



CATÁLOGO DE SOLUCIONES
TECNOLÓGICAS PARA MEJORAR LA

Eficiencia Hídrica

Y LAS TÉCNICAS DE RIEGO
INTRAPREDIALES EN LA REGIÓN
DE O'HIGGINS.

Proyecto financiado a través del Fondo de Innovación para la Competitividad del Gobierno Regional de O'Higgins y su Consejo Regional, enmarcado en la Estrategia Regional de Innovación.

La innovación nos ayuda a crecer - Tecnología, Calidad y Sustentabilidad



Ejecuta



Financia

Introducción

Siendo el agua un recurso estratégico para el desarrollo de la región y del país y un recurso de primera necesidad para la producción de alimentos a través de la agricultura, se hace necesario aplicar las técnicas que nos permitan tanto mejorar la calidad del riego como la reducción del consumo de agua.

Según la última edición del Catastro Frutícola para la Región de O'Higgins (editado por CIREN en julio de 2015), de 74.683 hectáreas con frutales mayores, el 63,8% posee métodos tecnificados, mientras que el 32,3% utiliza riego por surcos. En frutales menores, de 2.600 hectáreas, prácticamente el 87% utiliza riego tecnificado.

La situación señalada en el caso de frutales mayores nos debe llevar a reflexión, al menos respecto a la factibilidad de generar ahorros en el consumo de agua, para lo cual es necesario mejorar la eficiencia de riego.

Es sabido que para un mismo cultivo y localización, se produce una diferencia de consumo de alrededor de 10.000 m³ por hectárea al pasar de un sistema de riego por tendido a un sistema por goteo. Sin embargo, aún sin cambiar de tecnología, en cada sistema de riego es posible tomar medidas para mejorar su operación y así obtener la misma producción con menor consumo de agua.

La reducción de consumos de agua sin alterar la productividad no es solamente un requerimiento obligado por la menor disponibilidad de agua existente y que se prevé existirá en el futuro, también es una necesidad de los actuales Protocolos de BPA y es parte de lo que se entiende como sustentabilidad, a objeto de mejorar el uso de recursos para que la producción de alimentos continúe siendo factible a largo plazo en la Región.

Para contribuir a mejorar las técnicas de riego, en este manual, se entrega información que permite:

- a) Calcular la necesidad de riego (cantidad de agua, frecuencia y tiempo de riego).
- b) Conocer nuevas tecnologías de riego y su control.
- c) Informar sobre proveedores de insumos necesarios para mejorar el riego.

Ricardo Adonis P.

Fundación para el Desarrollo Frutícola

En la realización de este catálogo participaron los siguientes profesionales:

Equipo de FDF participante en el Proyecto:

- Dennise Oyarzún. Ingeniera agrónoma, MSc. Coordinadora del Proyecto FIC O'Higgins.
- Katherine Bravo. Ingeniera agrónoma, PhD.
- Camila Ubilla. Ingeniera agrónoma
- Cristian Arancibia. Ingeniero agrónomo

Editor:

- Ricardo Adonis. Ingeniero agrónomo

Autor principal:

- Francisco Martínez. Ingeniero agrónomo

Diagramación:

- Alejandro Rademacher. Diseñador gráfico

Año de publicación: 2017

La presente publicación ha sido elaborada en el marco del proyecto "Catálogo de soluciones tecnológicas para mejorar la eficiencia hídrica y las técnicas de riego intraprediales en la región de O'Higgins". Es un proyecto co-financiado a través del Fondo de innovación para la competitividad regional de O'Higgins (FIC), y la Fundación para el Desarrollo Frutícola (FDF).

La información entregada en esta publicación es referencial. Cada productor debe tener en cuenta su propia condición productiva y geográfica para aplicar las técnicas que considere más adecuadas.

Las referencias a marcas comerciales mencionadas en este documento no desconocen el registro de marcas y se mencionan solamente a título referencial. En ningún caso son recomendaciones específicas.

Índice

Capítulo I. Cálculo de necesidades de riego

1. Balance hídrico del conjunto suelo-planta-atmósfera	5
1.1. Evapotranspiración del cultivo (ET _c)	7
1.2. El suelo como reservorio de agua	10
1.2.1. Características del suelo importantes en relación a su contenido de agua	10
1.2.2. Análisis físico del suelo	11
1.2.3. Clasificación de Agua en el suelo	12
1.2.4. Agua Disponible	13
1.2.5. Lámina Neta (L _n)	14
1.2.6. Umbral de riego (U _r)	15
1.3. Necesidades de riego	15
1.3.1. Frecuencia de riego (Fr)	16
1.3.2. Necesidades y Tiempo de riego	16
1.3.3. Disponibilidad de agua	19
2. Tecnologías para la determinación del estado hídrico del suelo a través de instrumentos	22
2.1. Tensiómetro	22
2.2. Sonda capacitiva (FDR)	23
3. Tecnologías para conocer el estado hídrico de las plantas	25
3.1. Bomba de presión tipo Scholander	25
3.2. Sensor de la temperatura de la hoja	27
3.3. Dendrómetros	27
3.4. Medidor de flujo de savia	28

Capítulo II. Métodos de Riego

4. Riego Gravitacional	29
4.1. Riego por surco	29
4.2. Riego por tendido	34

Capítulo III. Riego Presurizado

5. Riego Presurizado	35
5.1. Características de un sistema de riego presurizado	35
5.2. Ventajas de un sistema de riego presurizado	35
5.3. Desventajas de un sistema de riego presurizado	35
5.4. Componentes de un sistema de riego presurizado	35

Capítulo IV. Requisitos relacionados con el agua para cumplir con las Buenas Prácticas Agrícolas

53

Capítulo V. Catálogo de soluciones tecnológicas para mejorar la eficiencia hídrica

7. Catálogo de soluciones tecnológicas para mejorar la eficiencia hídrica	59
7.1. Proveedores riego gravitacional	59
7.2. Proveedores riego presurizado	63
7.3. Proveedores de programación del riego	76

Capítulo VI. Sistema de financiamiento estatal de proyectos de riego

8. Sistema de financiamiento estatal de proyectos de riego	79
8.1. Introducción	79
8.2. Ley 18.450, Fomento a la inversión privada en obras de riego y drenaje	79
8.3. Programas de Riego Intrapredial (PRI)	80

Bibliografía

Capítulo I.

Cálculo de necesidades de riego

En este primer capítulo, se desarrollan los conceptos y cálculos que permitirán optimizar el uso del agua según el siguiente marco lógico:

1. Determinar la cantidad de agua consumida por el cultivo, mediante el **cálculo de evapotranspiración**.
2. Determinar la **cantidad de agua disponible en el suelo**. Para ello, es necesario conocer previamente el suelo, mediante análisis de laboratorio, donde debemos solicitar mediciones específicas que serán luego utilizadas en los cálculos.
3. Calcular la **lámina neta**
4. Calcular el **umbral de riego**
5. Con lo anterior, será posible conocer las **necesidades de riego**, lo cual involucra dos cálculos:
 - a) **Frecuencia de riego (Fr)** que dependerá del tipo de suelo y las condiciones de evapotranspiración.
 - b) **Tiempo de riego** que en el caso de este documento, está considerado para la disponibilidad de agua del predio.

Para programar un riego se puede elegir una de las siguientes opciones:

1. Balance hídrico del conjunto suelo-planta-atmósfera (Evapotranspiración, Agua disponible, umbral de riego, lámina de agua disponible)
2. Estado hídrico del suelo, a través de instrumentos como tensiómetros y sondas.
3. Estado hídrico de la planta, a través de instrumentos como bomba de Scholander, dendómetros.

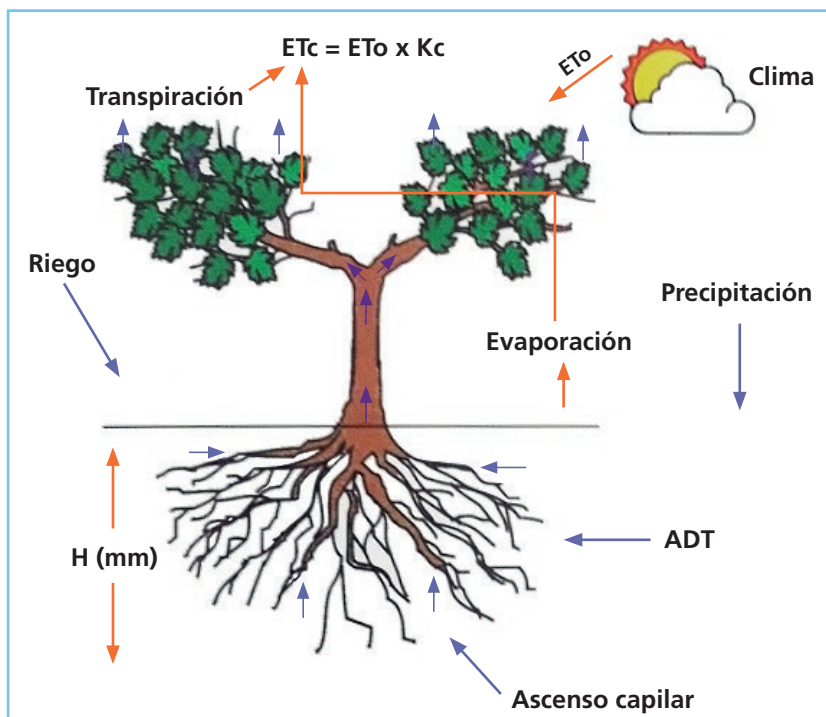
Estas opciones en forma individual son suficientes para programar un riego, sin embargo es posible utilizar dos o las tres opciones en conjunto para tener un resultado más preciso, lo cual se explica a continuación.

1. Balance hídrico del conjunto suelo-planta-atmósfera.

Las necesidades de agua de la planta pueden ser atendidas mediante las precipitaciones, más el aporte del agua presente en el suelo, la cual es suplida mediante ascenso capilar desde napas superficiales, cuando las hay. Cuando este aporte no es suficiente, se debe suministrar el agua al cultivo en forma externa, lo cual se efectúa a través del riego.

Los requerimientos de agua del cultivo dependerán entonces, del balance hídrico que se produce entre las pérdidas y los aportes de agua.

Para calcular la necesidad de riego, la frecuencia y tiempo de riego, se debe conocer las características físicas del suelo e integrar parámetros climáticos y del cultivo.



Esquema de los aportes hídricos a la transpiración de los vegetales y evaporación desde el suelo.

Cálculo de Frecuencia de riego (Fr)

La frecuencia de riego se obtiene al dividir el valor de la lámina neta (mm), con el monto de la evapotranspiración en mm del cultivo registrado diariamente (Ferreyra, 1989).

$$Fr = \frac{Ln}{ETc}$$

Donde:

Fr: Frecuencia de riego (días)

Ln: Lámina Neta (mm)

ETc: Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

Cálculo de Necesidades de riego (Nr)

Para calcular las necesidades de riego del cultivo (Nr) se debe considerar los valores de la lámina neta y de la eficiencia de aplicación del sistema de riego (Ferreyra, 1989).

$$\text{Necesidades de riego (mm)} = \frac{\text{Lámina neta (Ln)} \times 100}{\text{Eficiencia de aplicación (\%)}}$$

El tiempo de riego se puede calcular a través de la siguiente fórmula (Seguel, 2010)

$$\text{Tiempo de riego (horas)} = \frac{\text{Necesidades de riego (mm)}}{\text{Precipitación del equipo (mm/hora)}}$$

La precipitación del equipo se puede calcular con la siguiente fórmula (Seguel, 2010):

$$\text{Precipitación equipo (mm/hora)} = \frac{\text{Nº emisores /ha x descarga emisor (L/hora) x (CU/100)}{10.000}$$

Para comprender de mejor forma estos conceptos analizaremos paso a paso cada componente de las fórmulas de cálculo establecidas.

1.1. Evapotranspiración del cultivo (ETc)

Para determinar el consumo de agua por las plantas, se debe entender el significado del concepto evapotranspiración del cultivo. Antes de profundizar en este concepto, es importante señalar que aproximadamente un 97% del agua absorbida por las raíces es transportada por la parte aérea y evaporada por la superficie de las hojas. En contraparte una pequeña cantidad del agua absorbida por las raíces permanece en la planta para usarse en procesos de crecimiento (2%) o usada en procesos bioquímicos (1%) como la fotosíntesis u otras reacciones metabólicas (Taiz y Zeiger, 2010).

La evapotranspiración del cultivo es la suma de las pérdidas de agua por transpiración de las plantas más la evaporación desde el suelo o desde las mismas hojas del cultivo. Su monto está en función de las condiciones climáticas ya que a mayor temperatura, radiación solar e intensidad del viento, mayor es su valor; en cambio a mayor humedad relativa su valor es menor. La estructura del cultivo también es importante, ya que a mayor tamaño de la planta mayor es la cantidad de agua evapotranspirada (Ferreyra et al., 1989).

Para determinar la evapotranspiración del cultivo se pueden utilizar los siguientes instrumentos:

- a) Bandeja de evaporación
- b) Estación meteorológica

Bandeja de evaporación (ETc)

La bandeja más utilizada (tipo USWB clase A) consiste en un estanque circular de 121 cm. de diámetro y 25.5 cm de profundidad (ver dónde encontrarla en el capítulo “Catálogo de soluciones tecnológicas para mejorar la eficiencia hídrica”). Se monta sobre un marco de madera de 15 cm de altura sobre la superficie del suelo. Una vez que la bandeja quede bien nivelada debe rellenarse con agua hasta 5 cm del borde superior de la bandeja. Diariamente y a la misma hora del día se debe medir y registrar la cantidad de agua evaporada en milímetros (Ferreyra et al., 1989).

Para la determinación de la ETc se utiliza la siguiente fórmula (Ferreyra et al., 1989):

$$ETc = Eb * Kp * Kc * Fs$$

ETc: Es la evapotranspiración del cultivo (mm/día)

Explicamos a continuación estos elementos, con los cuales es fácil determinar la Evapotraspiración del cultivo.

- a) EB: Evaporación de bandeja. Se obtiene de la medición de la evaporación en la bandeja (mm/día)
- b) Kp: Coeficiente de bandeja. Tiene un valor estandarizado en 0.7
- c) Kc: o coeficiente de cultivo es un valor y propio de cada cultivo, variando en cada mes o estado fenológico. Se encuentra en tablas, como las siguientes:

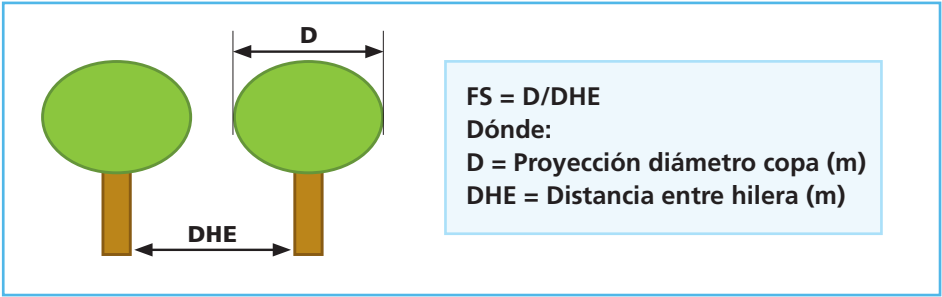
Valores Kc uva de mesa
(Selles et al., 2001)

Estado Fenológico	Thompson S. Red Globe	Flame S. Superior
Antes de la brotación	0.15	0.15
Inicio de brotación	0.20	0.20
Brote 40 cm	0.25	0.20
Brote 80 cm	0.30	0.20
Inicio de floración	0.60	0.30
Baya 6 mm	0.80	0.60
Baya 8 mm	0.80	0.80
Baya 10 mm	0.90	-
Cierre de racimos	0.90	0.90
Inicio de pinta	0.95	0.90
Inicio de cosecha	0.80	0.70
Fin cosecha	0,50	0.50
Caída de hojas	0.15	0.15

Kc cerezo
(Antúñez et al., 2009)

Etapa	Fecha	Valor
Inicial	01 oct - 15 oct	0.45
Desarrollo 1	16 oct - 31 oct	0.60
Desarrollo 2	01 nov - 15 nov	0.75
Media	16 nov - 31 ene	0.90
Final 1	01 feb - 15 mar	0.80
Final 2	16 mar - 15 abr	0.70

- d) Fs: Fracción de sombra (0.1 a 1), si el cálculo de Fs según la fórmula que se muestra, es igual o mayor a 0.6, entonces se debe considerar un valor de Fs=1



Ejemplo

Determinar la evapotranspiración (ETc) para uva de mesa Thompson S., en el periodo de inicio de cosecha, si la evaporación de bandeja arroja 6 mm en un día, y Fs = 0.5.

Respuesta:

- Evaporación de bandeja (Eb) = 6 mm/día
- Coeficiente de Bandeja (Kp) = 0.7, valor predeterminado
- Kc para el inicio de cosecha es 0.8, con un Fs = 0.5

Reemplazando en la ecuación, se tiene que:

$$ET_c = EB \times K_p \times K_c \times F_s$$

$$ET_c = 6 \text{ (mm/día)} \times 0.7 \times 0.8 \times 0.5$$

$$ET_c = 1.7 \text{ mm/día}$$

Este valor (ET_c) es necesario para calcular la Frecuencia de riego.

Estación Meteorológica

Son instrumentos instalados en terreno, que miden de manera constante las variables ambientales como velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa, y nivel de radiación solar, entre otras. Algunos de estos equipos pueden observarse a distancia en tiempo real a través de internet, como es el caso de www.agroclima.cl (ver en el capítulo “Catálogo de soluciones tecnológicas” dónde adquirir estos equipos).

