Turno	Q ac. m ³ /h	Difer. Pésión	Presión Válvula	Turno	Q ac. m ³ /h	Difer. Pésión	Presión Válvula	Turno	Q ac. m ³ /h	Difer. Pésión	Presión Válvula	Turno	Q ac. m ³ /h	Difer. Pésión	Presión Válvula	Turno	Q ac. m ³ /h	Difer. Pésión	Presión Válvula	Turno	Q ac. m ³ /h	Difer. Pésión	Presión Válvula	Turno	Q ac. m ³ /h	Difer. Pésión	Presión Válvula	Turno	Q ac. m ³ /h	Difer. Pésión	Presión Válvula	Turno	Q ac. m ³ /h	Difer. Pésión	Presión Válvula
1	207,0	4,74	24,0	1	233,7	5,94	24,0	1	212,2	4,97	24,0	1	226,5	5,60	24,0	1	204,6	4,64	24,0	1	227,1	5,63	24,0	1	232,5	5,88	24,0	1	194,9	4,24	24,0	1	186,5	3,91	24,0
1	207,0	6,76	25,0	1	233,7	8,46	25,0	1	212,2	7,08	25,0	1	226,5	7,98	25,0	1	204,6	6,62	25,0	1	227,1	8,03	25,0	1	232,5	8,38	25,0	1	194,9	6,05	25,0	1	186,5	5,57	25,0
1	207,0	3,27	51,0	1	233,7	4,10	48,4	1	212,2	3,43	50,5	1	226,5	3,87	49,2	1	204,6	3,20	51,2	1	227,1	3,89	49,1	1	232,5	4,06	52,0	1	194,9	2,93	52,0	1	186,5	2,70	52,7
1	207,0	9,62	60,8	1	233,7	12,05	55,9	1	212,2	10,07	59,9	1	226,5	11,37	57,3	1	204,6	9,42	61,3	1	227,1	11,43	57,2	1	232,5	11,93	56,1	1	194,9	8,61	62,9	1	186,5	7,93	64,3
1	207,0	1,51	44,3	1	233,7	1,89	39,0	1	212,2	1,58	43,3	1	226,5	1,78	40,5	1	204,6	1,47	44,8	1	227,1	1,79	40,4	1	232,5	1,87	39,3	1	194,9	1,35	46,6	1	186,5	1,24	48,1
1	207,0	1,11	33,7	1	233,7	1,39	28,1	1	212,2	1,16	32,7	1	226,5	1,31	29,7	1	204,6	1,09	34,2	1	227,1	1,32	29,5	1	232,5	1,38	28,4	1	194,9	0,99	36,1	1	186,5	0,92	37,6
1	207,0	0,27	31,5	1	233,7	0,33	25,8	1	212,2	0,28	30,4	1	226,5	0,31	27,4	1	204,6	0,26	31,9	1	227,1	0,32	27,2	1	232,5	0,33	26,0	1	194,9	0,24	33,8	1	186,5	0,22	35,4
1	207,0	0,30	31,2	1	233,7	0,37	29,0	1	212,2	0,32	30,4	1	226,5	0,35	27,0	1	204,6	0,29	31,6	1	227,1	0,36	26,9	1	232,5	0,37	26,0	1	194,9	0,24	33,8	1	186,5	0,22	35,4
1	207,0	0,80	29,0	1	233,7	1,07	25,8	1	212,2	0,87	25,8	1	226,5	1,01	23,4	1	204,6	0,86	29,0	1	227,1	1,02	23,4	1	232,5	1,03	23,4	1	194,9	0,77	33,8	1	186,5	0,72	35,4
1	207,0	0,02	25,8	1	233,7	0,03	25,8	1	212,2	0,02	30,4	1	226,5	0,03	27,4	1	204,6	0,02	31,9	1	227,1	0,03	27,2	1	232,5	0,03	26,0	1	194,9	0,02	33,8	1	186,5	0,02	35,4
1	207,0	0,05	28,7	1	233,7	0,06	25,8	1	212,2	0,05	30,4	1	226,5	0,06	27,4	1	204,6	0,05	29,0	1	227,1	0,06	26,9	1	232,5	0,06	26,0	1	194,9	0,05	33,8	1	186,5	0,05	35,4
1	207,0	-0,55	32,5	1	233,7	-0,44	31,7	1	212,2	-0,40	32,0	1	226,5	-0,44	29,0	1	204,6	-0,36	31,6	1	227,1	-0,36	26,9	1	232,5	-0,37	26,0	1	194,9	-0,24	33,8	1	186,5	-0,22	35,4
1	136,6	0,43	39,1	1	136,6	0,43	39,1	1	136,6	0,43	39,1	1	136,6	0,43	39,1	1	136,6	0,43	39,1	1	136,6	0,43	39,1	1	136,6	0,43	39,1	1	136,6	0,43	39,1	1	136,6	0,43	39,1
1	68,4	0,08	48,0	1	68,4	0,08	48,0	1	68,4	0,08	48,0	1	68,4	0,08	48,0	1	68,4	0,08	48,0	1	68,4	0,08	48,0	1	68,4	0,08	48,0	1	68,4	0,08	48,0	1	68,4	0,08	48,0
1	0,0	0,00	32,5	1	0,0	0,00	32,5	1	0,0	0,00	32,5	1	0,0	0,00	32,5	1	0,0	0,00	32,5	1	0,0	0,00	32,5	1	0,0	0,00	32,5	1	0,0	0,00	32,5	1	0,0	0,00	32,5
1	0,0	0,00	34,0	1	0,0	0,00	34,0	1	0,0	0,00	34,0	1	0,0	0,00	34,0	1	0,0	0,00	34,0	1	0,0	0,00	34,0	1	0,0	0,00	34,0	1	0,0	0,00	34,0	1	0,0	0,00	34,0
1	0,0	0,00	39,0	1	0,0	0,00	39,0	1	0,0	0,00	39,0	1	0,0	0,00	39,0	1	0,0	0,00	39,0	1	0,0	0,00	39,0	1	0,0	0,00	39,0	1	0,0	0,00	39,0	1	0,0	0,00	39,0
1	0,0	0,00	47,5	1	0,0	0,00	47,5	1	0,0	0,00	47,5	1	0,0	0,00	47,5	1	0,0	0,00	47,5	1	0,0	0,00	47,5	1	0,0	0,00	47,5	1	0,0	0,00	47,5	1	0,0	0,00	47,5
1	0,0	0,00	52,0	1	0,0	0,00	52,0	1	0,0	0,00	52,0	1	0,0	0,00	52,0	1	0,0	0,00	52,0	1	0,0	0,00	52,0	1	0,0	0,00	52,0	1	0,0	0,00	52,0	1	0,0	0,00	52,0
1	0,0	0,00	27,5	1	0,0	0,00	27,5	1	0,0	0,00	27,5	1	0,0	0,00	27,5	1	0,0	0,00	27,5	1	0,0	0,00	27,5	1	0,0	0,00	27,5	1	0,0	0,00	27,5	1	0,0	0,00	27,5
1	0,0	0,00	32,5	1	0,0	0,00	32,5	1	0,0	0,00	32,5	1	0,0	0,00	32,5	1	0,0	0,00	32,5	1	0,0	0,00	32,5	1	0,0	0,00	32,5	1	0,0	0,00	32,5	1	0,0	0,00	32,5
1	0,0	0,00	26,0	1	0,0	0,00	26,0	1	0,0	0,00	26,0	1	0,0	0,00	26,0	1	0,0	0,00	26,0	1	0,0	0,00	26,0	1	0,0	0,00	26,0	1	0,0	0,00	26,0	1	0,0	0,00	26,0
1	0,0	0,00	29,0	1	0,0	0,00	29,0</																												

Anexo 4.5

Uso del software HidroCalc para cálculo de laterales

El software HIDROCALC de NETAFIM es una herramienta muy útil para el cálculo de las presiones requeridas por longitud de los laterales o mangueras de goteo, como se muestra en la cuadro siguiente para el modelo DRPNET PC 16250 de caudal de gotero 2 l/h y distanciamiento 0.5 m y presión de operación mínima exigida de 5m.c.a.

DRPNET PC 16250	
L (m)	P (m.c.a.)
10	5,00
20	5,02
30	5,06
40	5,14
50	5,26
60	5,44
70	5,67
80	5,98
90	6,36
100	6,83
110	7,40
120	8,06
130	8,84
140	9,73
150	10,75
160	11,90
170	13,19
180	14,63
190	16,22
200	17,97
210	19,89
220	21,98
230	24,26

NETAFIM Línea de Emisores-Datos

Imprimir Tabla Graf Resultados Adicionales Computacion

Topografía <input checked="" type="checkbox"/> Fija Pendier 0 <input type="checkbox"/> No uniforme-cambiante		Emisor Drip Line Tipo DRIPNET PC 16250		Retrolavado Espacio de los Emisores m: 0,5 Velocidad m/s:	
Material-Tubos Tipo-Tubo:		Grado-Presion Grado-Presion:		Caudal Caudal l/h: 2,00	
Diam. Interno mm: 15,4 KD: 0,4		Exponent: 2 K:		Largo-Segmento m: 100 Perdidas-Presion m: 1,83 Presion m: 6,83 Velocidad m/s: 0,60	
Metodo de Calculo Largo-Linea de Emisores:		Total de Emisores: 200 Largo Total m: 100		Perdidas-Presion m: 1,83 Presion Final: 5	

En la figura se muestra el cálculo para un lateral de 100 m la presión requerida de 6.83 m.c.a.

ANEXO 4.6
Planilla electrónica de cálculo hidráulico de tuberías terciarias

DISEÑO DE LA VALVULA 101:

Especificaciones del lote

mang = 2
Q/m = 4 Lt/m

Factores de Diseño

Desnivel: (+) subida (-) bajada
Vmax = 2,2 m/s

F = 1,05
C = 150

Punto de Operación de Válvula

Presión = 22 m.c.a.
Caudal = 65,9 m³/h

Rango de presión de mangueras.

Pmax = 25 m.c.a.
Pmin = 5 m.c.a.