Para el caso de la estación meteorológica, en la determinación de la ET_c se usa la siguiente fórmula (Reckmann et al., 2009):

$$ET_c = ET_o \times K_c \times F_s$$

Dónde:

ET_c : Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

K_c : Coeficiente del cultivo (adimensional)

ET_o : Evapotranspiración de referencia (mm/día). Es el valor que entregan las estaciones meteorológicas, que se puede obtener de www.agroclima.cl

F_s : Fracción de sombra (0.1 a 1)

Ejemplo

Determinar la evapotranspiración (ET_c) de un cultivo de cerezo, si la evapotranspiración de referencia (ET_o) determinada a través de una estación meteorológica, en el mes de febrero, es de 5 mm/día, y F_s = 1.

Respuesta:

Los datos son los siguientes:

Evapotranspiración de referencia (ET_o) = 5 mm/día

K_c para el mes de febrero es 0.8

F_s = 1 (calculada según se señaló anteriormente)

Reemplazando en la ecuación, se tiene que:

$$ET_c = ET_o \times K_c \times F_s$$

$$ET_c = 5 \text{ (mm/día)} \times 0.8 \times 1$$

$$ET_c = 4.0 \text{ mm/día}$$

En este capítulo ya se analizó la ET_c que es la pérdida de agua por el cultivo por evapotranspiración, y cómo calcularla con dos herramientas.

A continuación se analizará el suelo y los conceptos de Agua disponible (AD), Lámina de agua (LA) y Umbral de riego, conceptos necesarios para calcular la frecuencia de riego, la necesidad de agua y el tiempo de riego.

1.2. El suelo como reservorio de agua

1.2.1. Características del suelo importantes en relación a su contenido de agua

Composición del suelo

El suelo está constituido aproximadamente en un 50% de partículas sólidas (minerales y orgánicas), un 25% de agua y un 25% de aire (Acevedo et al., 2000). Estos porcentajes son ideales y varían de acuerdo al tipo de suelo y al nivel de agua antes, durante o después de un riego. El aire y el agua se encuentran en el espacio poroso del suelo, que corresponde aproximadamente a 50% del volumen y varía de acuerdo a su textura (Ferreyra et al.,1989), según se señala en la siguiente tabla.

Textura del suelo

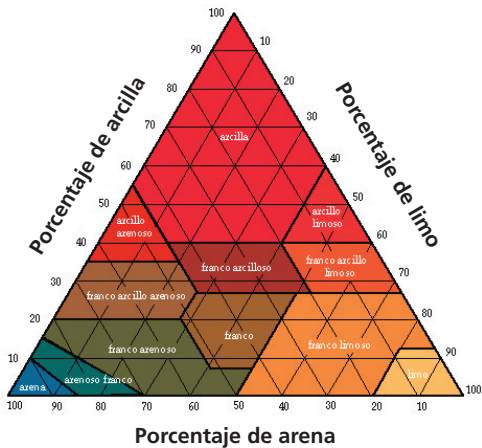
La textura es una propiedad que se refiere a la clasificación y proporción de las partículas de suelo de acuerdo a su tamaño. De acuerdo a la escala internacional, es la siguiente (Alvarado et al., 1969).

Textura del suelo	Total Espacio Poroso
Arenoso	38%
Franco	47%
Arcilloso	53%

Partícula	Tamaño
Gravas, piedra	Mayor a 2 mm
Arena gruesa	2 a 0.2 mm
Arena fina	0.2 a 0.02 mm
Limo	0.02 a 0.002 mm
Arcilla	Menor a 0.002 mm

Las partículas del suelo (arena, limo y arcilla) tienen propiedades bien definidas. Si al colocar un poco de suelo ligeramente húmedo en la palma de mano se siente al tacto áspera, la sensación proviene de la arena; si por el contrario se siente muy pegajoso, se debe a la presencia de arcillas, y si no es ni áspero ni pegajoso, mas bien muy suave como talco, se trata de la presencia de limo.

No existen suelos constituidos solamente por una de estas partículas, sino por una combinación de estas (Alvarado et al., 1969). Esto ha llevado a la distinción de clases texturales de acuerdo a las combinaciones de arena, limo y arcilla. La figura presenta ejemplos de clases texturales:



Fuente:
Laboratorio SAP.
Universidad de Chile

La clase textural influye en las propiedades físicas y químicas de un suelo que determinan condiciones favorables y desfavorables para los cultivos, tales como:

- Aireación de la zona radicular
- Infiltración del agua de riego
- Retención de humedad del suelo
- Facilidad o dificultad de laboreo
- Disponibilidad de elementos nutritivos

Densidad aparente del suelo

La densidad aparente (Da) se define como la masa de una unidad de volumen de suelo seco. Este volumen incluye tanto sólidos como poros, por lo que la densidad aparente refleja la porosidad del suelo. Los valores de densidad aparente (se determina en laboratorio, secando una muestra de suelo a 105°C), varían según la clase textural, el porcentaje de materia orgánica del suelo y al nivel de laboreo (Alvarado et al., 1969).

Textura del suelo	Da (gr/cm³)
Arenoso	1.65
Franco Arenoso	1.50
Franco	1.40
Franco Arcilloso	1.35
Arcilloso	1.25

A mayor contenido de materia orgánica menor es la densidad aparente, por el contrario a mayor compactación de un suelo mayor es la densidad aparente de dicho suelo (Carrasco et al., 2011).

Sectorización del predio según parámetros físico-químicos del suelo

La sectorización se realiza con el propósito de hacer un manejo diferenciado para cada sector de acuerdo a sus condiciones físico-químicas para no cometer el error de tratar todo el terreno como una unidad homogénea. Por ejemplo, al tener un terreno con 5 condiciones distintas de suelo, tanto en su estructura como en sus parámetros físicos, lo correcto es sectorizar en 5 zonas y luego caracterizarlas mediante análisis de laboratorio.

1.2.2. Análisis físico de suelo

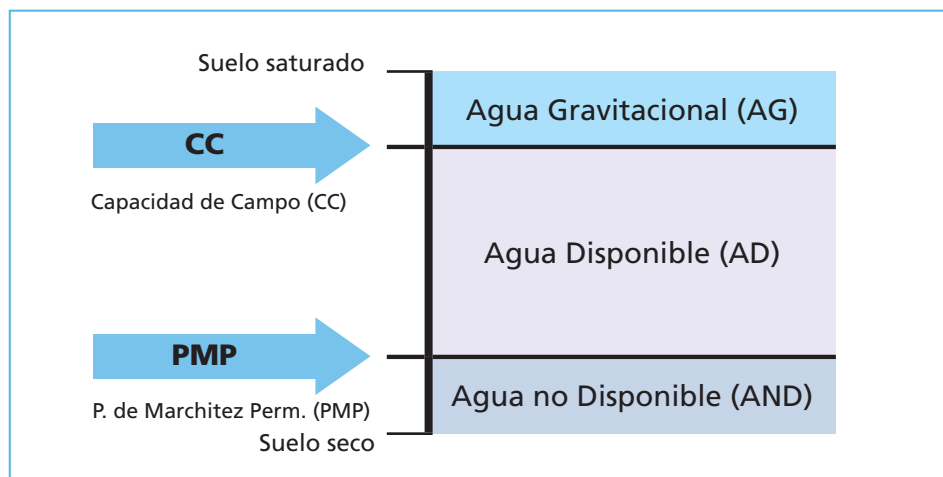
En cada sectorización es necesario conocer las propiedades del suelo, parámetros esenciales para la programación de los riegos, para lo cual se debe hacer un análisis físico de suelo por lo menos cada 5 años, para cada sector. (Ver en el capítulo “Catálogo de soluciones tecnológicas para mejorar la eficiencia hídrica” los laboratorios que cuentan con este servicio).

Se deben tomar muestras de suelo en cada sector. La unidad de muestreo no debe ser mayor a 10 hectáreas. Para cada unidad se deben tomar 25 sub muestras recolectadas en x o zig-zag. El total de las submuestras se mezclan en un balde y se saca una muestra final de aproximadamente 500 gramos, que es enviada al laboratorio. La muestra debe ser identificada con los siguientes datos:

- Fecha de recolección
- Nombre del Propietario

Punto de Marchitez Permanente

Es el contenido de agua de un suelo al cual la planta se marchita y ya no recupera su turgencia. Por convención corresponde al contenido de agua a una tensión o potencial métrico de -15 bares (Acevedo et al., 2000).



1.2.4. Agua Disponible

El agua disponible se determina a través de la siguiente ecuación (Ferreyra et al., 1989).

$$AD = \frac{(CC - PMP) \cdot Da \cdot H \cdot (1 - P) \cdot PSM}{100}$$

Dónde:

AD: Agua disponible (m, cm, mm)

CC: Capacidad de campo (%Pw)

PMP: Punto de marchitez permanente (%Pw)

Da: Densidad aparente gr/cm³

H: Profundidad del perfil donde crecen las raíces (m, cm, mm)

P: Fracción de piedras presentes en el perfil de suelo, medida por observación del perfil de suelo, ejemplo si el suelo presenta una fracción ocupada por piedras del 25%, P= 0.25

PSM: Fracción de suelo mojado por emisores (riego por goteo o microaspersión).

Los valores de CC, PMP y Da se obtienen del análisis de laboratorio a muestras de suelo, en cambio H, P y PSM se pueden obtener a través de la apreciación visual de calicatas.

Las calicatas son excavaciones de aproximadamente 2 metros de profundidad, 80 cm de ancho y unos 1.5 metros de longitud. El observador al ingresar a la calicata puede determinar el número y espesor de las capas del perfil, el porcentaje de piedras y el crecimiento de las raíces, entre otros parámetros (Román., 2008).

Determinación de agua disponible

Ejemplo

Un predio de 6 hectáreas tiene las siguientes características:

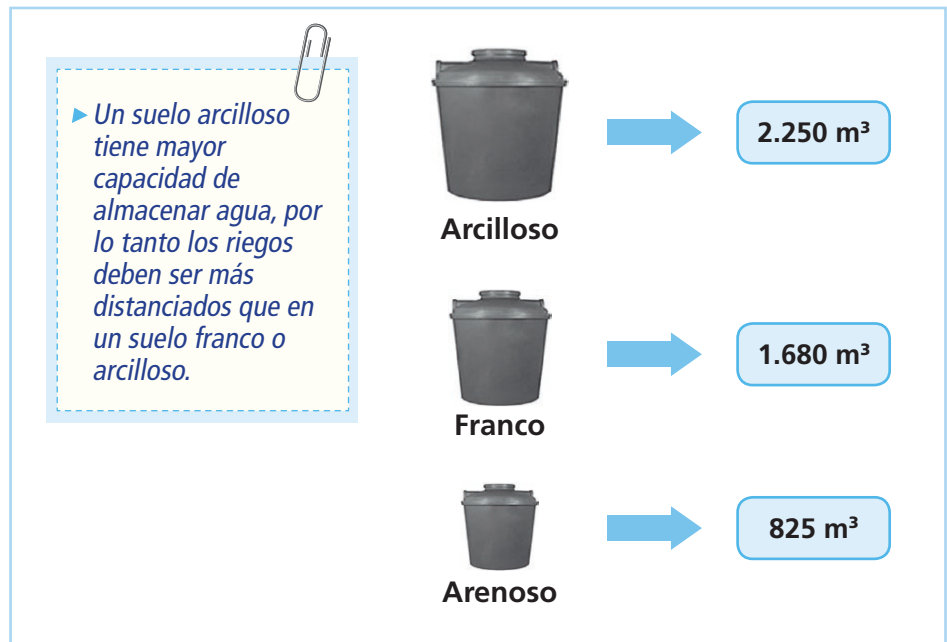
Profundidad	CC(%)	PMP(%)	Da(gr/cm³)	P(°/1)	PSM
0 a 40 cm	31.4	15.7	1.32	0.12	1.0
40 a 90 cm	28.6	14.3	1.38	0.20	1.0

Calcular El agua disponible para ese perfil

$$AD(0-40) = \frac{(31.4 - 15.7) * 1.32 * 40 * (1 - 0.12) * 1}{100} = 7.29 \text{ cm}$$
$$AD(40-90) = \frac{(28.6 - 14.3) * 1.38 * 50 * (1 - 0.2) * 1}{100} = 7.89 \text{ cm}$$

AD (0-90) = 15,18 cm

La capacidad de agua disponible de una hectárea con un perfil de suelo de 1 metro y 0% de pedregosidad, es aproximadamente la siguiente:



Capacidad de retención de agua de una hectárea de suelo sin piedras, usando como analogía un estanque de agua.

1.2.5. Lamina Neta (Ln)

Corresponde al porcentaje del agua disponible que debe consumir la planta para efectuar un riego (Ferreyra, 1989).

La lámina neta se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$Ln = \frac{(AD \times Ur)}{100}$$

Donde:

Ln: Lámina neta (mm)

AD: Agua disponible (mm)

Ur: Umbral de riego (%)

1.2.6. Umbral de riego (Ur)

Aproximadamente un 33% del agua disponible es extraída por la planta con facilidad, a medida que se va secando el suelo es más difícil para éstas absorber agua por lo que se debe regar antes que el contenido de agua llegue a PMP, de esta forma se fija un umbral de riego que es un porcentaje del agua disponible que tiene que consumirse antes de realizar un riego.



Si bien un umbral de riego bajo es más conveniente, pues permite mantener al suelo con un contenido de humedad cercano a capacidad de campo, los riegos serían muy frecuentes y poco prácticos para los sistemas de riego gravitacionales, no así para los sistemas de riego presurizados, en que se puede regar con mayor frecuencia. Además hay que considerar que a mayor profundidad de las raíces, mayor debe ser la profundidad de riego, por lo que los riegos se deben distanciar en mayor grado y en consecuencia nuestro umbral de riego debe ser cercano al máximo teórico recomendado.

Ejemplo

Determinar la Lámina neta (Ln), si el Agua disponible (AD) es de 90 mm y el Umbral de riego es de un 33%.

Respuesta:

$$Ln = (90 \times 33) : 100 \quad \mathbf{Ln = 29.7 \text{ mm}}$$

Esto quiere decir que la planta debe consumir 27 mm del agua almacenada en el perfil de suelo, para realizar un nuevo riego.

El valor de lámina neta lo utilizaremos para el cálculo de la frecuencia de riego.

1.3. Necesidades de riego

Luego de analizar las características y el comportamiento del suelo como reservorio de agua, este capítulo explicará como reponer el agua en el perfil del suelo.

1.3.1. Frecuencia de riego (Fr)

La frecuencia de riego se obtiene al dividir el valor de la lámina neta (mm), con la evapotranspiración en mm del cultivo registrado diariamente (Ferreyra, 1989).

$$Fr = \frac{Ln}{Etc}$$

Donde:

- Fr: Frecuencia de riego (días)
- Ln: Lámina Neta (mm)
- Etc: Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

Ejemplo

Determinar la frecuencia de riego de un cultivo, con los siguientes datos:

Agua disponible = 60 mm

Umbral de riego = 33%, con una Etc = 3 mm/día

Respuesta:

Primero determinamos la lámina neta (Ln)

Ln = (60x33):100

Ln = 19 mm

Una vez determinada la lámina neta (Ln) podemos calcular la frecuencia de riego (Fr)

Fr=19:3=6

Fr= 6 días

En consecuencia para una evapotranspiración de 3 mm/día la frecuencia de riego es de 6 días.

1.3.2. Necesidades y Tiempo de riego

Necesidades de riego:

Para calcular las necesidades de riego del cultivo se debe considerar los valores de la lámina neta (calculada en secciones anteriores) y de la eficiencia de aplicación del sistema de riego (Ferreyra, 1989).

Necesidades de riego (mm) = $\frac{\text{Lámina neta (Ln)} \times 100}{\text{Eficiencia de aplicación (\%)}}$

En el siguiente cuadro se observa los diferentes valores de eficiencia de aplicación del agua según el sistema de riego a emplear (Antúnez et al., 1999).

Sistema de riego	Eficiencia de aplicación (Efa)
Goteo	90 %
Microaspersión	85 %
Surco	45 %
Surco + riego californiano	60 %
Tendido	30 %

La eficiencia de aplicación determina la parte del agua que no es retenida en la zona de raíces, en relación al total del agua aplicada en el suelo.

Tiempo de riego:

En sistemas presurizados

Para calcular el tiempo de riego en sistemas de riego presurizados, hay que determinar previamente dos mediciones:

- Precipitación del equipo de riego (ppe)
- Necesidades de riego del cultivo (Nr).

La precipitación del equipo se puede calcular con la siguiente fórmula (Seguel, 2010):

$$\text{Precipitación equipo (mm/hora)} = \frac{\text{Nº emisores /ha x descarga emisor (L/hora) x (CU/100)}{10.000}$$

CU: Es el coeficiente de uniformidad de los emisores, el cual se determina dividiendo el promedio de los cuatro menores caudales (de un universo de 16 emisores) con el caudal promedio de los 16 emisores seleccionados. Posteriormente este resultado se multiplica por 100.

Valores entre 80% y 100% son adecuados (Villavicencio et al., 2010).

El tiempo de riego se puede calcular a través de la siguiente fórmula (Seguel, 2010).

$$\text{Tiempo de riego (horas)} = \frac{\text{Necesidades de riego (mm)}}{\text{Precipitación del equipo (mm/hora)}}$$

En sistema gravitacional

Velocidad de infiltración de agua en el suelo

En el caso de riego por surco el tiempo de riego se puede determinar a través de ecuaciones obtenidas de pruebas de infiltrometría. Esto es la velocidad de penetración del agua en el perfil del suelo, cuando la superficie del terreno se cubre con una delgada lámina de agua. Al comenzar un riego, el suelo seco absorbe agua rápidamente, sin embargo a medida que transcurre el tiempo el suelo se va saturando y la velocidad de infiltración disminuye hasta hacerse constante. Este valor de infiltración se conoce como velocidad de infiltración estabilizada.