Lote	Nº Raya	L. mang (m)	Caudal (m ³ /h)	Dia. nom. (mm)	Dia. Int. (mm)	L. Tramo (m)	L. Acum. (m)	Velocidad (m/s)	Prueba Velocidad	Tiempo (min.)	Var. Des. (m)	Hf (m.c.a.)	Hf Acum. (m.c.a.)	Inicio (m.c.a.)	Des. Máx. (m.c.a.)	Des. Real (m.c.a.)	Prueba Presión
V-101 - Sur	1	80	0,6	63	59,8	5	5,0	0,06	OK	1,32	0	0,001	0,192	21,78	15,8	-4,0	OK
	2	80	1,3	63	59,8	5	10,0	0,13	OK	0,66	0	0,002	0,191	21,78	15,8	-4,0	OK
	3	90	2,0	63	59,8	5	15,0	0,20	OK	0,42	0	0,004	0,189	21,78	15,4	-4,0	OK
	4	100	2,8	63	59,8	5	20,0	0,28	OK	0,30	0	0,008	0,185	21,79	15,0	-4,0	OK
	5	110	3,7	63	59,8	5	25,0	0,36	OK	0,23	0	0,014	0,176	21,79	14,4	-4,0	OK
	6	120	4,6	63	59,8	5	30,0	0,46	OK	0,18	0	0,021	0,163	21,81	13,7	-5,0	OK
	7	140	5,8	63	59,8	5	35,0	0,57	OK	0,15	0	0,031	0,142	21,83	12,1	-5,0	OK
	8	150	7,0	63	59,8	5	40,0	0,69	OK	0,12	0	0,045	0,110	21,86	11,1	-5,0	OK
	9	200	8,6	63	59,8	5	45,0	0,85	OK	0,10	0	0,065	0,065	21,90	3,9	-6,0	OK
	10	200	65,9	140	126,6	2	2,0	1,45	OK	0,02	0	0,030	0,030	21,97	4,0	-6,0	OK
	11	200	20,8	63	59,8	5	50,0	2,06	OK	0,04	-0,15	0,339	0,189	21,78	3,8	-7,0	OK
	12	200	19,2	63	59,8	5	55,0	1,90	OK	0,04	-0,15	0,292	0,331	21,64	3,7	-7,0	OK
	13	200	17,6	63	59,8	5	60,0	1,74	OK	0,05	-0,15	0,249	0,430	21,54	3,6	-8,0	OK
	14	200	16,0	63	59,8	5	65,0	1,58	OK	0,05	-0,15	0,209	0,489	21,48	3,5	-8,0	OK
	15	200	14,4	63	59,8	5	70,0	1,42	OK	0,06	-0,15	0,172	0,510	21,46	3,5	-9,0	OK
	16	200	12,8	63	59,8	5	75,0	1,27	OK	0,07	-0,15	0,138	0,498	21,47	3,5	-9,0	OK
	17	200	11,2	63	59,8	5	80,0	1,11	OK	0,08	-0,15	0,108	0,456	21,51	3,5	-10,0	OK
	18	200	9,6	63	59,8	5	85,0	0,95	OK	0,09	-0,25	0,081	0,287	21,68	3,7	-10,0	OK
	19	200	8,0	63	59,8	5	90,0	0,79	OK	0,11	-0,25	0,058	0,095	21,88	3,9	-11,0	OK
	20	200	6,4	63	59,8	5	95,0	0,63	OK	0,13	-0,25	0,038	-0,117	22,09	4,1	-11,0	OK
	21	200	4,8	63	59,8	5	100,0	0,47	OK	0,18	-0,25	0,022	-0,345	22,31	4,3	-11,0	OK
	22	200	3,2	63	59,8	5	105,0	0,32	OK	0,26	-0,5	0,011	-0,834	22,80	4,8	-12,0	OK
	23	200	1,6	63	59,8	5	110,0	0,16	OK	0,53	-0,5	0,003	-1,331	23,30	5,3	-12,0	OK
V-101 - Norte	1	190	1,5	63	59,8	5	5,0	0,15	OK	0,55	0,003	0	0,573	21,18	5,0	4,0	OK
	2	190	3,0	63	59,8	5	10,0	0,30	OK	0,28	0,010	0	0,570	21,18	5,0	4,0	OK
	3	190	4,6	63	59,8	5	15,0	0,45	OK	0,18	0,020	0	0,561	21,19	5,0	3,0	OK
	4	190	6,1	63	59,8	5	20,0	0,60	OK	0,14	0,035	0	0,540	21,21	5,0	3,0	OK
	5	190	7,6	63	59,8	5	25,0	0,75	OK	0,11	0,053	0	0,506	21,25	5,0	3,0	OK
	6	190	9,1	63	59,8	5	30,0	0,90	OK	0,09	0,074	0	0,453	21,30	5,1	3,0	OK
	7	190	10,6	63	59,8	5	35,0	1,05	OK	0,08	0,098	0	0,379	21,37	5,2	3,0	OK
	8	190	12,2	63	59,8	5	40,0	1,20	OK	0,07	0,125	0	0,281	21,47	5,3	3,0	OK
	9	190	13,7	63	59,8	5	45,0	1,35	OK	0,06	0,156	0	0,156	21,60	5,4	2,0	OK
	10	190	15,2	63	59,8	5,5	5,5	1,87	OK	0,05	0,217	0	0,217	21,75	5,5	2,0	OK
	11	190	19,8	63	59,8	5	50,0	1,95	OK	0,04	0,308	0	0,308	21,44	5,2	1,0	OK
	12	190	18,2	63	59,8	5	55,0	1,80	OK	0,05	0,266	0	0,574	21,18	5,0	1,0	OK
	13	190	16,7	63	59,8	5	60,0	1,65	OK	0,05	0,226	-0,15	0,650	21,10	4,9	1,0	OK
	14	190	15,2	63	59,8	5	65,0	1,50	OK	0,06	0,190	-0,15	0,690	21,06	4,8	0,0	OK
	15	190	13,7	63	59,8	5	70,0	1,35	OK	0,06	0,156	-0,15	0,696	21,06	4,8	0,0	OK
	16	190	12,2	63	59,8	5	75,0	1,20	OK	0,07	0,125	-0,15	0,672	21,08	4,9	0,0	OK
	17	190	10,6	63	59,8	5	80,0	1,05	OK	0,08	0,098	-0,15	0,620	21,13	4,9	0,0	OK
	18	190	9,1	63	59,8	5	85,0	0,90	OK	0,09	0,074	-0,15	0,543	21,21	5,0	0,0	OK
	19	190	7,6	63	59,8	5	90,0	0,75	OK	0,11	0,053	-0,15	0,446	21,31	5,1	0,0	OK
	20	190	6,1	63	59,8	5	95,0	0,60	OK	0,14	0,035	-0,25	0,230	21,52	5,3	0,0	OK
	21	190	4,6	63	59,8	5	100,0	0,45	OK	0,18	0,020	-0,25	0,001	21,75	5,5	0,0	OK
	22	190	3,0	63	59,8	5	105,0	0,30	OK	0,28	0,010	-0,25	-0,240	21,99	5,8	0,0	OK
	23	190	1,5	63	59,8	5	110,0	0,15	OK	0,55	0,003	-0,25	-0,487	22,24	6,0	-1,0	OK

Anexo 4.7
Tabla de selección de diámetros de válvulas.

Serie 100

Datos Técnicos

Modelos Disponibles

Válvula												
Conexión	Rosca	Rosca	Victaulic®	Bridado	Bridado	Bridado	Bridado	Rosca	Victaulic®	Rosca	Bridado	Rosca
Materiales	Hierro fundido	Bronce	Hierro fundido	Hierro fundido	Bronce	Hierro dúctil	Hierro fundido	Hierro fundido	Hierro fundido	Bronce	Hierro dúctil	Hierro dúctil
Presión Max.	16bar / 230psi										25bar / 360psi	
Tamaños disponibles	mm											
	20	3/4"	•	•								
	25	1"	•	•								
	40	1 1/2"	•	•	•				•		•	
	50	2"	•	•	•	•	•		•		•	•
	65	2 1/2"	•	•					•			
	80	3 23"	•	•	•				•		•	
	80	3"	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
	100	4"			•	•	•	•	•	•	•	
	150	6"			•	•	•	•	•	•	•	
	200	8 68"			•	•	•	•	•	•	•	
	200	8"			•	•	•	•	•	•	•	
	250	10"			•	•	•	•	•	•	•	
	300	12"			•	•	•	•	•	•	•	
	350	14"			•	•	•	•	•	•	•	
	400	16"					•	•	•	•	•	•
450	18"					•	•	•	•	•	•	
500	20"					•	•	•	•	•	•	
600	24"					•	•	•	•	•	•	

Fuente: NETAFIM

ANEXO 4.8 Válvula reguladora serie 100



Dorot Serie 100

Las válvulas diafragma de cierre directo fueron introducidas al mercado mundial por primera vez por DOROT VÁLVULAS DE CONTROL en el año 1982. Esta válvula es activada por la presión de la red y se utiliza para varias aplicaciones en el suministro de agua, en lo lucha contra incendios, en sistemas de industria, de riego y de aguas residuales.

El único componente móvil es un diafragma de goma reforzado, el cual:

- Cierra herméticamente el paso del líquido a través de la válvula cerrada.
- Permite el paso cuando la válvula se encuentra completamente abierta, sin ninguna obstrucción a la línea de flujo
- Gradúa el paso del líquido en la válvula reguladora, según dicta la presión que se encuentra dentro de la cámara de mando.

La válvula puede cerrarse o modularse utilizando la presión de línea o cualquier origen de presión externa que sea igual o mayor a la presión de línea.