Textura de suelo	Velocidad de infiltración (mm/hora)
Suelo Arenoso	Mayor a 30
Suelo Franco Arenoso	20 a 30
Suelo Franco	10 a 20
Suelo Arcilloso	Menor a 5

Valores velocidad de infiltración estabilizada (Sepor, 2009)

Métodos para determinar la velocidad de infiltración

Cilindro Infiltrómetro

El cilindro infiltrómetro tiene un diámetro de 22 a 30 cm y una longitud de 30 cm. El cilindro se entierra en el suelo entre 10 y 15 cm, alrededor se instala un aro regulador cuyo diámetro es por lo menos 30 cm mayor que el del cilindro interior y de unos 18 cm de alto, dicho aro se entierra unos 5 a 10 cm.

El cilindro se rellena con agua y se observa los valores de descenso a través de una regla graduada cada 1 minuto en las primeras 5 mediciones, posteriormente las mediciones se realizan cada 5 minutos, una vez transcurrida la primera hora, las mediciones pueden realizarse cada 30 minutos y posterior a la segunda hora se debe registrar mediciones cada 60 minutos. La profundidad del agua dentro del cilindro debe permanecer entre los 7 y 12 cm (Ferreyra et al., 1989).



Con las mediciones registradas se realizan cálculos matemáticos que permiten determinar la velocidad de infiltración estabilizada (valor constante) del suelo analizado. Este valor es importante a la hora de realizar el diseño de un sistema de riego, pues la precipitación del sistema no puede ser mayor a la velocidad de infiltración estabilizada, de lo contrario se produciría encharcamiento y/o escurrimiento superficial del agua de riego, disminuyendo de esta manera la eficiencia de aplicación.

Surco infiltrómetro

El método del surco infiltrómetro consiste en determinar la diferencia de agua que está entrando y saliendo del surco. Solo una parte del terreno se encuentra en contacto con el agua (Sepor, 2009).

La velocidad de infiltración se puede determinar a través de la siguiente fórmula (Holzapfel, 2005).

$$V_i = \frac{6 (Q_e - Q_s)}{L \times E}$$

Dónde:

V_i : Velocidad de infiltración (cm/minuto)

Q_e : Caudal de agua aplicada al surco (L/seg)

Q_s : Caudal de salida de agua del surco (L/seg)

L : Largo surco (m)

E : Espaciamiento entre surco (m)

A través de esta prueba de infiltrometría se obtienen las ecuaciones de Velocidad de infiltración e infiltración acumulada, cuya utilidad es determinar el tiempo de riego necesario para que infiltre la lámina de riego requerida.

El tiempo de riego para el caso de riego por surco y tendido, también puede determinarse relacionando las necesidades de riego del cultivo, el área a regar y el caudal de suministro de dicho sector. Tal como se explica en el ejemplo a continuación:

Ejemplo

Cuántas horas demora en regarse un predio de 2 hectáreas que tiene una disponibilidad de agua de 25 litros por segundo. Las necesidades de riego (Nr) son 30 mm.

Respuesta:

Primero se debe pasar las necesidades de riego de milímetros a litros. Al multiplicar las necesidades de riego en mm por el área a regar en m², obtenemos las necesidades de riego en litros:

A través de esta prueba de infiltrometría se obtienen las ecuaciones de Velocidad de infiltración e infiltración acumulada, cuya utilidad es determinar el tiempo de riego necesario para que infiltre la lámina de riego requerida.

El tiempo de riego para el caso de riego por surco y tendido, también puede determinarse relacionando las necesidades de riego del cultivo, el área a regar y el caudal de suministro de dicho sector. Tal como se explica en el ejemplo a continuación:

Ejemplo

Cuántas horas demora en regarse un predio de 2 hectáreas que tiene una disponibilidad de agua de 25 litros por segundo. Las necesidades de riego (Nr) son 30 mm.

Respuesta:

Primero se debe pasar las necesidades de riego de milímetros a litros. Al multiplicar las necesidades de riego en mm por el área a regar en m², obtenemos las necesidades de riego en litros:

Nr → 30 mm x (20.000 m²) = 600.000 litros → Superficie de 2 hectáreas

Si la disponibilidad de agua es 25 litros por segundo, entonces el tiempo de riego (Tr) es:

Tr (segundos) = 600.000 (Nr)/25 (Disponibilidad de agua)

Tr (segundos) = 24.000

Tr (horas) = 24.000 (Tiempo de riego en segundo)/3600 (N° segundos por hora)

Tr (horas) = 6.7 horas

1.3.3. Disponibilidad de agua

La disponibilidad de agua de un predio corresponde a la cantidad total de agua a la que éste puede acceder y permite conocer la superficie máxima a regar. Hay diversas formas de determinar la disponibilidad de agua.

Caso 1: Agua que pase por tuberías

Método Volumétrico

En caso de agua que pase por tuberías, como es el caso de agua subterránea extraída desde pozos profundos, o agua que sale de un conducto cerrado o tubería, el mejor método para conocer el caudal es mediante la instalación de

caudalímetros ya sea en las bocatomas de entrada al predio o en la salida de cada pozo. Con estos instrumentos, que no son de alto costo, se podrá medir la cantidad de agua en cada momento.

En el caso de sistemas de riego gravitacional, este método se puede aplicar en el caso que se disponga de estructuras que permitan aplicar caudales medibles y regulables a los surcos o sectores de riego. Las estructuras más utilizadas son:

- Sifones
- Californiano Móvil
- Californiano Fijo
- Mangas de riego

Caso 2: Agua superficial

La disponibilidad de agua de un predio o de un sector del predio se puede determinar por:

- Método Velocidad/Superficie
- Estructuras de Medida

Método Velocidad/Superficie

Este método depende de la velocidad media de la corriente y del área de la sección transversal de los canales (McPhee et al., 2013). El caudal se puede calcular a través de la siguiente ecuación (Ferreyra et al., 1989):

$$Q = V \times A \times 0.85 \times 1000$$

Donde:

Q = Caudal (l/s)

V = Velocidad del agua (m/s). El cálculo de velocidad del agua se explica más adelante

A = Sección de la acequia o canal (m²)

0,85 es un factor de corrección.

La sección de la acequia o canal (A), se determina multiplicando el ancho (a) por la altura (h) del agua promedio del tramo del canal o acequia donde se hace la prueba de medición del caudal (Ferreyra et al., 1989). Este valor es más preciso al segmentar la sección (A) en varias subsecciones, posteriormente calcular el área para cada una de ellas, y finalmente sumarmas para obtener el área total de la sección del canal.

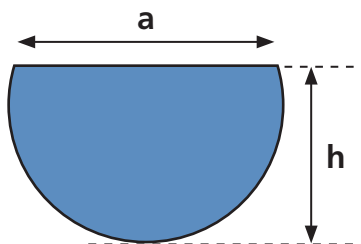
$$A = a \times h$$

Donde:

A: sección del canal (m²)

a: ancho (m)

h: altura (m)

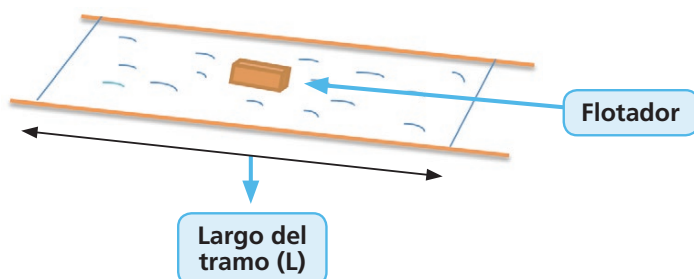


La velocidad se puede medir a través de dos métodos:

Método del Flotador

Este método permite determinar el caudal aproximado de un canal o acequia. Para ejecutar este método se debe contar con un sector de la acequia o canal que sea recto.

La velocidad (V) corresponde al tiempo en segundos que demora un flotador (puede ser un trozo de madera) en recorrer una distancia predeterminada (Ferreyra et al., 1989).



$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Largo tramo (m)}}{\text{Tiempo (s)}}$$

Molinete Hidráulico

Este instrumento registra el número de vueltas que impone el efecto dinámico del agua y se relaciona esta frecuencia de riego con la velocidad del agua (McPhee et al., 2013).

Existen modelos más sofisticados que registran la velocidad del agua a través de sensores de flujo ubicados en la parte distal del instrumento. Ver en el capítulo "Catálogo de soluciones tecnológicas para mejorar la eficiencia hídrica" donde encontrar estos instrumentos.



En cualquier caso, aplicando la fórmula de Caudal, es posible determinar entonces la cantidad de agua disponible.

Estructuras de medida

Son estructuras que se colocan perpendiculares al paso del agua de un canal o acequia. La determinación del caudal se puede determinar a través de fórmulas matemáticas que relacionan las dimensiones de dichas estructuras con variables del agua que recorre el canal o acequia (Ferreyra et al., 1989). Entre las más utilizadas están:

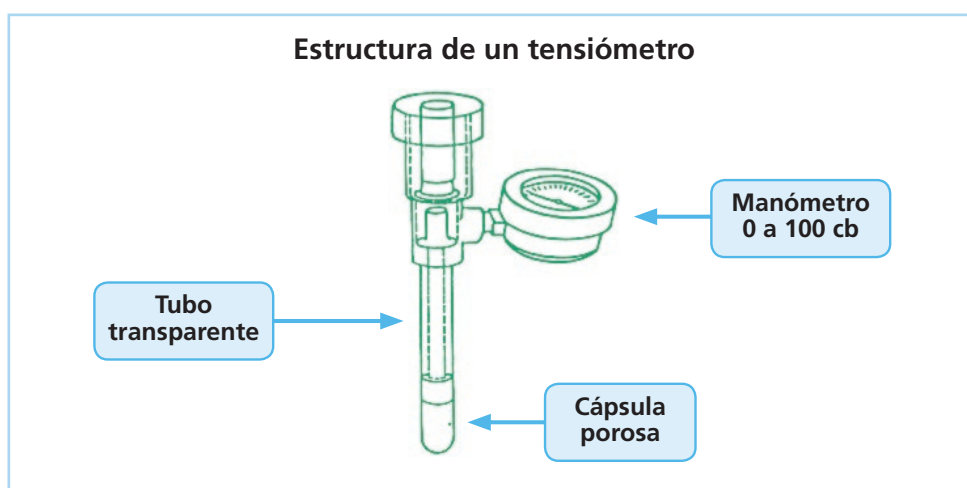
- Vertedero Rectangular
- Vertedero Triangular
- Canoa Parshall

2. Tecnologías para la determinación del estado hídrico del suelo a través de instrumentos

Existen diferentes instrumentos (Tensiómetro y Sonda capacitiva FDR), que permiten determinar el estado hídrico del suelo, y que se explican a continuación:

2.1. Tensiómetro

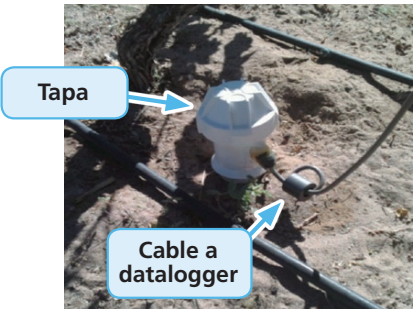
El tensiómetro mide la tensión o fuerza con que es retenida el agua en el suelo, su graduación va de 0 a 100 centibares (cb); generalmente se instalan dos tensiómetros por punto a medir, el primero localizado superficialmente (25 a 30 centímetros) donde se concentra el mayor crecimiento de raíces y cuya función es determinar la frecuencia de riego, y el segundo más profundo (60 cm), cuya función es determinar hasta qué punto del perfil infiltra el agua de riego (Ferreira et al., 1989). Un suelo está a capacidad de campo cuando el tensiómetro más superficial marca entre 10 y 25 cb. Cuando el tensiómetro marca de 0 a 10 cb el suelo está saturado, es decir todos sus poros están llenos de agua y existe una ausencia de oxígeno en la zona de raíces. Cuando en el suelo queda disponible un 50% de la humedad aprovechable se debe realizar nuevamente un riego, en el caso de suelos arenosos esto ocurre cuando el tensiómetro marca 30 cb, en el caso de suelos arcillosos este valor es de 60 cb, para el caso de suelos francos los riegos se deben iniciar cuando el tensiómetro marque aproximadamente 50 cb (Villablanca et al., 2015). Ver en el capítulo “Catálogo de soluciones tecnológicas para mejorar la eficiencia hídrica” donde encontrar este instrumento.



Tensiómetro en terreno

2.2. Sonda capacitiva (FDR)

Es un sistema de alta precisión que mide el contenido de humedad volumétrica del suelo a distintas profundidades del perfil. Las sondas están ubicadas en el terreno en un tubo de acceso. Existen sondas de 1,5 m, 1,0 m y 0,5 m de longitud; la selección de la sonda a utilizar estará en función de la profundidad de enraizamiento del cultivo a monitorear. Cada sonda posee un máximo de 16 sensores ubicados cada 10 cm. Estas sondas miden de forma continua la humedad del suelo en intervalos de hasta 1 minuto (Reckmann et al., 2009).



Sonda emplazada en terreno



Estructura de la sonda

Estos sensores pueden ser portátiles, así los agricultores pueden realizar mediciones a varios sectores de un terreno extenso o bien puede instalarse uno o varios instrumentos fijos que entreguen de manera constante la humedad del suelo.

El agricultor tiene 2 opciones para obtener la información de las sondas:

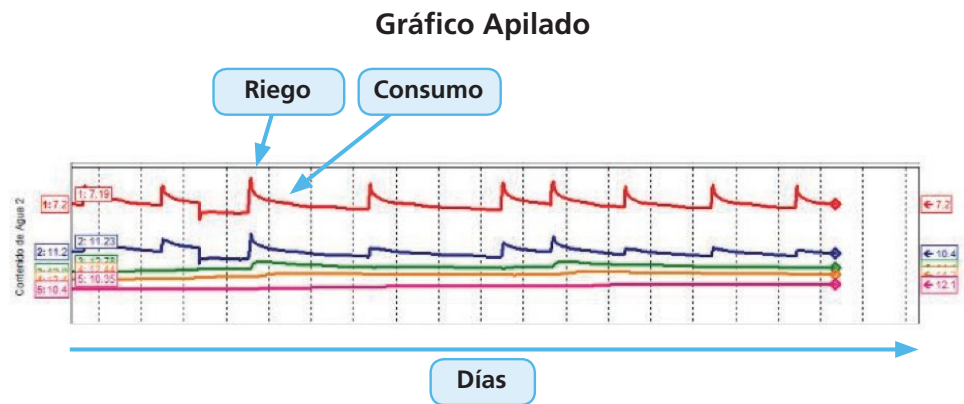
- Bajar los datos diariamente o una vez por semana directamente desde el datalogger.
- Recibir los datos en tiempo real vía internet.

Obtención de datos de la sonda

A través de estas sondas se puede determinar la humedad en un punto específico de tiempo y espacio, además se puede observar a través de gráficos la tendencia de la humedad del suelo a través del tiempo.

Para monitorear la humedad del suelo se utilizan dos gráficos (Callejas et al., 2013):

- Gráfico Apilado
- Gráfico Sumatoria



Este gráfico permite:

- a) Observar el comportamiento de los sensores por separado

Sensor 1 (línea roja): Es el más superficial, y es el que presenta mayor variabilidad en el tiempo

Sensor 2 (línea azul): Alta variabilidad a lo largo de los días pero en menor grado que sensor 1

Sensor 3 (línea verde): Menor variabilidad que los 2 sensores más superficiales

Sensor 4 (línea amarilla): Muy pequeñas variaciones a través del tiempo

Sensor 5 (línea violeta): Es el más profundo. Valor constante en el tiempo

b) Determinar el tiempo de riego

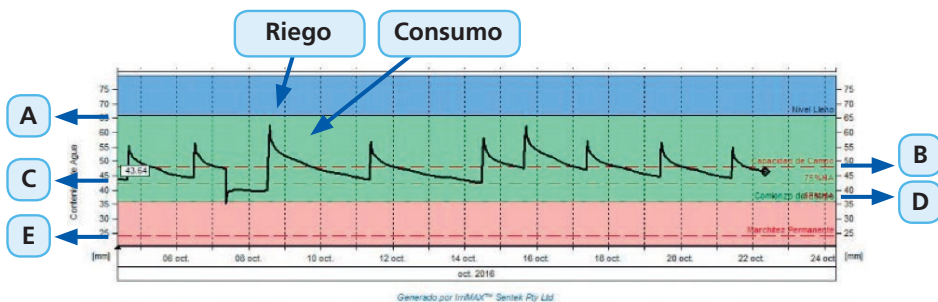
El sensor más profundo de la sonda (línea violeta), es utilizado como un indicador, pues lo deseable es que la duración del riego no permita que el agua penetre hasta la profundidad donde se encuentra ubicado dicho sensor, permaneciendo el registro de humedad constante en el tiempo.

c) Determinar hasta que profundidad se encuentra la mayor concentración de raíces absorbentes

En este gráfico la zona de mayor concentración de raíces se encuentra en la profundidad del perfil donde se encuentran ubicados los dos sensores más superficiales (líneas roja y azul), pues una disminución acelerada de la humedad del suelo se debe a una alta tasa de absorción diaria por parte de las raíces, y a medida que la concentración de raíces va disminuyendo, el contenido de humedad del suelo se va haciendo más constante a través del tiempo.

Gráfico Sumatoria

Permite definir la frecuencia de riego pues integra los datos de los tres primeros sensores y los convierte en un único gráfico:



Observaciones:

En la gráfica se pueden observar 5 líneas horizontales (A, B, C, D, E), que se conocen como líneas de gestión o umbrales.

A. Línea Nivel de Lleno (NLL): Es la máxima cantidad de agua que puede absorber el suelo sin que se produzca percolación profunda.

B. Capacidad de campo (CDC)

C. Relleno temprano (RT): Es un punto de recarga anticipado, en este caso cuando el suelo tiene un 75% de la humedad aprovechable

D. Punto de recarga (PR): Es el límite de humedad del suelo en que la planta no presenta alteraciones metabólicas y disminuciones en el potencial productivo y es el límite mínimo de humedad aconsejable para realizar un nuevo riego.

E. Punto de marchitez permanente (PMP)

En la gráfica se puede observar que la humedad del suelo no supera el límite de nivel de lleno y tampoco baja del límite de punto de recarga, ubicándose principalmente entre capacidad de campo y 75% de Ha (humedad aprovechable). La diferencia entre los límites superior e inferior es un indicador de cuanto regar.

La frecuencia de riego está determinado por el nivel de humedad inferior permitido para el perfil de suelo, pues una vez que se llega a ese nivel mínimo se debe realizar un riego. De acuerdo al manejo que se determine para el huerto, este nivel mínimo puede ser el Punto de recarga o el nivel de Relleno temprano.

(Ver en el capítulo “Catálogo de soluciones tecnológicas para mejorar la eficiencia hídrica” donde encontrar este instrumento).

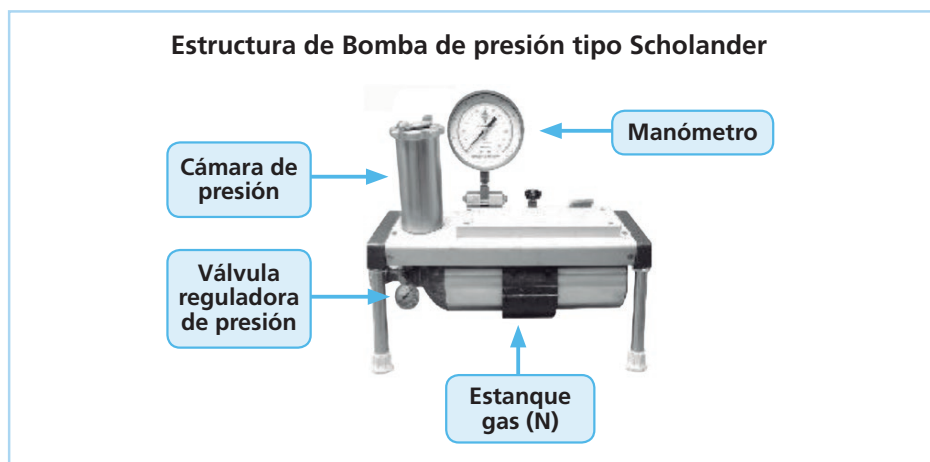
3. Tecnologías para conocer el estado hídrico de las plantas

Existen diferentes instrumentos que permiten determinar el estado hídrico de las plantas:

- Bomba de presión tipo Scholander
- Sensor de temperatura de la hoja
- Dendrómetro
- Medidor del flujo de la savia

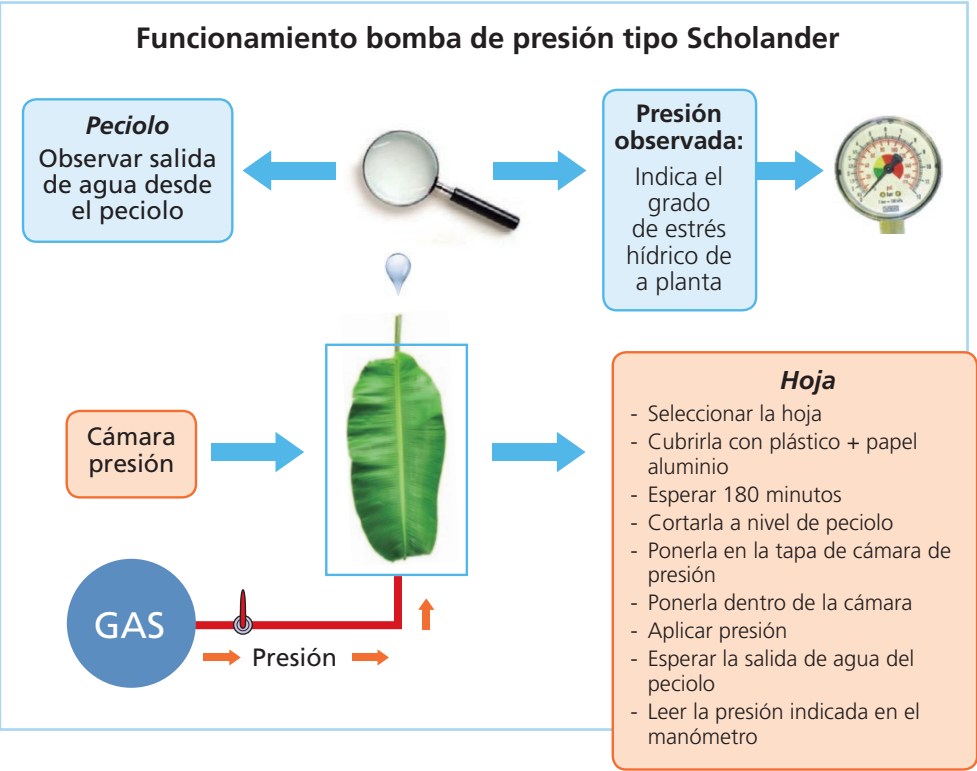
3.1. Bomba de presión tipo Scholander

Este instrumento mide el potencial hídrico del xilema e indirectamente determina el estado hídrico de la planta. Consta de una cámara de presión, un manómetro, una válvula reguladora de presión y un estanque que almacena nitrógeno gaseoso (Sepor, 2009).



El agua se mueve desde las raíces a las hojas a través de un conducto llamado xilema. La transpiración de la planta es la fuerza motriz que hace circular el agua, pero esta fuerza no es constante, varía en la medida que aumenta la transpiración de la planta o bien disminuye la humedad del suelo explorado por las raíces. A menor disponibilidad de agua en el suelo mayor es la tensión del agua en la planta es decir el potencial hídrico disminuye. Para determinar el potencial hídrico xilemático se debe colocar la hoja seleccionada al interior de la cámara de acero, posteriormente se aplica nitrógeno en forma gaseosa a alta presión hasta que en el peciolo de la hoja que esta al exterior de la cámara comience a botar agua (punto final). Cuando ocurre este fenómeno se

debe registrar la presión que indica el manómetro, pues este valor corresponde al potencial hídrico xilemático (valor negativo). La información obtenida de la bomba tipo Scholander puede ser utilizada para corregir programas de riego, aumentando o disminuyendo los tiempos y las frecuencias de riego y para definir los niveles máximos de estrés a lo cual se pueden llevar las plantas para algún manejo específico (Selles et al, 2002).



Las mediciones del potencial xilemático deben hacerse entre las 14 y 16 horas en días despejados en hojas expuestas al sol en la zona media del árbol.

Se deben seleccionar como mínimo 10 árboles por 25 hectáreas de terreno homogéneo. Es mejor escoger los árboles a principio de temporada y realizar las mediciones en ellos durante toda la temporada. Es suficiente una hoja por árbol.

En el siguiente cuadro se pueden observar los valores de potencial hídrico xilemático medido a medio día en árboles bien regados (Selles et al., 2002).

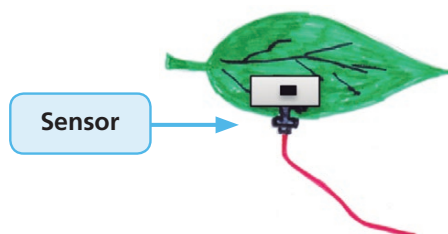
Especie	Rango (Bar)
Durazno tardío (Santiago)	-7 a -10
Ciruelo (San Fernando)	-7 a -10
Uva de mesa Flame Seedless (Nancagua)	-6,5 a -9

Para la mayor parte de las especies los valores de potencial hídrico xilemático en plantas bien regadas fluctúa entre -7 y -10 bares. Ver en el capítulo “Catálogo de soluciones tecnológicas para mejorar la eficiencia hídrica” dónde encontrar este instrumento.

3.2. Sensor de la temperatura de la hoja

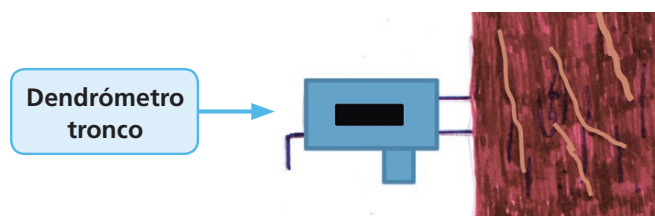
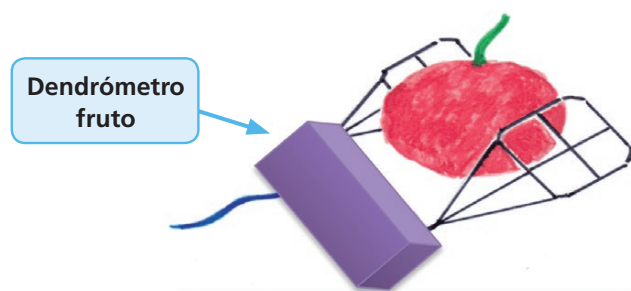
Es un instrumento instalado en el follaje de la planta en el caso de ser fijo y/o simplemente apuntándolo al follaje que se quiere medir, tiene la ventaja que no realiza contacto físico con la hoja ya que utiliza la radiación infrarroja (no visible, que transporta información sobre la temperatura de un cuerpo). Existen más sofisticados que entregan en una pantalla una distribución de la temperatura en la superficie de los cuerpos, conocidos con el nombre de cámara termográfica. Ver en el capítulo “Catálogo de soluciones tecnológicas para mejorar la eficiencia hídrica” donde encontrar este instrumento.

La temperatura de la hoja debe compararse con la temperatura ambiental, pues ante un déficit hídrico la planta como mecanismo de protección cierra sus estomas interrumpiendo la transpiración, generando un aumento de temperatura de la hoja, en consecuencia la planta presenta una mayor temperatura que la ambiental. En el caso que la planta tenga un adecuado abastecimiento hídrico los estomas no se cierran y la planta transpira, generando un mecanismo de regulación térmica, presentando una menor temperatura que la ambiental. Se han desarrollado sistemas que abren y cierran la emisión del agua de riego según la temperatura de la hoja del cultivo, una de estas tecnologías se conoce como umbral de tiempo y temperatura (TTT), su funcionamiento se basa en que las plantas se desarrollan de mejor forma en un rango de temperaturas. Por ejemplo para el cultivo del algodón el riego se activa cuando la temperatura de la hoja supera los 28 °C durante más de 4 horas y media (Traxco, 2013). La desventaja de este sistema es que no permite cuantificar en forma directa cuál es el monto de agua aplicar, pero si cuando regar en el caso que se determine una temperatura de referencia que indique cuando iniciar un riego.

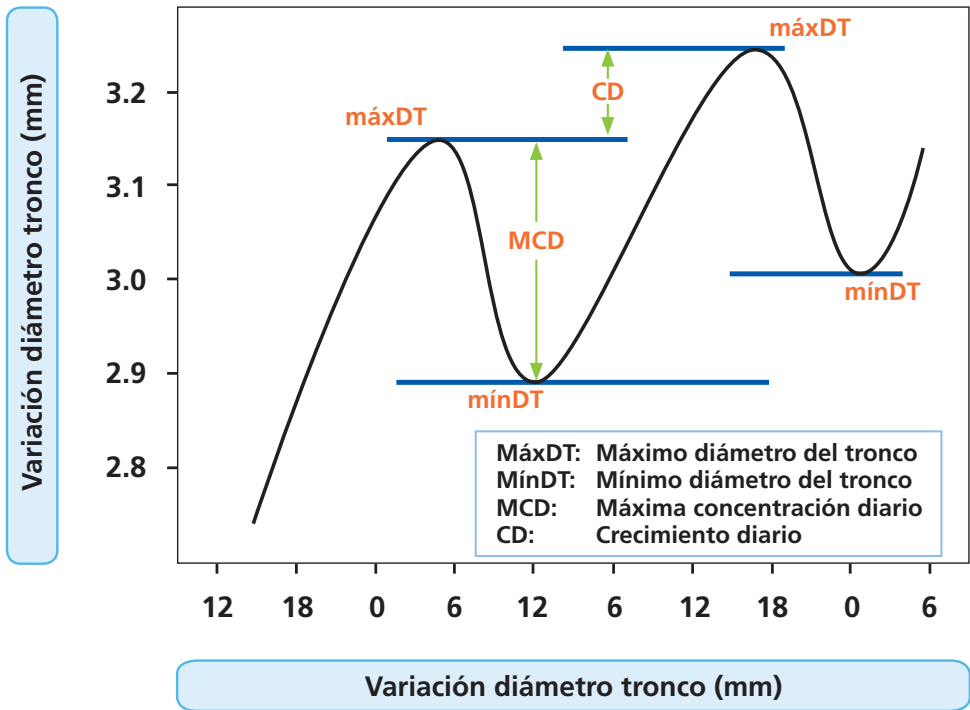


3.3. Dendrómetros:

Los Dendrómetros son instrumentos que pueden medir las variaciones milimétricas del diámetro del tronco, tallos, peciolo o frutos.



Los órganos de la planta, ya sea fruto, tallo o tronco tienen similar comportamiento, es decir, durante la noche se produce el fenómeno de expansión y durante el día los órganos se contraen (Selles et al., 2006). Lo que importa es que la sumatoria de expansiones sea mayor a la sumatoria de contracciones para que en el resultado final sea un crecimiento positivo del órgano. (Ver en el capítulo “Catálogo de soluciones tecnológicas para mejorar la eficiencia hídrica” dónde encontrar estos instrumentos).



En el gráfico superior se puede observar el crecimiento del tronco de un árbol frutal en el periodo de un día. El máximo diámetro se produce temprano por la mañana y el valor mínimo se registra, en la tarde, durante las horas de mayor temperatura ambiental. El valor de la máxima concentración diaria (MCD) puede ser utilizado como parámetro para determinar la frecuencia de riego. La desventaja de este sistema es que no permite cuantificar en forma directa cuál es el monto de agua aplicar.

3.4. Medidor de flujo de savia

Estos sensores permiten conocer la velocidad del flujo de savia en la planta. Para determinar este parámetro se deben insertar dos electrodos en la planta. El primero emite un impulso calórico y el segundo determina el tiempo que demora en propagarse dicho calor, el que es transportado por la savia. También puede existir un tercer electrodo que permite conocer el sentido del calor. (Ver en el capítulo “Catálogo de soluciones tecnológicas para mejorar la eficiencia hídrica” donde encontrar este instrumento). Estimando el área del tronco por donde circula la savia y conociendo la velocidad del flujo (determinado por el sensor), se puede determinar el caudal del agua que transita por la planta, que es equivalente al agua consumida y transpirada.

Capítulo II.

Métodos de Riego

4. Riego Gravitacional

4.1. Riego por surco.

El riego por surco consiste en hacer correr el agua desde una acequia madre por pequeños regueros o surcos desde los puntos más altos a los puntos más bajos del cuartel o potrero, penetrando el agua por los costados y fondo del surco.

Longitud de los surcos

La longitud máxima de los surcos está en función de tres factores:

- Pendiente del terreno
- Textura del suelo
- Profundidad de las raíces del cultivo.

Los surcos son más cortos a medida que aumenta la pendiente del terreno, en suelos arcillosos la longitud de los surcos es mayor que en suelos arenosos, y los surcos pueden ser más largos en cultivos de arraigamiento profundo comparados con cultivos de arraigamiento superficial.

Largo máximo del surco en metros (Ferreira et al, 1989)

Textura	Arenosa			Franca			Arcillosa		
Profundidad (cm) Pendiente (%)	50	100	150	50	100	150	50	100	150
0.25	150	220	265	250	350	440	320	460	535
0.50	105	145	180	170	245	300	225	310	380
0.75	80	115	145	140	190	235	175	250	305
1.00	70	100	120	115	165	200	150	230	260
1.50	60	80	100	95	130	160	120	175	215
2.00	50	70	85	80	110	140	105	145	185

Si el largo de los surcos es mayor a lo recomendado, lo más probable es que la distribución de la humedad en el surco sea deshomogénea, donde la mayor proporción del agua aplicada se encuentra al inicio del surco (cabecera) y las plantas ubicadas al final del surco recibe solamente una fracción de la lámina de riego necesaria. Una óptima distribución del riego se obtendrá si se emplean largos recomendados, mojándose prácticamente por igual el perfil de suelo tanto al inicio como al final del surco. La uniformidad del riego en el surco depende tanto de su largo del surco, como de la forma como se ejecute el riego. Por ejemplo, si se corta el riego a nivel de cabecera una vez que se cumple el tiempo de riego calculado, lo más probable es que la parte final del surco quede con un nivel de humedad baja o casi seco. En la práctica se debe cortar el riego cuando el agua haya profundizado toda la zona de raíces, incluso en el tramo final del surco. La humedad del suelo en este tramo puede ser monitoreada usando un barreno o a través de la observación de pequeñas calicatas (Ancho: 0.3 m; Largo: 0.3 m; Profundidad: 0.5 m) construidas en la zona de activo crecimiento radical.

Espaciamiento entre surcos

El espaciamiento entre surcos se puede determinar a través de la siguiente fórmula (Sepor, 2009):

$$E = Pr \times Cs$$

Dónde:

E: Espaciamiento entre surco (m)

Pr: Profundidad de raíces del cultivo (m)

Cs: Coeficiente que depende del tipo de suelo:

- Suelo arcilloso: 2.5

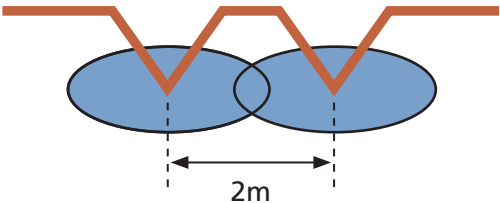
- Suelo franco: 1.5

- Suelo arenoso: 0.52

► *El espaciamiento entre surcos debe permitir que el agua humedezca toda la zona radicular.*

Ejemplo:

Suelo de textura arcillosa y con profundidad de raíces de 80 centímetros.