Las válvulas Dorot S-100 están diseñadas para su fácil mantenimiento en línea, que puede ser ejecutado por personal no calificado utilizando herramientas simples.

La válvula no contiene ejes, juntas o cojinetes que puedan oxidarse y no hay desgaste causado por el contacto con agua sucia, abrasiva o elementos químicos.

Características y beneficios

- Simplicidad estructural.
- Diseño excepcional que incluye pérdidas sumamente bajas aún en caudales grandes de agua.
- Puede utilizarse para regular la presión desde una condición en la que no hay ningún flujo y hasta un fluido máximo, sin necesidad de utilizar dispositivos adicionales como estranguladores o válvulas de derivación.
- Apto para líquidos naturales, agua de mar o efluentes químicos.
- Existe una gran variedad de coberturas, Materiales y tipos de diafragmas.
- Todos los modelos de válvulas son aptas para una amplia variedad de aplicaciones de control utilizando las válvulas piloto de Dorot.

Tabla de Selección de Diafragmas

Diámetro		Tipo	No.	Rango de presión	
mm	Pulgada			mca	psi
20, 25	3/4", 1"	Estándar	18	12-150	17-230
		Presión Baja	85	5-100	7-140
40	1 1/2"	Estándar	13	12-150	17-230
		Presión Muy Baja	82	5-50	7-70
50, 65	2", 2 1/2", 3/23"	Estándar	03	15-150	21-230
		Presión Baja	02	7-100	10-140
		Presión Muy Baja	12	4-50	6-70
		Extreme	50	20-150	28-230
50 _{HP}	2" _{HP}	Presión Alta	69	10-250	15-360
80, 100	3", 4"	Estándar	32	12-150	17-230
		Presión Baja	05	4-100	6-140
		Extreme	61	20-150	28-230
80 _{HP}	3" _{HP}	Presión Alta	70	10-250	15-360
100 _{HP}	4" _{HP}	Presión Alta	71	10-250	15-360
150	6", 868	Estándar	62	15-150	21-230
		Presión Baja	09	5-100	7-140
		Presión Muy Baja	91	2-50	3-85
		Extreme	35	20-150	28-230
150 _{HP}	6" _{HP}	Presión Alta	72	10-250	15-360
200, 300, 350	8", 12", 14"	Estándar	36	7-150	10-230
		Presión Baja	37	2-100	3-140
		Extreme	63	20-150	28-230
200 _{HP}	8" _{HP}	Presión Alta	73	10-250	15-360
250	10"	Estándar	40	7-150	10-230
		Presión Baja	50	2-100	3-140
250 _{HP} , 400 _{HP} , 500 _{HP} , 600 _{HP}	10" _{HP} , 16" _{HP} , 20" _{HP} , 24" _{HP}	Presión Alta	78	10-250	15-360
		Presión Baja	92	2-100	3-140

- Diafragma estándar: Goma natural reforzada con nylon. Materiales opcionales: Nitrilo, EPDM, Neopreno disponibles según requerimiento
- HP: Presión Alta

Clasificación de la Presión

La clasificación de la presión en válvulas de Serie 100 es según fuerza, estándar de conexión y tipo de diafragma
 La clasificación de la presión del cuerpo en los modelos estándar es: 16 bar/ 230 psi
 La clasificación de la presión del cuerpo en los modelos de alta presión es: 25 bar/ 360 psi
 El estándar de conexión está anotado en la placa de identidad que va acopiada al cuerpo de la válvula
 La clasificación de la presión de los diafragmas es según la tabla anterior.

Especificaciones de Diseño:

Materiales	Estándar	Opcional*	Conexiones	Estándar	Opcional*
Cuerpo y tapa	Hierro fundido, Hierro dúctil, Bronce	Acero fundido, Acero inoxidable	Bridas	ISO 2084, 2441, 5752	ANSI B16 JIS B22 AS 10
Diafragma	Goma Natural	NBR, EPDM, Neopreno	Rosca	F-BSP	F-NPT
Resorte	SST 302	SST 316	Perforación de control	1/8", 1/4", 1/2" NPT	
Pernos y tuercas	Acero revestido	SST			
Revestimiento	Poliéster	Epoxi, Nylon, Goma			

* Otros bajo pedido

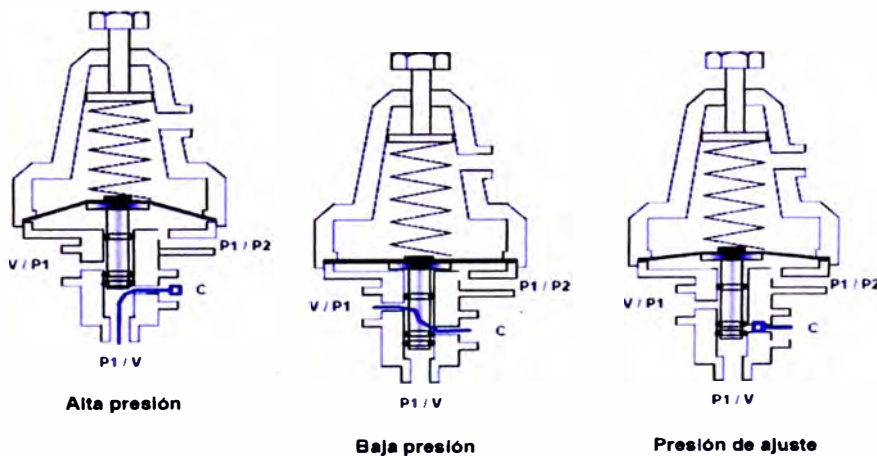
ÁNEXO 4.9 Minipiloto Dorot modelo 29-100



El minipiloto Dorot es un piloto de regulación de presión de tres vías y funcionamiento indirecto que se conecta como sistema de control a una válvula hidráulica. Se compone básicamente de un cuerpo de plástico con conexiones de 3 vías, un muelle ajustable mediante tornillo y un diafragma. El Minipiloto Dorot 29-100 ha sido diseñado como reductor de presión. Se recomienda para válvulas de hasta 4" de diámetro siempre que la presión de trabajo no supere las 10 atm.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
Presión máxima	100 m.c.a	
Rango de ajuste	Muelle verde (estándar)	10-45 m.c.a
	Muelle amarillo	5-25 m.c.a
	Muelle rojo	20-60 m.c.a
Tolerancia	+/- 2 m.c.a	
Peso	0,18 Kg.	
Conexiones	RH 1/8"	

Modo de operación:



ANEXO 4.10 Relé hidráulico modelo Galit

Galit es un relé hidráulico N.C./N.O., con mando manual de 3 vías incorporado.