Aplicando la fórmula se tiene que:

$$E: 0.8 \times 2.5$$

$$E: 2 \text{ metros}$$

El espaciamiento entre surcos es de 2 metros.

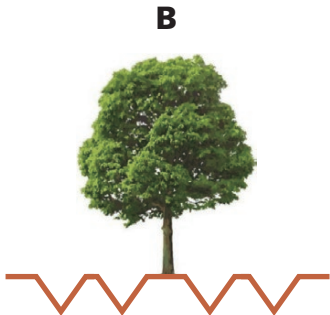
Cantidad de surcos

Durante los tres o cuatro años después de plantación, se puede utilizar un sistema de 2 surcos, uno a cada lado de la hilera (A). Posteriormente se requiere un arreglo de cuatro surcos, dos por cada lado de la hilera (B). Tres e incluso cuatro surcos por cada lado de la hilera puede ser necesario en suelos arenosos o en cultivos de gran desarrollo radical (Holzapfel et al 2010).



Los surcos deben recibir mantención periódica

1. Remover de los surcos la acumulación de sedimentos que trae en suspensión el agua de riego.
2. Controlar la malezas que crecen en los surcos.



Caudal máximo a aplicar por surco

La cantidad de agua que se debe aplicar a cada surco corresponde al caudal máximo no erosivo (Qmax). Posteriormente, una vez que el agua llega al final del surco el caudal debe reducirse a la mitad hasta completar el tiempo de riego, este caudal se conoce como caudal reducido (Qr) (Holzapfel et al., 2010). Si se aplica un caudal mayor al caudal máximo no erosivo, en los primeros tramos del surco se puede observar arrastre de partículas, o bien desmoronamiento de las paredes del surco.

El caudal máximo no erosivo (Qmax, l/s) se puede calcular a través de la siguiente fórmula:

$$Q_{max} = \frac{0.63}{m}$$

Dónde:

m = Pendiente (%)

El Caudal reducido se puede calcular a través de la siguiente fórmula:

$$Q_r = \frac{Q_{max}}{2}$$

Dónde:

Qr: Caudal reducido (l/s)

Qmax: Caudal máximo no erosivo (l/s)

Caudales Máximos y reducidos según pendiente:

Pendiente %	Caudales (l/s)	
	Caudal Máximo (Qmax)	Caudal Reducido (Qr)
0.2	3.2	1.6
0.4	1.6	0.8
0.6	1.1	0.5
0.8	0.8	0.4
1.0	0.6	0.3
1.4	0.5	0.3
1.8	0.4	0.2
2.0	0.3	0.2

La aplicación de estos caudales es más exacta utilizando estructuras de aducción como sifones, mangas de riego, sistemas de riego californiano fijo y móvil.

Métodos de distribución del agua en los surcos

Las acequias madres o de distribución pueden tecnificarse de manera que el caudal que se entregue a los surcos sea uniforme y controlado, los sistemas más utilizados son los siguientes:

- Sifones
- Californiano Móvil
- Californiano Fijo
- Mangas
- Riego por pulsos

(Ver en el capítulo “Catálogo de soluciones tecnológicas para mejorar la eficiencia hídrica” donde encontrar estos equipos).

Sifones

Este sistema hace ingresar el agua desde la acequia cabecera hasta los surcos de riego. La cantidad de agua que sale por los sifones depende del diámetro del sifón y de la diferencia de altura entre el nivel de agua en la acequia cabecera y el punto donde el agua es derramada en el terreno (H). Los sifones pueden ser tubos rígidos o flexibles. Están fabricados de aluminio, pvc, goma etc. (Fernández et al., 2010).

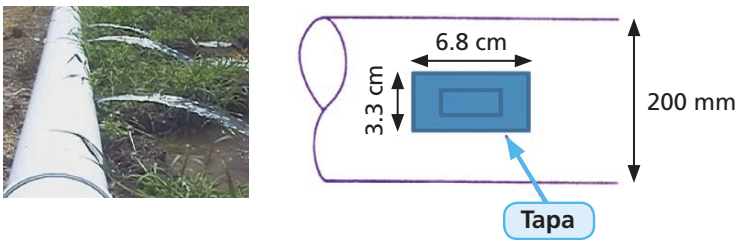


Caudal aproximado del sifón (litros/segundo)-(Fernández et al., 2010)

Diámetro (mm)	H=5 cm	H=10 cm	H=15 cm	H=30 cm
20	0.20	0.26	0.32	0.37
30	0.42	0.60	0.73	0.84
40	0.75	1.10	1.30	1.50
50	1.20	1.43	2.00	2.33
60	1.70	2.40	2.90	3.40

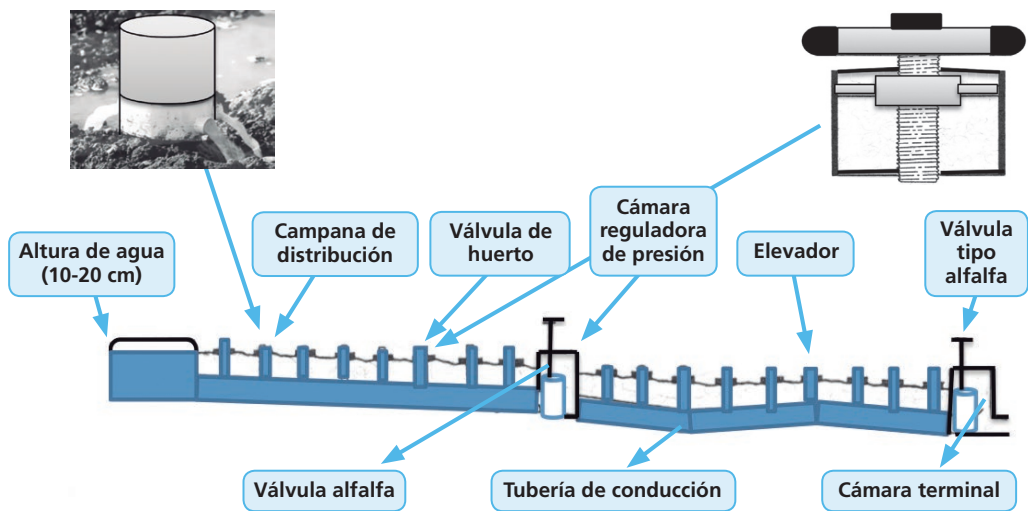
Californiano Móvil

Este sistema consta de una tubería portátil ubicada en la cabecera del cuartel, que permite distribuir el agua en los surcos de riego. La tubería es de PVC de 200 mm, de color blanco. El sistema tiene una cámara de entrada donde se acoplan los tubos que poseen tapas regulables, que permite regular el caudal (Ferreya et al., 1989).



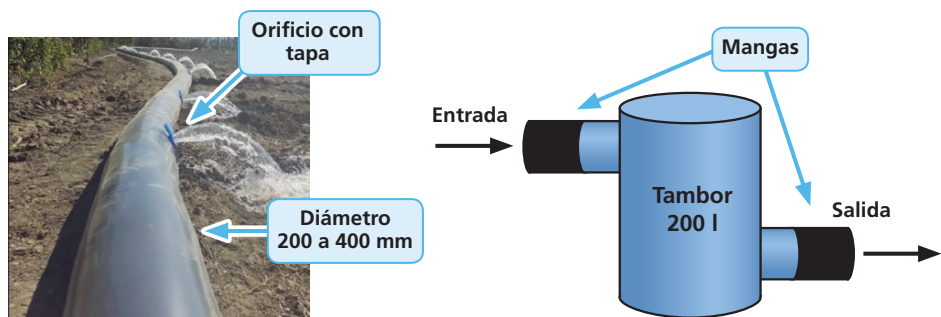
Californiano Fijo

Es una tubería cabecera de conducción subterránea (200 a 250 mm de diámetro) en la cual el agua es distribuida a los surcos mediante tubos elevadores. Los elevadores son de PVC y su diámetro está en función del caudal que se quiera entregar. La ubicación de cada elevador es frente a la hilera de la planta para no obstaculizar el paso de la maquinaria. En cada elevador se instala una campana y una válvula de huerto cuya función es proteger el suelo de la erosión y regular el caudal respectivamente (Ferreyra et al., 1989).



Manga de Riego

Las mangas de riego permiten conducir el agua dentro del sector a regar y distribuirla hacia los surcos a través de salidas a igual distancia. Los orificios de salida los puede hacer el usuario o pueden venir ya fabricados. El caudal se puede regular a través de la tapa que contiene cada orificio. La presión máxima que soportan las mangas es de 70 cm y como regulador de presión se usan tambores de 200 litros perforados a los cuales se les instala un trozo de tubería de un diámetro que permite insertar la manga de riego (Sepor, 2009).

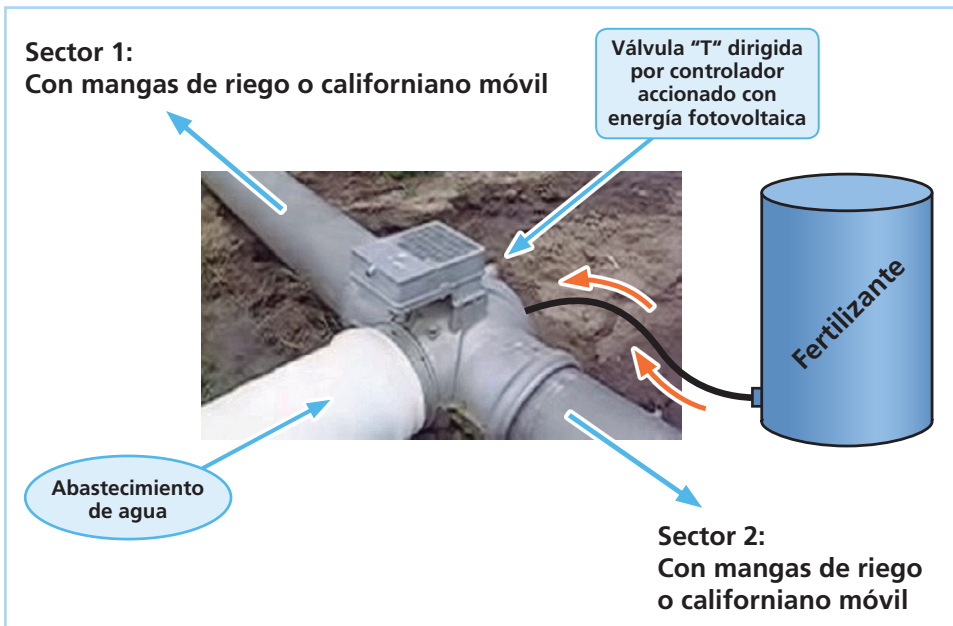


Riego por pulsos

Consiste en la aplicación intermitente de agua aumentando la eficiencia de aplicación del riego en aproximadamente un 80%. La distribución la realiza una válvula "T" o mariposa que abastece a 2 mangas laterales, asegurando a cada surco un caudal regulado y uniforme. La apertura y cierre de la válvula de campo se acciona mediante un controlador del tipo "Star" que funciona mediante energía fotovoltaica; generándose periodos alternados de humedecimiento y secado en el surco. A cada una de estas aplicaciones realizadas intermitentemente se les denomina pulsos de riego (Antúñez et al. 2015). Entre las ventajas que presenta este sistema, se pueden mencionar las siguientes:

- Alta eficiencia de aplicación cercana al 80%
- Se puede aplicar fertilizante junto con el riego
- Baja inversión inicial

En el país, este sistema de riego se utiliza casi exclusivamente en maíz, pero se está transformando en una alternativa para el riego de frutales.



4.2. Riego por tendido

Este sistema se basa en la inundación de un sector del terreno, mojando toda el área cultivada. Este método de riego presenta muchas desventajas, siendo la más importante la baja eficiencia de aplicación del agua (como máximo 45%), además de no permitir un buen control del agua de riego, lo que provoca desuniformidad del riego y erosión del suelo; sin embargo se pueden hacer algunas recomendaciones para su uso:

- Hacer pequeños emparejamientos del suelo.
- El espaciamiento entre las acequias regadoras va de 6 a 25 metros, en suelos de texturas medias se recomienda acequias cada 12 a 16 metros. La distancia es menor en suelos arenosos. Este método no se recomienda en suelos con pendientes mayores al 2% (Alvarado et al., 1969).
- Este método no se recomienda en suelos con pendientes mayores al 2% (Alvarado et al., 1969).

Capítulo III.

Riego Presurizado

5. Riego Presurizado

5.1. Características de un sistema de riego presurizado:

Un sistema de riego presurizado se caracteriza por (Ferreyra, 1989):

- No tener pérdidas de conducción: El agua captada desde su fuente (tranque, estanque, noria o pozo) hasta que es entregada a la planta, no sufre pérdidas, sea por evaporación o por infiltración.
- Uniformidad de riego: Cada planta del huerto recibe, prácticamente, la misma cantidad de agua.
- Adaptabilidad: El riego presurizado puede adaptarse a diferentes cultivos (hilerados como frutales u hortalizas, o no hilerados), o a diferentes condiciones de suelo, sean tanto por su textura (arenosos, pedregosos, etc.) como por su topografía (laderas de cerro, terrenos ondulados o con pendiente).

5.2. Ventajas de un sistema de riego presurizado (Ciren, 1996)

- Eficiencia de riego alta, variando entre el 85% y el 90%.
- Se puede regar de manera frecuente con pequeñas cantidades de agua, lo que implica un suelo con una humedad permanente y un adecuado de contenido de aire en el suelo.
- Es posible ejecutar el riego durante las 24 horas del día, sin la necesidad de supervisión continuada.
- Se aplica el agua que sólo las raíces son capaces de absorber, por lo tanto se evita mojar otras áreas del terreno.
- Facilita el control de malezas ya que se humedecen sólo pequeñas áreas del terreno.
- Es posible ejecutar otras actividades agrícolas en el predio, durante el riego, como fumigación o cosecha.
- Se pueden incorporar fertilizantes junto con el agua de riego, haciendo más eficiente el uso de estos productos y focalizar mejor su uso según estado fenológico.

5.3. Desventajas de un sistema de riego presurizado (Ciren, 1996)

- Alta inversión inicial.
- Especial cuidado en el filtraje del agua y mantención de los goteros, pues son sensibles al taponamiento por impurezas.

5.4. Componentes de un Sistema de Riego Presurizado

Un sistema de riego presurizado se podría desglosar en los siguientes componentes:

- Fuente de agua
- Centro de control
- Distribución o red de tuberías
- Emisores

La fuente de agua para el riego presurizado puede ser superficial (canal) o subterránea (pozo o noria). En ambos casos, el agua puede ser almacenada en un tranque o un estanque.

Agua subterránea (pozo o noria).

Para conocer el comportamiento de una noria o un pozo, y por tanto, con cuánto caudal se dispone, es necesario efectuar una prueba de bombeo (CNR, 2000), la cual dura 48 horas, y consta de dos etapas:

I. Día 1

- Se mide el nivel estático del pozo, en reposo, después que han pasado al menos 24 horas de su última actividad.
- Se realiza la prueba de caudal variable. Esta prueba se inicia con un caudal apropiado, no excesivo, y que lo establece la experiencia de quién está a cargo de la prueba. Este caudal inicial se mantiene por dos o tres horas, midiéndose en este lapso el comportamiento del nivel, hasta que se estabiliza. A este nivel se le llama nivel dinámico. Luego, se aumenta discretamente el caudal de extracción, conservándosele por dos o tres horas, y siempre midiendo el cambio de nivel, hasta que se estabiliza. Este proceso se repite por dos o tres incrementos de caudal.
- Se mide la recuperación del pozo hasta que alcanza el nivel estático medido al inicio.

II. Día 2

- Se efectúa la prueba de caudal constante por 24 horas. Se recomienda que el caudal de prueba no sea mayor al 90% del máximo usado en la prueba de caudal variable.
- Nuevamente se mide la recuperación del pozo hasta que se alcanza el nivel estático que se conoce.

Para el caso de una noria se puede efectuar una prueba de bombeo menos estricta, con una prueba de caudal variable de dos o tres caudales y una prueba de caudal constante de al menos 6 horas.

Tranque

Un tranque intrapredial, o de regulación corta, es una estructura de acumulación de agua que nos permitirá almacenar el agua proveniente del canal, del pozo o de la noria, o de ambos, especialmente cuando una de las fuentes presenta una disponibilidad no regular, como turnos en el canal o variaciones en la napa que surte a la noria o al pozo.

El volumen de almacenamiento de un tranque depende de sus dimensiones (largo, ancho y profundidad) y del talud de sus paredes interiores.



Tranque acumulador de agua de riego

Para evitar pérdidas por infiltración, la cubeta del tranque se reviste, generalmente, con geomembrana de HDPE (polietileno de alta densidad) de 1 mm, de resina 100% virgen.

Previo a la postura de la geomembrana, las paredes interiores y el piso del tranque, o la cubeta del tranque, deben estar lisas, debidamente compactadas y libres de piedras superficiales, lo que permitirá un adecuado asentamiento de la misma, lo que se traduce en una mayor vida útil de ella.

Finalmente, la geomembrana se ancla en la corona del tranque, mediante una zanja previamente construida, de dimensiones mínimas de 0,4 x 0,4 metros. En dicha zanja se aloja un borde de 80 cm de geomembrana, el que quedará cubierto cuando la zanja sea tapada. De esta manera, se protege parte de la corona y el borde interior del tranque, además de impedir infiltraciones de agua bajo la manta.



Revestimiento de tranque

Aparte de evitar las pérdidas de infiltración, también es posible disminuir las pérdidas por evaporación. Para ello se cubre la superficie del agua con miles de esferas de HDPE que impiden el paso de los rayos solares.



Esferas que impiden evaporación

Centro de control

El centro de control o caseta de riego es el punto en donde el agua es captada, filtrada e impulsada a la red de tuberías. El centro de control alberga los siguientes elementos:

- Bomba o equipo de bombeo
- Sistema de filtraje
- Sistema de inyección de fertilizante
- Válvulas de Regulación

Equipo de bombeo

El equipo de bombeo de un sistema de riego tecnificado tiene como objetivo aspirar el agua para ser impulsada hasta los puntos de emisión del sistema. Normalmente la unidad de bombeo se ubica junto a la fuente de agua y próxima a una fuente de energía eléctrica. La mayoría de las instalaciones de riego utilizan bombas superficiales centrifugas de eje horizontal por ser económicas, impulsar un caudal constante a una presión uniforme, y además ser de tamaño reducido. Cuando se captan aguas subterráneas es necesario utilizar bombas de pozo profundo.

El tipo de bomba, dependiendo de la superficie a regar y de los criterios del diseño, puede ser monofásica, que funciona con 220 volts, o trifásica, que funciona con 380 volts. La potencia de la bomba (HP), por tanto, estará en función del caudal de entrega y las necesidades de presión de cada sector de riego (Medina, 1997).

La bomba debe asentarse en una base firme generalmente de cemento y apernada, además debe estar nivelada. La tubería de succión, que corresponde a la tubería que se encuentra entre la fuente de agua y la entrada de la bomba, en el extremo inferior tiene una válvula de pie que impide que el agua se devuelva y un canastillo que impide el paso de partículas gruesas. El eje de la bomba y el nivel del agua con el equipo operando no debe superar los 7 metros.



Manómetro

Las bombas centrifugas requieren ser cebadas, es decir se debe llenar con agua la tubería de succión y la carcasa de la bomba, previo a su funcionamiento (Reckmann, 2002).

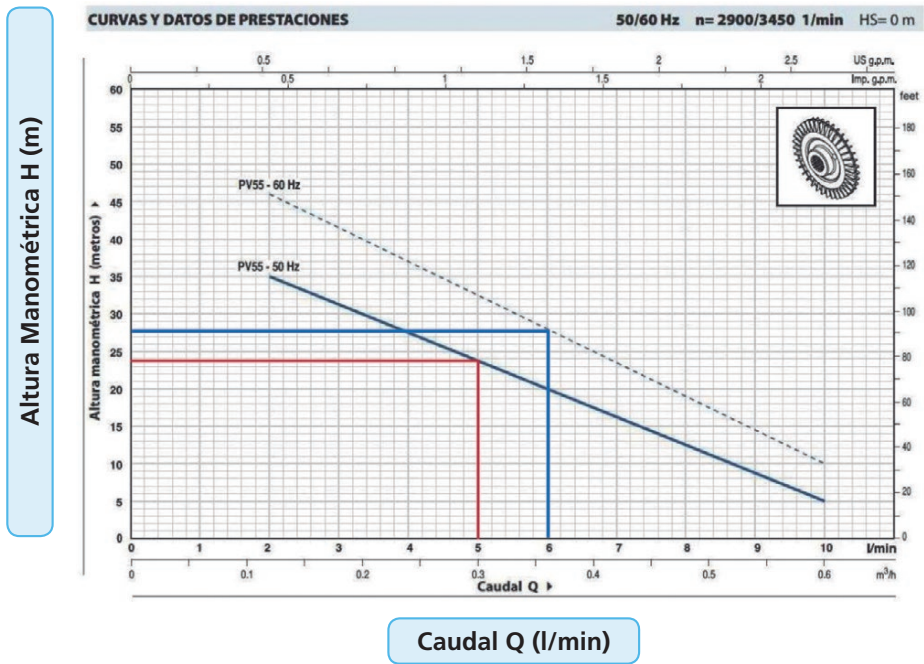
A la salida de la bomba debe ir un manómetro. El valor que indica el instrumento es la presión de trabajo del sistema.

Las unidades de medición son bar y psi
1bar = 14.5 psi

Estos manómetros van ubicados en distintos puntos de la red de riego. Los filtros llevan un manómetro a la entrada y otro a la salida.

Curva de trabajo de una bomba.

Toda bomba tiene una curva de trabajo o de comportamiento, que nos muestra, por una parte el caudal de impulsión y por otra, la presión o elevación, en metros, con que impulsa ese caudal.



En la figura previa (Pedrollo, 1998), se puede observar que la curva de trabajo es descendente, esto significa que a medida que aumenta el caudal de impulsión, la presión de la bomba va disminuyendo. La línea roja trazada muestra que para un caudal de 5,0 L/min, la bomba entrega una presión cercana a los 24,0 metros, y si aumenta el caudal a 6,0 L/min, la presión bajará a cerca de los 20,0 metros (línea azul).

Sistema de filtrado

En cuanto al sistema de filtraje, está definido por la calidad del agua. Generalmente, se recomienda el uso de filtros de arena o una batería de filtros de anillas cuando el agua es excesivamente sucia. Si el agua es limpia o relativamente limpia, como la que proviene de un pozo o de una noria, o también de un tranque en el que ha sedimentado las partículas en suspensión, se puede usar un filtro de anillas más uno de malla (Ferreyra, 1989).

a) Filtro de anillas



- En su interior llevan anillas
- Las anillas son de plástico y van unidas a un tubo concéntrico

b) Filtro de malla



- En su interior va un cilindro de malla
- La malla puede ser metálica o plástica

c) Filtro de arena



- Depósito metálico
- En su interior llevan capas de arena
- La limpieza del agua se produce al atravesar la columna de arena interior

Equipos de filtrado de agua de riego

Filtro de arena

Los filtros de arena, también denominados filtros de grava, corresponden a estructuras metálicas, de forma circular, que albergan en su interior algún tipo de grava o de arena, usualmente, de cuarzo. Estos filtros son especialmente recomendados para aguas superficiales, que contienen muchas partículas en suspensión, pues es capaz de retener limos, arenas finas y materia orgánica.

A cada estructura metálica se le denomina módulo o tanque, y la cantidad de ellos al igual que su tamaño, depende del caudal a filtrar. Para la determinación de la cantidad de módulos y su diámetro se utiliza como referencia una tasa de infiltración de 15 L/s/m² de superficie filtrante.

La capacidad de filtrado va disminuyendo a medida que los filtros acumulan suciedad, por lo tanto, se deben limpiar cada cierto número de riegos o cuando el diferencial de presión entre la entrada y salida del equipo filtrante supere los 5 metros de columna de agua. El tamaño del módulo está definido por su diámetro, dado en pulgadas.

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de módulos y el volumen filtrado, en condiciones óptimas (Pizarro, 1990).

Volumen máximo de filtrado, en condiciones óptimas, según diámetro y número de módulos.

Diámetro (pulgadas)	Volumen máx. a filtrar (m³/hora)	
	2 módulos	3 módulos
24	30,0	46,0
30	48,0	72,0
36	70,0	105,0
48	125,0	188,0

Filtro de malla

El filtro de malla se compone de una carcasa o cuerpo, y en su interior se ubica un tubo perforado recubierto por una malla de tejido fino. Es ideal para el filtraje de partículas inorgánicas como arenas y limos (Reckmann et al., 2002).

Normalmente se sitúan, en el cabezal, después del tanque de fertilización y al ingreso de los sectores de riego. A diferencia de los filtros de arena, que trabajan por superficie y profundidad, los filtros de malla sólo lo hacen por superficie (Ferreira et al., 1989). La selección del tamaño del filtro está en función de los metros cúbicos a filtrar en una hora.

La unidad de medida utilizada en filtraje es el mesh o mallaje que significa número de cuadrados por pulgada lineal. Las mallas normalmente utilizadas varían entre 30 y 120 mesh. Se debe seleccionar el tipo de malla cuyo tamaño (mesh) sea la décima parte del tamaño del orificio del gotero (Medina, 1997).

Equivalencia entre mesh y tamaño de orificios (Medina, 1997)

mesh	diámetro (mm)	mesh	diámetro (mm)	mesh	diámetro (mm)
4	3.5	30	0.5	155	0.1
6	2.5	50	0.3	200	0.08
10	1.5	75	0.2	400	0.22
20	0.8	120	0.13		



Filtro de anillas

El filtro de anillas se compone de una carcasa o cuerpo, y en su interior se ubica un tubo rodeado por una serie de discos o anillas ranuradas superpuestas, que al apretarse unas con otras dejan pasar el agua y retienen partículas de menor tamaño al paso de las ranuras. Al igual que el filtro de arena trabajan por superficie y profundidad (Reckmann et al., 2002). Va ubicado en el cabezal, después del tanque de fertilización y al ingreso de los sectores de riego. Al igual que los filtros de malla es más eficiente en el filtraje de partículas inorgánicas como arenas y limos. La selección del tamaño del filtro está en función de los metros cúbicos a filtrar en una hora.



Válvulas

Una válvula es un dispositivo mecánico que se emplea para regular, permitir o impedir el paso de un fluido, en este caso el movimiento del agua dentro de un sistema de riego. Existen distintos tipos de válvula.

a) Válvula de aire



Permite la entrada y salida de aire del sistema

b) Válvula eléctrica con programador



Apertura y cierre regulado por impulso eléctrico desde programador lateral energizado con batería interna

c) Válvula eléctrica tradicional



Apertura y cierre regulado por impulso eléctrico conducido por cables desde una fuente lejana

d) Válvula de compuerta



Regula caudal y presión

d) Válvula de bola



Apertura y cierre se producen por giro de esfera interior

Válvulas de aire

Las válvulas de aire cumplen un propósito importante durante la operación de un equipo de riego, pues permiten la entrada y salida del aire cuando el agua se desplaza a través de las tuberías, sea durante el inicio de su funcionamiento como durante su apagado.

Este intercambio gaseoso con la atmósfera evita lo siguiente:

- Colapso de tuberías por efecto de vacío, cuando el agua se desplaza hacia los puntos bajos del sistema de riego cuando se apaga.
- Pérdidas de presión por formación de bolsas de aire en los puntos altos del sistema de riego, durante el llenado de tuberías, cuando parte el equipo de riego.
- Succión de aire de parte de los goteros, lo que conlleva al taponamiento de los mismos.

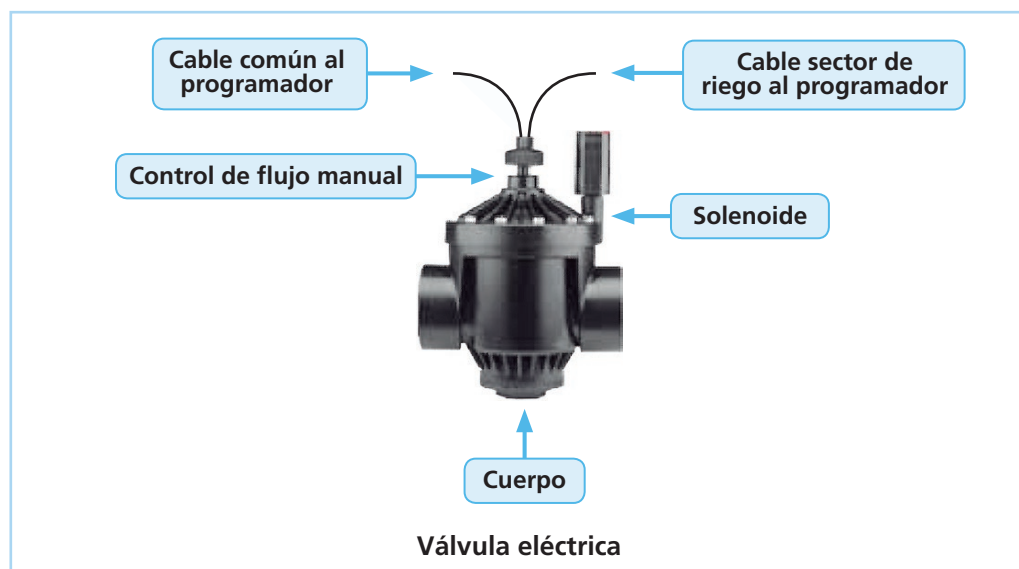
Se recomienda siempre que al inicio de la submatriz (terciaria o portallaterales) se ubique una válvula de aire de 1", para evitar el problema mencionado anteriormente.

Si el suelo es nivelado, las válvulas suelen colocarse cada cierta cantidad de metros en la tubería, generalmente cada 200 metros.

Las válvulas de aire se ubican usualmente en los puntos altos del equipo, pues, por un lado, son los primeros en vaciarse cuando se apaga, y por otro, el aire tiende a ascender a estos lugares durante el llenado de tuberías (Pizarro, 1990).

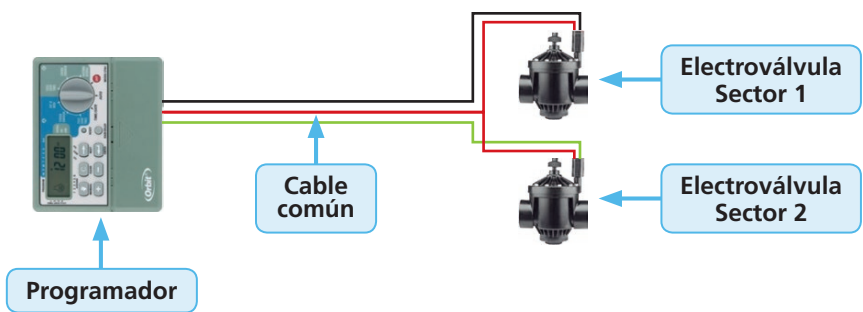
Válvula eléctrica

También conocidas como válvulas solenoides o electroválvulas. Son válvulas hidráulicas en que la apertura y cierre de ellas está regulada por un impulso eléctrico enviado desde un programador (Reckmann et al., 2002). La válvula requiere una tensión para su funcionamiento de 24 volts, y va ubicada al ingreso de cada sector de riego. Existen válvulas plásticas y metálicas, y la selección del tamaño va en función del caudal que circula por ellas, pueden encontrarse válvulas de 3/4" hasta 8" de dimensión.



La electroválvula permite automatizar el sistema de riego, ya que a través de las instrucciones almacenadas en un programador es posible secuenciar el riego en cada sector del predio. El programador puede estar ubicado junto o a distancia de la electroválvula, para el primer caso es necesario la utilización de muchos metros de cable

para conectar ambos dispositivos. Cada válvula llega con dos cables al programador, el primero se conecta al común del programador y el segundo se conecta al sector numerado del programador.

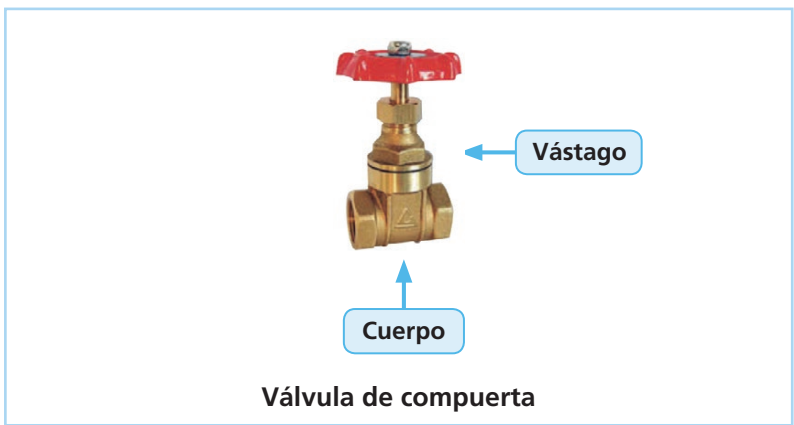


En el segundo caso no es necesario el uso de cable adicional pues la válvula va dispuesta junto con el programador energizado por una batería o pila interna.



Válvula de compuerta

Estas válvulas se utilizan para la regulación del caudal hacia los filtros, sectores de riego, y cualquier sección dentro del sistema de riego. Además regulan la presión en el inyector Venturi y dentro del sistema de riego (Reckmann et al., 2002). Es accionada en forma mecánica por un operador.



Válvula de bola

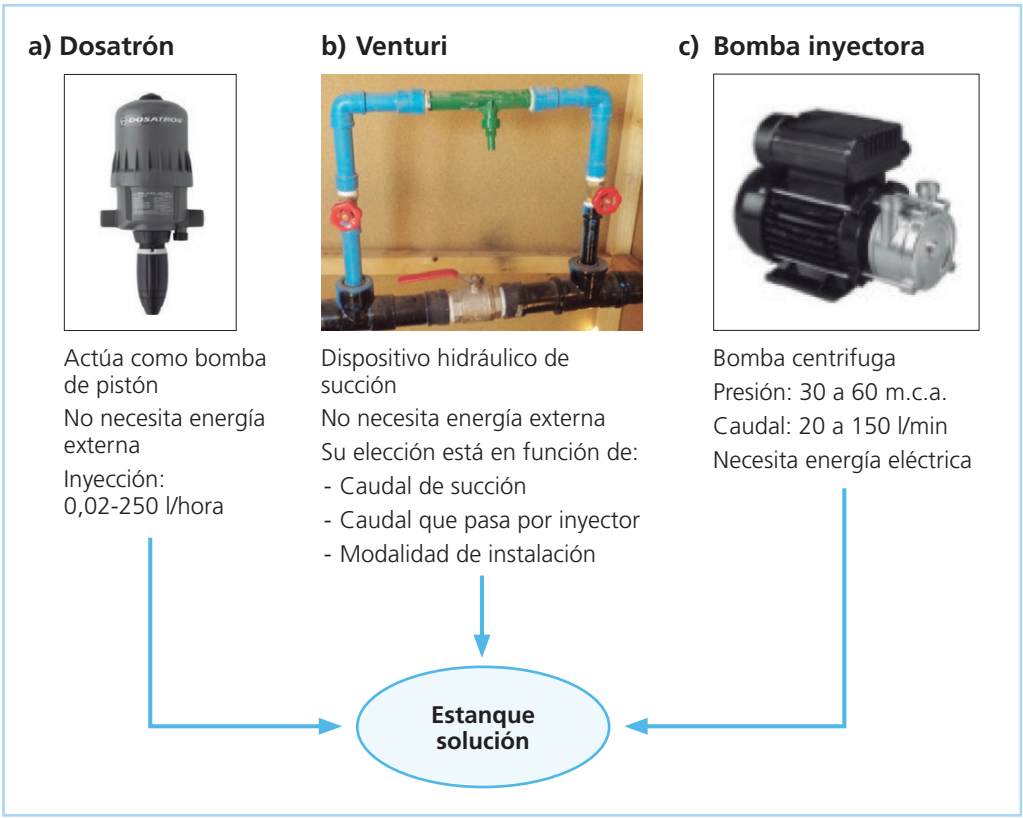
También conocidas como válvulas de paso total. Estas válvulas actúan en el sistema de inyección de fertilizante y en el lavado rápido de la red. Su función es básicamente permitir o impedir el paso del agua, no regula la presión interna del sistema. Es accionada en forma mecánica por un operador (Reckmann et al., 2002).