Todo ello está integrado en la unidad.

Adecuado para abrir y cerrar válvulas hidráulicas hasta 16".

Tres opciones de control: manual, eléctrico o hidráulico.

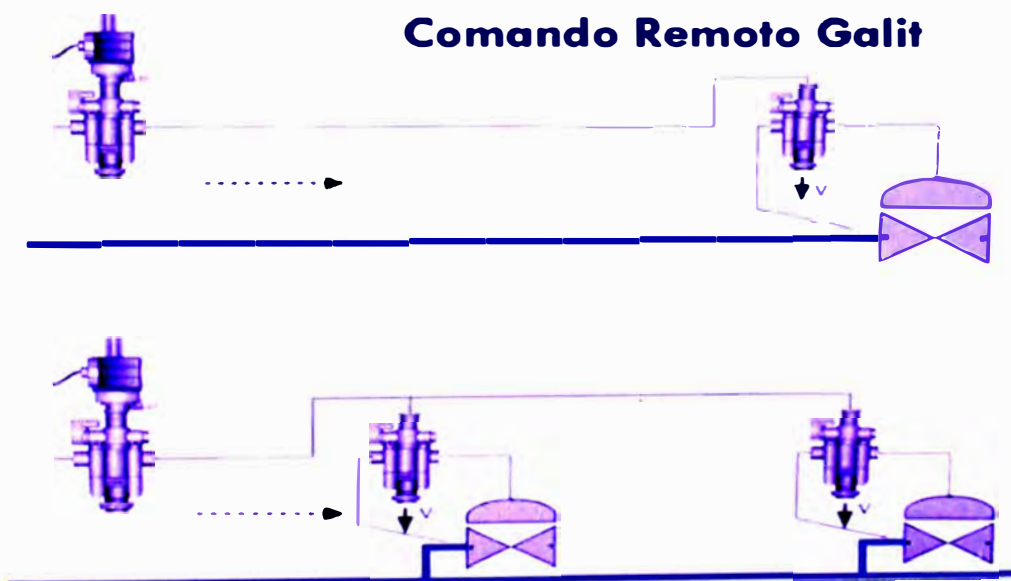
Resistente a los productos utilizados en agricultura.

Paso de agua interno de hasta 800 l/h.

Máxima presión de entrada: 10 Bar. Roscas: 1/8" BSP.



Comando Remoto Galit



ÁNEXO 4.11 Válvula de alivio rápido serie 500

QR Válvula de Alivio Rapido



Descripción

La válvula se abre instantáneamente cuando la presión en la tubería sobrepasa un valor predeterminado de seguridad, aliviando así la presión excesiva de la red. Cuando la presión vuelve al valor normal, la válvula se cierra lentamente a una velocidad ajustable.

Características

- Operación gradual
- Baja resistencia y alta capacidad de caudal
- Diseño simple y confiable
- Fácil instalación y mantenimiento
- Protección para sistemas de bombeo de agua limpia y también para aguas residuales

Especificaciones

La válvula será hidráulica de cierre directo por diafragma, la cual permite mantenimiento en línea. No habrá ejes, juntas o cojinetes situados en el paso del agua.

La válvula es activada por la presión en la línea o por una presión externa hidráulica o neumática. La válvula será operada por una válvula piloto de alivio de presión la cual abrirá rápidamente cuando la presión alcanza un máximo valor prefijado. La válvula y los accesorios serán de la Serie 100 de Dorot o similares a ésta en todos sus aspectos.

Selección rápida

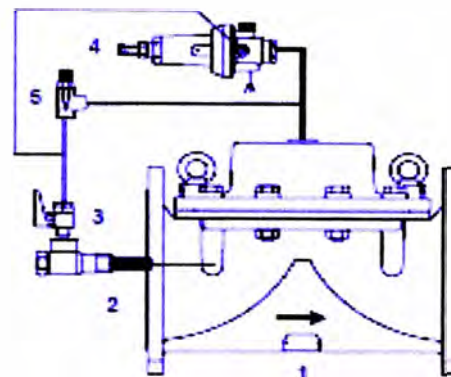
El tamaño de la válvula deberá tener la capacidad para evacuar el alivio del 80% del caudal a la presión prefijada de apertura:

$$D[\text{mm}] \leq \sqrt{250 \times \text{Caudal}[\text{m}^3/\text{hora}] / \sqrt{\text{Presión}[\text{mca}]}}$$

$$D[\text{pulgada}] \leq \sqrt{109 \times \text{Caudal}[\text{gpm}] / \sqrt{\text{Presión}[\text{psi}]}}$$

Consideraciones de diseño

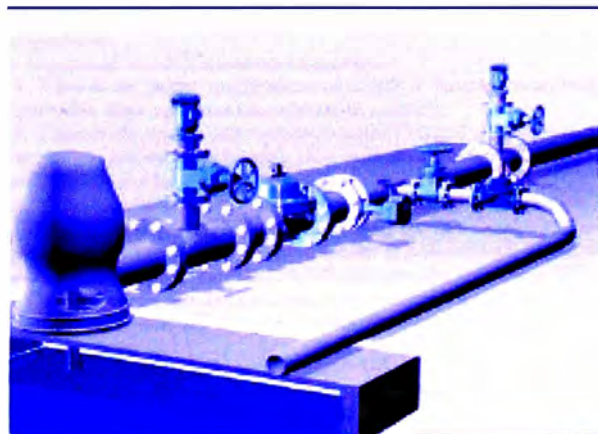
- Debe instalarse una válvula de separación manual aguas arriba de la válvula
- El tiempo de cierre está relacionado con el largo de la tubería y debe ser mayor para tuberías más largas
- La válvula abre instantáneamente a un valor de presión prefijado. Para una regulación de la presión en la línea use una válvula sostenedora/alivadora y no una válvula de alivio rápido



Componentes del Sistema de Control

- 1 Válvula principal
- 2 Filtro autoimpiante
- 3 Válvula interruptora*
- 4 Válvula piloto de alivio
- 5 Válvula de aguja

* Componente opcional



Aplicación típica

Válvula DOROT de alivio rápido de presión, protege al sistema contra ondas de presión causadas por el arranque de la bomba o cierre de válvulas.

ÁNEXO 4.12 Ventosa D-040 de 2" de doble efecto A.R.I.



D-040-C PN 16



“BARAK” válvula de aire combinada

Descripción

En la válvula de aire “BARAK” se combinan una válvula de aire y vacío y una automática en una sola unidad. La válvula se caracteriza por la liberación gradual del aire, lo que evita el golpe de ariete local, así como por su eficiencia con presiones bajas y su capacidad autolimpiante. La válvula libera aire durante el llenado de la tubería, permite la introducción de aire mientras el sistema se vacía y libera el aire atrapado en el sistema presurizado.