En su interior tiene una esfera con una perforación cilíndrica. Al girar un cuarto de vuelta el volante de la válvula, la esfera cambia de posición. Cuando esta perforación coincide en ambos extremos con las bocas de las tuberías permite el paso total del agua.



Sistema de inyección de fertilizante

Una de las ventajas del riego tecnificado es que podemos incorporar los fertilizantes junto con el agua de riego, a través de los siguientes equipos:



Distribución

Por distribución consideraremos a la red de tuberías de diferentes materiales (PVC, polietileno baja densidad, HDPE), que constituyen las matrices y submatrices, y cuyo propósito es transportar el agua desde la caseta de riego hasta la planta.

a) PVC



Diámetro:
20 a 400 mm
Longitud: 6 metros
Clase o Presión de
Trabajo (kg/cm^2): 4, 6,
10 y 16
Ubicación: Bajo tierra

b) Polietileno baja densidad



Diámetro: 12 a 90 mm
Longitud: Rollos de 100 m
Ubicación: Sobre tierra
Función: Soporte de
emisores
Presión: 6 a 10 bares

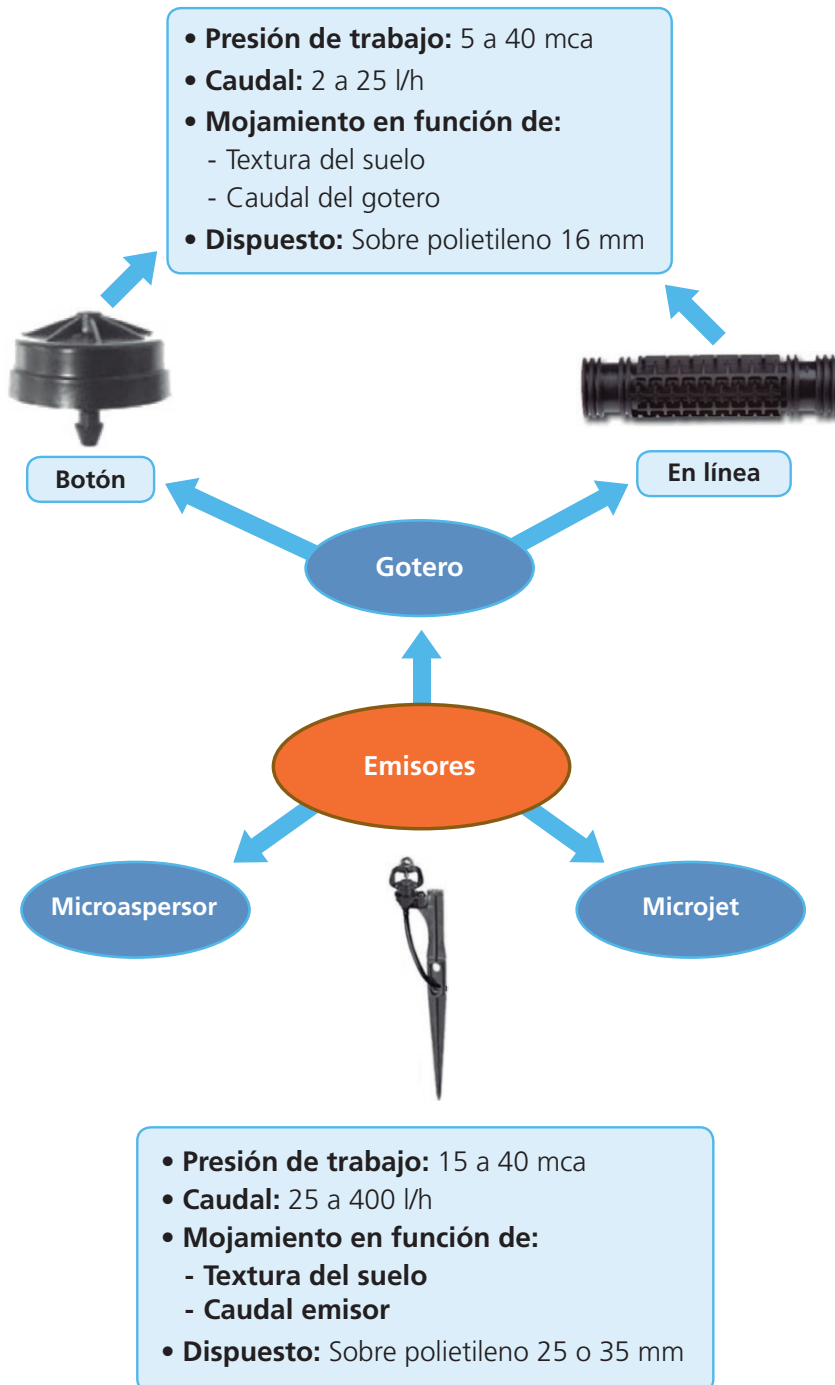
c) HDPE



Diámetro: 20 a 1200 mm
Longitud:
- Rollos: 50, 100 m
- Tiras: 12 y 18 m
Ubicación: Sobre tierra
Características:
Resiste calor y tracción
Presión:
- 6 a 20 bares
- 6 a 10 bares

Emisores

En cuanto a la entrega de agua a la planta, ésta se hace a través de emisores, que se clasifican de acuerdo a su comportamiento, en función de la presión de trabajo, que es medida en metros de columna de agua (Pizarro, 1990):



- **Emisores de comportamiento normal o regular:** Son emisores cuyo caudal de entrega varía con la presión, aumentando a medida que aumenta la presión.
- **Emisores de comportamiento autocompensado:** Son emisores cuyo caudal se mantiene estable a pesar de los cambios de presión.

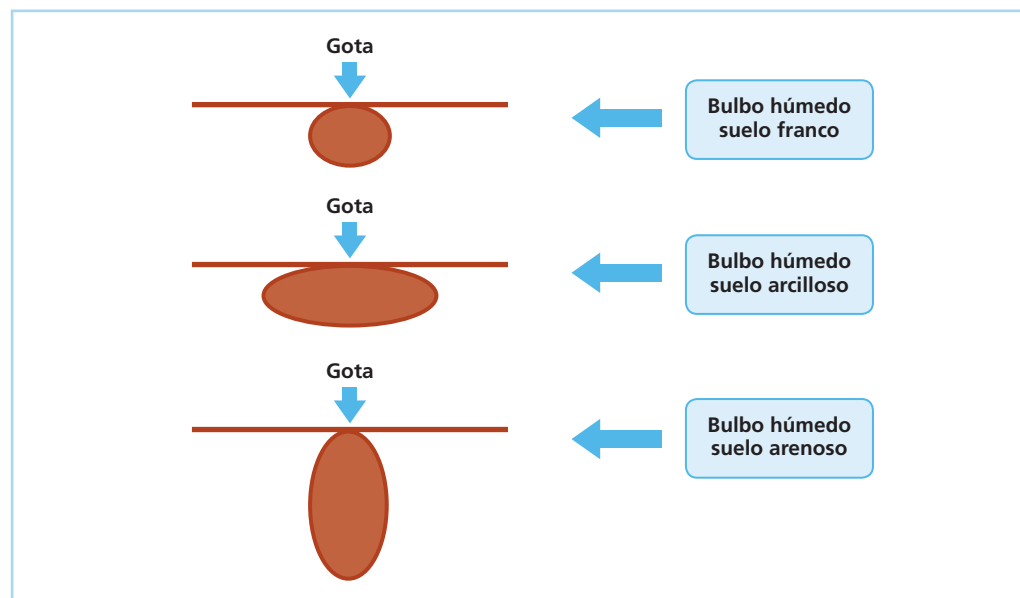
Riego por goteo

El riego por goteo, como su palabra lo indica, entrega el agua a través de gotas, en un punto fijo sobre la superficie del suelo (Medina San Juan, 1997).

Las dos principales características que debe reunir un gotero son:

- Caudal pequeño, pero constante y poco sensible a las variaciones de presión
- Orificios suficientemente grandes para evitar obturaciones.

El bulbo húmedo variará de forma dependiendo del tipo de suelo, del tiempo de riego y de la distancia entre los emisores. En la siguiente figura se muestra el efecto de la textura del suelo sobre la forma del bulbo, siendo más alargado a medida que el suelo se vuelve más liviano (Pizarro, 1990).



Tipos de gotero

Existen, básicamente, dos tipos de goteros, de botón y los integrados.

a) Goteros de botón. Los goteros de botón son unidades independientes, lo que permite instalarlos a conveniencia, previa perforación en el lineal de polietileno, de 16 ó 20 mm. Presentan una variedad de caudales, desde 1,0 hasta 25,0 litros por hora.



Gotero botón

Este gotero presenta los siguientes inconvenientes:

- Debido a que el gotero sobresale, puede obturarse al tomar contacto con el barro del charco de su goteo.
- Necesidad de mano de obra para su inserción.
- La perforación del polietileno debe efectuarse correctamente, en caso contrario, el gotero se puede salir con la presión del agua o filtrar agua en el punto de inserción debido a que el cuello del gotero no se puede sellar completamente.

Debido a lo mencionado anteriormente, el gotero de botón ha ido perdiendo preferencia ante el gotero integrado.

b) Gotero integrado. El gotero integrado es una tubería de polietileno, de 16 ó 20 mm, a la cual se le ha insertado (o extruido) interiormente un gotero en línea, que puede ser normal o autocompensado. Los goteros son insertados a distintas distancias entre sí, variando desde 0,25 m hasta 1,0 metro. Estos goteros llevan un recorrido dentado que es el que determina el movimiento turbulento del agua y la correspondiente pérdida de carga (Medina, 1997).



Gotero integrado

El hecho de que el gotero venga previamente insertado facilita su instalación, especialmente cuando el huerto es adulto y se está tecnificando el riego.

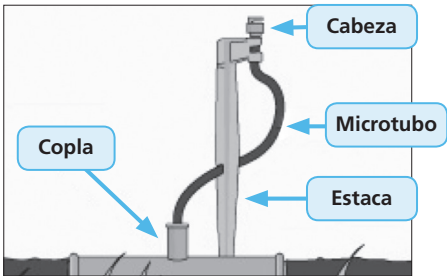
MICROASPERSIÓN

El riego por microaspersión obtiene su nombre debido a que el emisor simula, o asemeja, el comportamiento de un aspersor, pero a una escala bastante pequeña. Por lo tanto, el agua es dispersada sobre la superficie del suelo por medio de un pequeño rotor que gira rápidamente, tomando la forma, a simple vista, de un paraguas de agua.



Debido a que el agua es distribuida sobre una amplia superficie, las pérdidas por evaporación son mayores, por lo que su eficiencia de aplicación es cercana al 85%.

El microaspersor es un emisor complejo, pues consta de varias piezas, por lo que al fallar una de ellas, podría fallar el emisor completo. Estas piezas o partes de un microaspersor son: cabeza, microtubo y estaca.



La estaca sostiene a la cabeza y va clavada en el suelo, generalmente en la sobrehilera, equidistante entre los árboles que se ubica. Luego, el microtubo conecta a la cabeza con el polietileno, al cual va inserto. La cabeza, a su vez, consta de las siguientes piezas: un difusor, un arco y una boquilla.

El difusor puede ser un rotor u otro dispositivo dispersador de agua, como se muestra en la siguiente figura.

Difusores estáticos							Rotores				
90°	180°	Neblina	En franjas	Corto alcance	Plano	12 Chorros	Pequeño	Contra hormiga	Lado único Negro	Lado único Azul	Grande

El arco, cuya apariencia varía según la marca, generalmente contiene a la boquilla y al difusor, y va inserto en la estaca. La boquilla es la que define el caudal del microaspersor, de acuerdo al diámetro del orificio, en milímetros (Naandanjain, 2010).

El microjet es una variación del microaspersor, en el que la cabeza es reemplazada por una pieza que puede ser boquilla y difusor simultáneamente. El microjet no posee

rotores para dispersar el agua, sino que lo hace a través de chorros orientados en círculo.

Tipo y Número de emisores en distintas especies agrícolas (Ferreyra et al., 2000)

Cultivo	Tipo de emisor	Observaciones
Manzano y Peral	Gotero	Dos laterales por hilera de planta con goteros de 4 l/h a 1 metro sobre hilera
	Microaspersor	Un microaspersor por planta o cada dos plantas
Cerezo y duraznero	Gotero	Dos laterales por hilera de planta con goteros de 4 l/h a 1 metro sobre hilera
Almendro	Gotero	Dos laterales por hilera de planta con goteros de 4 l/h a 1 metro sobre hilera
Nogal	Microaspersor	Uno o dos microaspersores por planta
Vid (viña)	Gotero	Un lateral por hilera de planta con gotero de 2 o 4 l/h a 1 metro sobre hilera
Vid (de mesa)	Gotero	Dos laterales por hilera de planta con goteros de 4 l/h a 1 metro sobre hilera
Cítricos	Gotero	Dos laterales por hilera de planta con goteros de 4 l/h a 1 metro sobre hilera
	Microaspersor	Un microaspersor por planta
Palto	Microaspersor	Un microaspersor por planta

MANTENCION DEL SISTEMA DE RIEGO

La mantención de un sistema de riego se podría dividir en tres categorías o situaciones, en que cada una de ellas es más compleja o costosa que la anterior. Estas situaciones en la mantención son: chequeo, limpieza, reposición de elementos y/o reparación. Todo esto es con el fin de que la operatividad del equipo de riego no se vea afectada durante la temporada de riego, o durante alguna etapa crítica en el proceso productivo del cultivo, como podría ser la cuaja de frutos.

a) Chequeo

Esta labor consiste en la inspección de los elementos, para ver su estado operativo o integridad física, con el fin de hacer un reemplazo o limpieza de alguno de ellos.

b) Limpieza

La limpieza es la remoción de residuos, sedimentos o sarros de ciertos elementos del equipo, especialmente filtros y emisores.

Para el caso de los filtros de un sistema de riego presurizado, la limpieza se efectúa cada cierta cantidad de riegos de manera de que la operatividad del equipo se mantenga inalterable, al evitar pérdidas de presión por la acumulación de suciedad. Otro criterio es utilizar la diferencia de presión que existe entre la entrada y la salida del filtro. Para el caso de filtros de arena, cuando la diferencia de presión es igual o mayor a 5 m.c.a. (metros de columna de agua), se debe efectuar un retro lavado para eliminar las partículas de suciedad del filtro.

En el caso de los filtros de malla o anillas, se deben lavar cuando la diferencia de presión entre la entrada y salida del filtro sea igual o mayor a 3 m.c.a (Ferreyra et al., 1997). Para el caso de matrices, submatrices y laterales de un sistema de riego presurizado, drenar su contenido al final de la temporada.

Las laterales deben ser abiertas en forma periódica en grupos de a 5 hasta que el agua salga limpia.

Los estanques donde se preparan las soluciones nutritivas deben lavarse periódicamente durante la temporada.

Para el caso de los emisores de un sistema de riego presurizado, esta labor se efectúa al final de la temporada de riego y es con el fin de disolver sales o sedimentos que se hayan acumulado durante la temporada de riego. Para ello se utiliza, generalmente, ácido fosfórico 45 N, en el sistema de inyección de fertilizante.

c) Reposición de elementos

Si durante el chequeo hemos encontrado elementos que han colapsado, sea por rotura o porque su vida útil está cumplida, el elemento debe ser reemplazado. Este reemplazo no afecta la operatividad del sistema, pues, generalmente se trata de emisores aislados o de tramos tubería de polietileno.

d) Reparación

Este evento afecta la operación completa del sistema de riego y se ha evitar que ocurra durante la temporada de riego. Generalmente, puede tratarse de roturas de matrices o colapso del equipo de bombeo.

Para la selección de un método de riego se debe tener en cuenta los siguientes parámetros.