Aplicaciones

- Estaciones de bombeo, a continuación de la bomba y de la válvula unidireccional.
- A ambos lados de las válvulas de distribución.
- Líneas de conducción con pendientes pronunciadas.
- Líneas de conducción en picos de altura.
- Fin de línea.
- Antes del medidor de agua.
- Sistemas de filtros, sobre filtros de grava.
- Sistemas de aire acondicionado.
- Sistemas residenciales.

Modelo D-040-C

- Tuberías expuestas a actos de vandalismo y/o uso ilícito del agua.

Operación

El componente de aire y vacío tiene un orificio grande para la salida de grandes caudales de aire durante el llenado de la línea y permite la introducción de aire cuando el sistema se vacía.

La válvula se cierra herméticamente sólo con la llegada del agua. Los grandes caudales de aire no pueden arrastrar el flotador y causar el cierre de la válvula.

El descenso de la presión a un nivel inferior a la presión atmosférica provoca la entrada de aire en el sistema.

El componente automático permite la salida del aire atrapado que se acumula en los picos del sistema presurizado.

Etapas del funcionamiento durante el llenado de la tubería:
Salida del aire del sistema a través de la válvula.

Entrada del agua a la válvula, elevación del flotador y cierre hermético mediante la goma desplegable de sellado unida al flotador.

Subida del aire acumulado y atrapado en los picos del sistema a la parte superior de la válvula, por encima del líquido.

Descenso del flotador con repliegue de la goma de sellado del orificio automático y liberación del aire atrapado.

Elevación del nivel del líquido y retorno del flotador y de la goma desplegable de sellado al estado de cierre hermético.

Cuando la presión desciende a un nivel inferior a la presión atmosférica:

El flotador y el conjunto de sellado descienden de los orificios,

y en el sistema entran grandes caudales de aire.

Especificaciones técnicas

- Se fabrica en diámetros de 3/4, 1 y 2 pulgadas con conector de rosca macho.
- Presión de trabajo: de 0,2 a 16 bar (prueba a 25 bar)
- Peso ligero, pequeñas dimensiones, operación sencilla y confiable.
- En el modelo D-040, el cuerpo se fabrica con materiales plásticos de alta calidad y las piezas internas con materiales resistentes a la corrosión.
- En el modelo D-040-C el cuerpo de plástico de la válvula está protegido con un revestimiento de metal de fundición reforzado y recubierto de poliéster.
- Temperatura de trabajo 60°C
- Máxima temperatura momentánea de trabajo 90°C
- La liberación de grandes caudales de aire evita el cierre prematuro.
- El orificio automático purga grandes volúmenes de aire y no se taponan.
- Un conector angular (acodado) permite incorporar un tubo de drenaje de agua excedente.
- Gracias a su peso ligero, puede instalarse sobre tuberías de PVC y de polipropileno.

Opciones

- Puede adquirirse con base de nylon reforzado (D-040-P) o de latón (D-040-B).
- Puede adquirirse con cuerpo y base de polipropileno.
- Puede adquirirse con tubo prolongador para el drenaje de agua excedente.
- Opcional: modelos unidireccionales.
 1. Válvula de purga unidireccional D-040-V (todos los modelos) que sólo deja salir aire sin admitir la entrada.
 2. Válvula de aspiración unidireccional D-040-I que sólo deja entrar el aire sin dejarlo salir, aun cuando la presión del sistema sea superior a la presión atmosférica (2”).
 3. Válvula unidireccional amortiguadora del golpe de ariete D-040-NS, que protege al sistema contra los efectos del golpe de ariete en los puntos de separación de la columna de agua, en excavaciones o en caso de rápido llenado de la tubería (2”).
- Disponible en modelo adaptado a una presión de cierre de menos de 0.1 bar (DC-10) con presión de trabajo máxima de 10 bar.
- Para obtener una máxima compatibilidad, se recomienda definir la composición de los fluidos y los requisitos del sistema.
- Para determinar el modelo y su ubicación, consulte la hoja de recomendaciones y al departamento de comercialización.
- No olvide mencionar en su pedido el modelo, la medida, la presión de trabajo, las normas aplicables a roscas/bridias y los revestimientos especiales.

ÁNEXO 4.13 Controlador de riego DREAM Talgil

Descripción de las características

■ Conformación del Hardware

- **PODEROSO Y FLEXIBLE:** DREAM consiste en un CPU poderoso con una gran capacidad de memoria, que comunica las diversas unidades de entrada y salida a través de una comunicación serial, utilizando una variedad de interfaces I/O. Se pueden conectar hasta 5 interfaces I/O a la misma unidad Dream.
- **I/O LOCAL:** Las salidas y entradas locales son manejadas por "interfaces I/O locales" DC o AC. Cada interfase I/O local puede manejar hasta 2 tableros de 16 salidas / 8 entradas. Las salidas AC son de 24v AC y las salidas DC de 12v DC de tipo latch de 2 conductores, las entradas son contactos secos.
- **I/O LOCAL INSTALADA EN FORMA REMOTA:** Las interfaces I/O locales + tableros I/O, pueden ser instalados en forma remota desde DREAM. En este caso se requiere un tablero "puente" entre el DREAM y la interfase. Los tableros instalados en forma remota requieren ser energizados en forma local.
- **UNIDADES RTU DE CABLE UNICO Y 2 CONDUCTORES:** Un canal RTU de 2 conductores está formado por una interfase de 2 conductores y hasta 60 unidades RTU. Una unidad DREAM puede manejar varios canales RTU. Hay dos tipos de unidades RTU: "RTU modular" y "RTU compacto". El RTU modular puede tener 2, 4, 6 u 8 salidas y 4 u 8 entradas, cada 4 entradas digitales pueden ser reemplazadas por 2 entradas analógicas. El RTU compacto puede tener hasta 2 salidas y 2 entradas digitales o 1 entrada analógica en lugar de las digitales. Todas las salidas son del tipo latch de 12v DC.
- **I/O REMOTO POR MEDIO DE UNIDADES RTU INALÁMBRICAS:** Exentas de licencia, energizadas por baterías de baja potencia, el sistema RF RTU maneja hasta 60 unidades por canal con 2, 4, 6, 8 salidas tipo latch de 12v DC y 4 entradas digitales por RTU. La distancia entre el centro y un RTU inalámbrico puede ser de 2,5 km con línea de horizonte clara, cada RTU puede servir como repetidora y por lo tanto las distancias pueden ser duplicadas. Los RTUs son energizados por medio de baterías del tipo 4x1.5 v "D".
- **ENTRADAS ANALÓGICAS LOCALES:** Las entradas analógicas pueden ser conectadas al DREAM por medio de interfaces apropiadas. Hay una pequeña interfase para conectar hasta 4 entradas analógicas y una interfase modular que puede manejar hasta 8 tableros con 8 entradas analógicas cada uno.
- **SOPORTA UNIDADES RTU DE TIPO SAPIR:** Como un servicio adicional para aquellos clientes que utilicen RTUs de tipo Sapir, es posible conectar RTUs de tipo Sapir con 4



conductores a través de una interfase especial al DREAM, permitiendo el reemplazo de la generación anterior de controladores por la nueva, con bajos costos.

- **CONTROL DE pH y EC:** El agregado de unidades FERTMASTER permite que cada sitio de fertilización fertilice por control de pH y EC. Cada FERTMASTER puede manejar hasta 6 inyectores, 1 booster, 1 válvula principal o 1 agitador leyendo 6 medidores de fertilizante, 1 medidor de agua, 1 sensor EC y 1 sensor de pH.

■ Fuentes de agua

- El sistema puede manejar hasta 6 fuentes de agua, cada una de las cuales puede tener hasta 6 bombas de agua.
- Las bombas pueden ser dispuestas en combinaciones para ser activadas de acuerdo a la demanda de caudal.
- Se pueden definir retardos diferentes para cambiar la combinación cuando la demanda de caudal crece o se reduce.
- Cada fuente de agua puede tener un medidor de agua real o virtual para medir la cantidad de agua provista por la fuente.
- Cada fuente de agua puede tener una definición del límite de caudal que puede proveer. Antes de comenzar el riego de otra válvula se compara la demanda total con el límite y si se excede dicho límite, la válvula deberá esperar.

■ Líneas de riego

- Maneja hasta 128 líneas de riego. Se pueden irrigar, sin límite, varias líneas de riego en forma simultánea.
- Cada línea de riego puede tener 1 medidor de agua, 1 válvula principal, un sitio de fertilización con hasta 6 inyectores, un filtro local con tantas estaciones como sean necesarias y un número ilimitado de válvulas de riego. De todas formas el número total de válvulas de riego por un DREAM no debe exceder de 250.
- Cada línea puede tener una válvula principal que puede ser operada en forma simultánea con las válvulas de riego o con apertura retardada y cierre adelantado o en forma inversa, con apertura adelantada y cierre retardado.
- Cada línea de riego puede tener su propio sensor de baja presión con contacto seco.
- Las líneas de riego pueden estar asignadas a una fuente de agua en forma predeterminada. De todas formas, las válvulas pueden utilizar una fuente de agua diferente por cada programa.

■ Programas de riego

- Un programa de riego define la secuencia de válvulas o grupo de válvulas a ser irrigadas, la dosificación de agua y fertilizante para cada una, el calendario de activación y las condiciones que gobiernan el funcionamiento del programa.
- En forma predeterminada, un DREAM permite asignar 60 programas aunque este valor puede ser incrementado.
- Dentro de la secuencia, el usuario define el orden de funcionamiento de las válvulas a ser irrigadas. Por conveniencia, las válvulas pueden ser agrupadas y dicha agrupación almacenada en una biblioteca de grupos para un uso posterior. La secuencia puede incluir también a grupos temporarios a ser usados por el actual programa solamente. Los grupos de válvulas son tratados como válvulas

PR. ID	SEQUENCE	Priority	
SCHEDULED			
.18	.148	.848	.125
.58	.888	.120	.28

←- | Actions | X | Press | ->

simples en lo que se refiere a dosificación, de todas formas la acumulación se divide entre las válvulas intervinientes.

- La secuencia puede tener hasta 21 miembros, cada miembro puede ser una válvula simple o un grupo de válvulas.
- El calendario del programa tiene una hora de comienzo y opcionalmente una hora de detención, una definición de los días de riego expresada como un ciclo de días o como una LISTA DE EJECUCIÓN. Dentro de la LISTA DE EJECUCIÓN el usuario especifica para cada día si se debe irrigar, fertigar o saltar. El programa puede contener una definición de repetición de ciclos hasta 9999 veces con intervalos expresados en h:m:s.
- Cada programa puede tener una definición de prioridad. En caso de conflictos, los programas con prioridad más alta tendrán precedencia respecto a los de prioridad más baja, los cuales deberán esperar.

■ Dosificación de agua

- La dosificación de agua para cada válvula o grupo de válvulas puede ser definida de diversas formas:
 - En forma volumétrica en m³.
 - Por tiempo en términos de horas:minutos:segundos.
 - En términos de volumen por superficie, por ejemplo m³/ hectárea.
 - Por evaporación – La dosificación de agua de todas las válvulas se calcula automáticamente en forma diaria basada en la evaporación acumulada desde el último riego, en la superficie a ser regada y al factor de evaporación específico de cada cultivo.
- La medición del agua de riego, por cada línea, puede ser realizada por el medidor de agua de la línea específica, ya sea el medidor real o virtual. Las líneas de riego que no tengan medidor de agua utilizarán en forma automática el medidor de agua de la fuente asociada para medir el agua de riego.
- Se puede variar la dosificación cambiando el porcentaje dentro del rango 0 - 255%. Volviendo a 100% se restauran los valores originales.
- El sistema recuerda la modalidad de dosificación predeterminada usada por cada válvula individual.

■ Fertilización

- El sistema maneja sitios de fertilización local y central. Los sitios locales sirven a líneas de riego individuales, y los sitios centrales pueden servir a múltiples líneas de riego.
- Cada sitio de fertilización puede tener hasta 6 inyectores.
- Cada inyector puede trabajar con o sin medidor de fertilizante.
- Cada sitio de fertilización puede incluir un booster para los inyectores Venturi. El booster tiene especificado un retardo en el cierre y continuará en funcionamiento, aún entre pulsos, en la medida en que alguno de los inyectores asociados esté en progreso.
- Cada sitio de fertilización puede incluir agitadores para cada tanque. Los agitadores pueden estar programados para trabajar de varias formas: continua, periódica, pulso simple o secuencial.
- La fertilización se lleva a cabo en tres etapas: pre-riego, fertigación, post-riego. En cada programa las fertilizaciones central y local pueden tener distintas definiciones "agua antes" y es posible definir para el primer sitio local de fertilización del sitio local un valor especial de "agua antes".
- Posibilidad de limitar la cantidad global que puede ser inyectada por cada inyector de fertilizante a cada válvula, durante la temporada completa.
- La dosificación de fertilizante puede ser especificada de las siguientes formas:

- Litros de fertilizante por cada metro cúbico de agua (l/m^3)
 - Segundos de fert. por cada minuto de riego (seg/min)
 - min:seg de fert por cada metro cúbico de agua ($min:seg/m^3$)
 - Litros de fert por cada minuto de riego (l/min)
 - Proporción calculada por la división entre la dosificación de fertilizante y la dosificación de agua.
 - Inyección a granel especificada por tiempo
 - Inyección a granel especificada por volumen
- Para simplificar la dosificación de fertilizantes el usuario puede usar conjuntos predefinidos de fertilizantes, que permanecen guardados en la memoria del controlador. Se pueden definir hasta 9 conjuntos de fertilizantes por cada sitio de fertilización.
 - En caso de haber problema con la inyección de fertilizante, el usuario puede solicitar las siguientes acciones: detener los inyectores defectuosos, detener todos los inyectores de un sitio específico, detener el riego de la/s línea/s relacionadas, o simplemente obtener la información sin ninguna otra reacción.



■ Control de EC / pH.

- En forma opcional se puede controlar la inyección de fertilizantes por medio de los niveles de EC y pH. El agregado de unidades FERTMASTER permite a cada sitio de fertilización fertilizar por control de pH y EC.
- Capacidad de inyectar pulsos cortos en una fracción de segundos.
- Medición precisa de valores de pH y EC por medio de sensores analógicos que incluyen compensación por temperatura.
- Incluye herramientas para una calibración sencilla de los sensores y herramientas para medir parámetros importantes del sistema tales como el caudal actual de los inyectores y la latencia del sistema de control. La latencia del sistema expresa el retardo entre la inyección y la medición de resultados por medio de los sensores en el sistema específico.
- Guardadas por los mecanismos de protección, nunca se permite que las concentraciones de fertilizantes excedan los límites predefinidos.
- Cada nuevo proceso toma en consideración los resultados de la última activación de la fórmula específica.

LISTA DE PLANOS

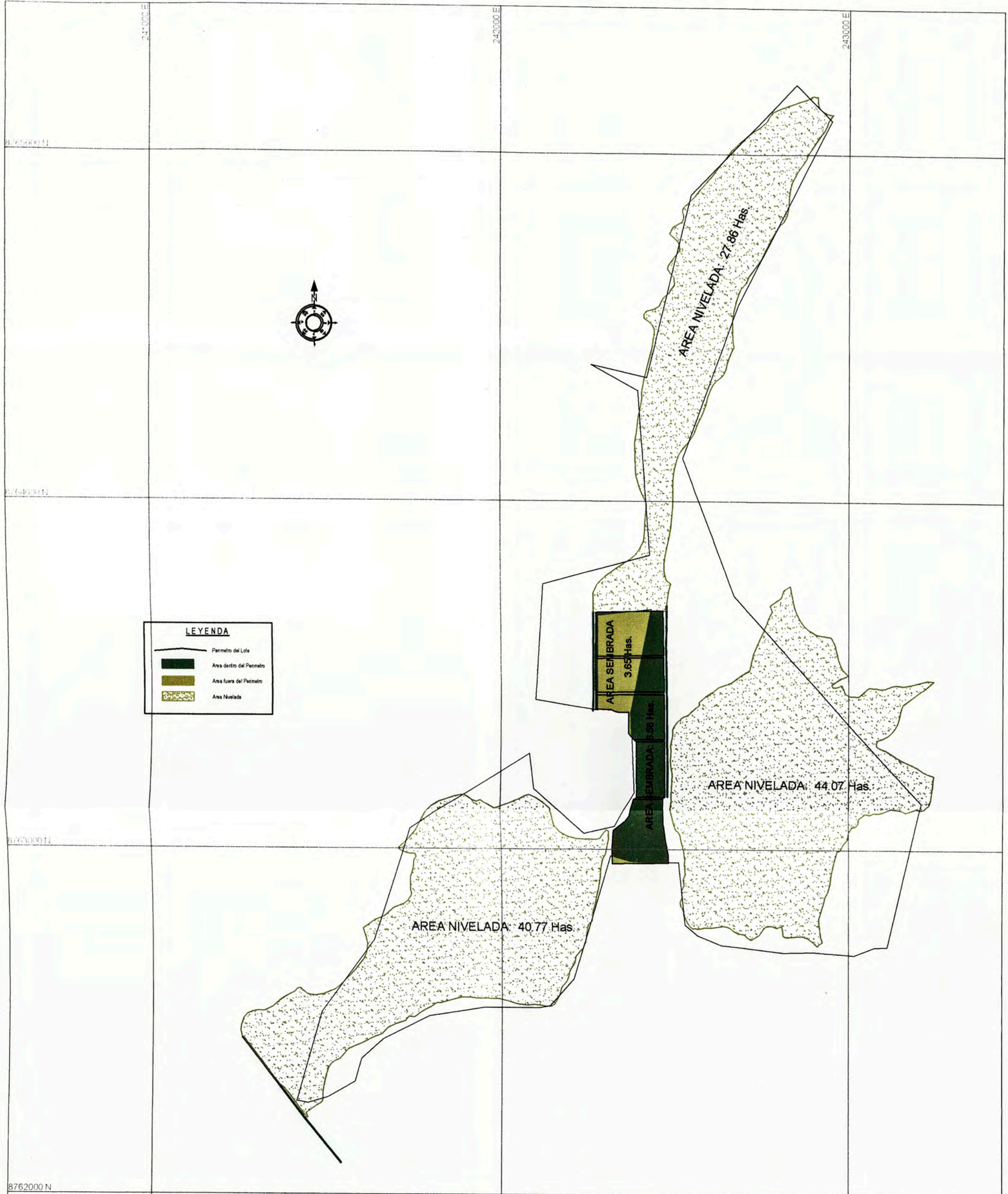
Plano 1: Zona del proyecto

Plano 2: Delimitación de subunidades de riego

Plano 3: Reservorio de 63000 m³

Plano 4: Sistema de Filtrado

Plano 5: Red de tuberías



LEYENDA

- Perimetro del Lote
- Area dentro del Perimetro
- Area fuera del Perimetro
- Area Nivelada



NETAFIM™ GROW MORE WITH LESS		DUNA CORP S.A.	
AREA SEMBRADA & AREA NIVELADA			
PLANO PLANIMETRICO		AREA INDICADA DIBUJO & TOPOGRAFIA: HGE	UBICACION DISTRITO: SAYAN PROVINCIA: HUNUJA REGION: LIMA
FECHA: MARZO 2009	ESCALA: 1/10,000	RESPONSABLE CLIENTE:	T_001_A

8762000 N