Cuadro. Parámetros de selección de un sistema de riego (FAO, 2008)

Método riego	Consumo de agua	Necesidad de energía	Terreno	Adaptación a los cultivos	Tolerancia del agua de los cultivos	Efecto del viento
SURCO	Alto	Baja	Se adapta mejor a terrenos con baja pendiente.	Se adapta mejor a aquellos cultivos cuyo espaciamiento es en hileras.	Adaptable a la mayoría de los cultivos. Puede afectar a los muy sensibles a la humedad de la raíz.	No existe
ASPERSIÓN	Medio	Alta	Se adapta mejor a terrenos planos o semiplanos.	Es poco eficiente en cultivos cuya disposición es en espaldera. No adecuado en cultivos altos y frondosos. Aptos para cultivos que poseen un espaciamiento pequeño.	Puede propiciar la caída de flores y enfermedades en algunos frutales.	Efecto Negativo
MICROASPERSIÓN	Bajo	Media	Se adapta a terrenos con cualquier pendiente.	Apto para cultivos de espaciamiento amplio, cuyos sistemas radiculares no ocupan todo el volumen de suelo. Se adapta a cultivos altos y de frondoso follaje.	Puede propiciar el desarrollo de algunas enfermedades fungosas.	Bajo Efecto
GOTEO	Bajo	Media	Se adapta a terrenos con cualquier pendiente.	Apto para cultivos de espaciamiento amplio, cuyos sistemas radiculares no ocupan todo el volumen de suelo. Se adapta a todas las formas y tipo de crecimiento del cultivo, sea alto y frondoso o bajos y de escaso follaje.	Muy baja posibilidad de desarrollo de enfermedades fungosas.	No existe

Capítulo IV. Requisitos relacionados con el agua para cumplir con las Buenas Prácticas Agrícolas

Este capítulo resume los requerimientos relacionados con el uso del agua que efectúan los principales protocolos de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) utilizados en Chile, usando como modelo el protocolo GLOBALG.A.P y ChileG.A.P

Los principales requisitos guardan relación con:

- Uso eficiente del agua de riego (para lo cual hay que conocer el consumo),
- Reducir pérdidas de agua (para lo cual hay que regar con la cantidad precisa de agua y en los momentos oportunos) y
- Calidad del agua de aplicaciones y de pre y post cosecha. (para lo cual hay que tomar muestras para análisis microbiológicos del agua.

La siguiente tabla presenta los denominados puntos de control tal como se encuentran en la lista de chequeo de los protocolos mencionados y a continuación el criterio de cumplimiento, que corresponde a las actividades que el productor debe efectuar para ser aprobado en el punto de control.

El número en la primera columna corresponde al número de orden que el punto posee en GLOBALG.A.P o ChileG.A.P. La obligatoriedad puede ser mayor, menor o recomendada dependiendo de la importancia que el protocolo asigna a cada punto.

BC 5	MANEJO DEL AGUA
El agua es un recurso natural escaso, por lo cual el riego debería ser diseñado y planificado y efectuado usando determinaciones adecuadas del agua a utilizar o con equipos técnicos que permitan el eficiente uso del agua de riego. El objetivo de esta sección es promover el uso eficiente del agua de riego y minimizar sus pérdidas.	
BC 5.1	Cálculo de las necesidades de agua de riego
BC 5.1.1 Obligatorio menor	¿Se utilizan en forma rutinaria métodos para calcular y optimizar las necesidades de agua de riego para los cultivos producidos en el predio? Criterio de cumplimiento: El productor puede demostrar que ha efectuado los cálculos de las necesidades de agua de riego de los cultivos producidos en el predio. El cálculo debe estar basado en datos, por ejemplo información obtenida de institutos agrícolas locales, tensiómetros, bandejas de evaporación, estaciones meteorológicas que informen evapotranspiración, pluviómetros, etc. Cuando existan equipos o instrumentos en el predio (tensiómetros, etc.) se debe asegurar que son mantenidos en buen estado y que son efectivos. No se aplica para cultivos de secano.
BC 5.2	Uso eficiente del agua en el predio
BC 5.2.1 Obligatorio mayor (desde el 1 de julio de 2017)	¿Se cuenta con una evaluación de riesgos que considere los aspectos ambientales relacionados con el manejo del agua en el predio y ha sido revisada por el productor en de los últimos doce meses? Criterio de cumplimiento: En el predio existe una evaluación de riesgos documentada que identifica el impacto de las fuentes de agua, los sistemas de distribución y el uso del agua en el riego y lavados sobre el medio ambiente. Esta evaluación de riesgos debe considerar el impacto que el uso de agua en el predio tiene sobre el ambiente alrededor del predio, donde se pueda contar con información sobre ello. Esta evaluación de riesgos debe estar completa, implementada y debe ser revisada y aprobada anualmente por el productor.
BC 5.2.2 Obligatorio mayor (desde el 1 de julio de 2017)	¿Se cuenta con un plan de manejo de agua que identifique las fuentes de agua y las medidas tomadas para asegurar la eficiencia de su uso? El plan ha sido revisado y aprobado por el productor en los últimos 12 meses? Criterio de cumplimiento: Existe y se ha implementado un plan de manejo del agua que ha sido aprobado por el productor en los últimos doce meses, que identifica las fuentes de agua y las medidas para asegurar la eficiencia de uso y aplicación. Este plan debe incluir uno o más de los siguientes aspectos: - Identificar las fuentes de agua, las instalaciones fijas (estanques, tranques, depósitos etc.) y la dirección del flujo del agua. Pueden usarse mapas (ver AF 1.1.1) fotografías, dibujos o esquemas.

	- Instalaciones fijas, incluyendo pozos, compuertas, reservorios, válvulas, retornos y los equipos que componen un sistema de riego. Deben estar documentados en forma que permita determinar su ubicación en el terreno. - Las necesidades de mantención de los equipos de riego - Capacitación o recapitación de las personas responsables del manejo y la supervisión de los equipos en el riego. - Donde se conozca que existen deficiencias, se debe incluir un plan de corto y largo plazo para el mejoramiento, incluyendo fechas. - Este plan de manejo de agua puede ser individual o parte de una actividad regional en que el predio participe y que cubra estas actividades.
BC 5.2.3 Obligatorio menor	¿Se mantienen registros del consumo del agua de riego y fertirrigación incluyendo el volumen total de agua aplicada al igual que para el cultivo o temporada anterior? Criterio de cumplimiento: El productor debe disponer de registros de consumo de agua de riego/ fertirriego por cultivo registrado en ChileG.A.P. Por cada sector el registro debe incluir la fecha y duración del riego, el caudal real o estimado y el volumen de agua utilizada, expresados en metros cúbicos de agua o litros. Este registro debe actualizarse al menos una vez al mes basado en el plan de manejo de agua y llevarse un total anual de consumo. También puede registrarse las horas de trabajo del equipo operando con un flujo medido.
	Calidad del agua
BC 5.3.1 Obligatorio mayor	Si se utilizan aguas servidas tratadas en actividades de precosecha, ¿su uso está respaldado por un análisis de peligros? Criterio de cumplimiento: En el predio no se utilizan para riego/fertirrigación u otras actividades de precosecha, aguas servidas sin tratamiento. Cuando se use agua servida tratada, la calidad debe cumplir con los parámetros de la OMS publicadas en el documento "Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture" 2006. Cuando el productor tiene dudas si el agua de riego proviene de alguna fuente contaminada (por ejemplo vertidos de alcantarillas aguas arriba), debe asegurarse a través de análisis, que el agua cumple con lo establecido en la publicación de la OMS ya mencionada o con la legislación chilena para agua de riego (NCH 1333).
BC 5.3.2 Obligatorio menor	¿Se ha efectuado una evaluación de riesgos anual con respecto a la contaminación física y química del agua usada en actividades de pre cosecha (riego, fertirriego, lavados, aplicaciones)? ¿Ha sido revisada por el productor en los últimos 12 meses? Criterio de cumplimiento: Debe efectuarse y estar documentada una evaluación de riesgos que considere como mínimo: - Identificación de las fuentes de agua y los resultados de análisis históricos (si es que es aplicable) - El método de aplicación o uso del agua - Fechas de riego (en la época de desarrollo del cultivo) - Contacto del agua con el cultivo - Características del cultivo y etapas de desarrollo - Pureza del agua utilizada en las aplicaciones de productos fitosanitarios. La calidad del agua utilizada en las mezclas de estos productos no debe comprometer la efectividad de la aplicación. Se debe considerar que cualquier materia orgánica, suelo, minerales disueltos en el agua pueden neutralizar la acción del producto. Como guía, el productor debe obtener información sobre las características del agua posible de utilizar ya sea de la etiqueta del producto, literatura suministrada por el fabricante del producto o buscar asesoría de un agrónomo calificado. La evaluación de riesgos deberá ser revisada anualmente y actualizada si hay cambios en el sistema o se dan situaciones que puedan causar contaminación del agua. La evaluación de riesgos también debe considerar los peligros físicos en el agua (sedimentos, basura, bolsas plásticas, botellas, etc), los peligros químicos y los procedimientos para controlar los riesgos en el sistema de distribución del agua.
BC 5.3.3 Obligatorio menor	¿Se realizan análisis periódicos del agua utilizada en precosecha, de acuerdo a la frecuencia establecida en la evaluación de riesgos efectuada en BC 5.3.2, considerando los estándares aplicables actuales del sector? Criterio de cumplimiento: Considerando los resultados de la evaluación de riesgo (B.C. 5.3.2), y los estándares aplicables actuales del sector para los cultivos específicos, se debe determinar la frecuencia del análisis de agua, que es parte del plan de manejo del agua. Debe existir un procedimiento escrito para el análisis de agua durante la temporada de producción y cosecha, que debe incluir la frecuencia de muestreo, dónde se toma la muestra, quién debe tomarlas, cuándo tomarlas, cómo tomarlas, tipo de análisis a efectuar y el criterio de aceptación.

BC 5.3.4 Obligatorio menor	Considerando los resultados de la evaluación de riesgo (B.C. 5.3.2), y los estándares aplicables actuales del sector, ¿el laboratorio de análisis considera la contaminación química y física y está acreditado en ISO 17025 o por las autoridades competentes para efectuar análisis de agua? Criterio de cumplimiento: Si como resultado de la evaluación de riesgo (B.C. 5.3.2), y los estándares aplicables actuales del sector, existe algún riesgo de contaminación, el laboratorio debe entregar un registro de los contaminantes químicos y físicos relevantes que haya identificado. Deben estar disponibles los análisis extendidos por un laboratorio apropiado ya sea acreditado en ISO 17025 o algún estándar equivalente o bien ser laboratorios aprobados por las autoridades locales para efectuar análisis de agua.
BC 5.3.5 Obligatorio menor	¿Cuando hay resultados adversos en la evaluación de riesgos, se han tomado las medidas correctivas antes del siguiente ciclo de cosecha? Criterio de cumplimiento: Cuando sea necesario, según la evaluación de riesgos y para cumplir con estándares aplicables actuales del sector, se debe contar con acciones correctivas documentadas y disponibles, como parte del plan de manejo de agua.
BC 5.4	Procedencia del agua de riego
BC 5.4.1 Obligatorio menor	Donde sea legalmente exigible, ¿el productor cuenta con acciones o derechos legales de agua para todas las extracciones, estructuras de almacenaje, usos del agua en el predio y donde sea aplicable, para las descargas? Criterio de cumplimiento: Se debe disponer de documentación válida (cartas, permisos, licencias emitidas por la autoridad competente) que compruebe que el productor posee derechos de agua para todas las extracciones y usos del agua en el predio, las estructuras de almacenaje, y donde sea legalmente exigido también para las descargas en ríos u otros cursos de agua ambientalmente sensibles. Estos permisos o licencias deben estar disponibles para la inspección y deben tener fechas de vigencia válidas y estar entregadas por la autoridad competente.
BC 5.4.2 Obligatorio mayor	Cuando el permiso o derechos de agua señale que existen restricciones, es posible confirmar que el productor las respeta (por ej. a través de los registros de cantidad de agua utilizada, descargas). Criterio de cumplimiento: En los casos en que el permiso o derechos de agua señale condiciones específicas de uso tales como horarios, cantidades de extracción ya sea diaria, mensual o anual o tasa de utilización, deben existir registros y ellos deben demostrar que estas condiciones se cumplen.
Bc 5.5	Almacenaje del agua
BC 5.5.1 Recom.	Cuando existen instalaciones para almacenaje de agua, ¿están bien mantenidas para aprovechar los períodos de máxima disponibilidad de agua? Criterio de cumplimiento: Cuando el predio está ubicado en zonas donde sólo existe disponibilidad temporal de agua, es recomendable que cuente con instalaciones para almacenar agua en los periodos de máxima disponibilidad. Donde sea necesario, estas instalaciones deben estar legalmente autorizadas, en buen estado y con barreras u otros sistemas adecuados para evitar accidentes.
FV 4	PRE COSECHA (consultar Anexo FV1.. - Peligros Microbiológicos)
Calidad del agua utilizada en actividades de Pre cosecha (en caso de cultivos de cosecha continua, (ej. berries) esta sección se aplica al agua utilizada en todas las actividades y sobre el producto antes de ser cosechado).	
FV 4.1.1 Obligatorio mayor	¿Se dispone de una evaluación de riesgos que considere la calidad microbiológica de toda el agua utilizada en las operaciones de precosecha? Criterio de cumplimiento: Se debe realizar una evaluación escrita de riesgos microbiológicos del agua, que considere: - La fuente del agua - Proximidad a eventuales fuentes de contaminación - El tipo de producto fitosanitario (herbicida, insecticida, etc.) - Momento de aplicación (etapa del cultivo en que se aplica). Por ejemplo ¿Hay fruta durante la aplicación? - Dónde se aplica (parte comestible del cultivo, otras partes del cultivo, el suelo o en la entre hilera, etc.) - Método de aplicación

FV 4.1.2 Obligatorio menor. Mayor para hortalizas de hoja o de ensalada	El agua utilizada en actividades de pre cosecha, es analizada como parte del análisis de riesgos y a la frecuencia establecida en dicho análisis,(FV 4.1.1) y a una frecuencia no inferior a la señalada en el anexo FV 1? Criterio de cumplimiento: Los productores deben cumplir con los límites locales establecidos para contaminantes microbiológicos en el agua utilizada para actividades de precosecha. En ausencia de legislación, se utilizan las recomendaciones de la OMS como referencia para tomar decisiones de acciones preventivas y/o correctivas sobre el manejo del agua. El cumplimiento con los límites establecidos debe ser verificado mediante análisis microbiológicos del agua, efectuados a una frecuencia determinada según análisis de peligros. El régimen de testeo de agua debe reflejar la naturaleza y extensión del sistema de agua así como el tipo de producto. Cuando se utilicen fuentes de agua sustancialmente diferentes, ellas deben ser consideradas en forma separada para el muestreo. Cuando una fuente de agua sirve para varios sistemas o varios predios puede ser posible considerarlo como una sola fuente para propósitos del muestreo. Las muestras en terreno se deben tomar en sitios representativos de la fuente de agua, usualmente lo más cercano posible al punto de aplicación o uso.
FV 4.1.3 Obligatorio mayor	En el caso que la evaluación de riesgos del agua o bien los análisis efectuados lo requieran, ¿el productor ha implementado acciones adecuadas para evitar la contaminación al producto? Criterio de cumplimiento: Cuando la evaluación de riesgos, basada en los análisis de agua indique que hay riesgos de contaminación al producto, es necesario tomar acciones. Posibles estrategias para reducir el riesgo de contaminación al producto debido al agua incluyen, pero no se limitan a: - Tratar el agua antes de utilizarla - Evitar que el agua tenga contacto con la parte del producto que será cosechada. - Reducir la vulnerabilidad del suministro o fuente de agua - Permitir un suficiente tiempo entre aplicación del agua y la cosecha, para asegurar una reducción adecuada de la población de patógenos. - Los productores que implementen estas estrategias deben tener un proceso de validación confiable y adecuado para demostrar que se está evitando la contaminación del producto.
FV 4.1.4 Obligatorio mayor	Según lo señalado en FV 4.1.1. en relación a evaluación de riesgos y estándares específicos habituales del sector, el laboratorio que efectúa los análisis, ¿considera la contaminación microbiológica y está acreditado en ISO 17025 o por las autoridades nacionales competentes en análisis de aguas? Criterio de cumplimiento: Los análisis son efectuados por un laboratorio acreditado en ISO 17025 o un estándar equivalente y que pueda ejecutar análisis microbiológicos, o bien por laboratorios aprobados para efectuar análisis de agua por las autoridades competentes. Lavado de post cosecha (No se aplica cuando no se efectua lavados de post cosecha).
FV 5.7.1 Obligatorio mayor	¿La fuente de agua utilizada para el lavado final del producto, es potable o ha sido declarada como adecuada por la autoridad competente? Criterio de cumplimiento: El agua utilizada para el lavado final del producto debe ser de calidad potable o ha sido declarada como tal por la autoridad competente En los últimos 12 meses se debe haber realizado un análisis del agua en el punto de entrada al equipo de lavado. Los resultados de dicho análisis deben cumplir con los requisitos establecidos en la Norma Chilena 409.
FV 5.7.2 Obligatorio mayor	Si el agua para el lavado final del producto es recirculada, ¿se filtra y se controla frecuentemente el pH, la concentración de desinfectante y los niveles de exposición al desinfectante? Criterio de cumplimiento: Cuando el agua del último lavado del producto se recircula, se debe filtrar y desinfectar. Se debe monitorear el pH, la concentración y los niveles de exposición al desinfectante con una frecuencia definida. Se deben mantener disponibles los registros de monitoreo. El sistema de filtrado debe ser efectivo (para sólidos y material en suspensión), con una limpieza rutinaria, escrita y programada de acuerdo al uso y al volumen de agua. Cuando se dispone de equipos automáticos, si no es posible registrar los retrolavados de los filtros y los cambios de dosis realizados por los inyectores automáticos de desinfectante, debe haber un procedimiento o descripción por escrito que explique este proceso.
FV 5.7.3 Recom.	¿El laboratorio que efectúa el análisis de agua es adecuado? Criterio de cumplimiento: El análisis del agua que se use para lavado de productos frescos debe haber sido efectuado por un laboratorio acreditado en ISO 17025,o su equivalente nacional. Es aceptable que el laboratorio se encuentre en vías de obtener la acreditación, lo cual debe ser demostrado a través de los documentos que corresponda.

CATÁLOGO DE SOLUCIONES
TECNOLÓGICAS PARA MEJORAR LA

Eficiencia Hídrica

Capítulo V.

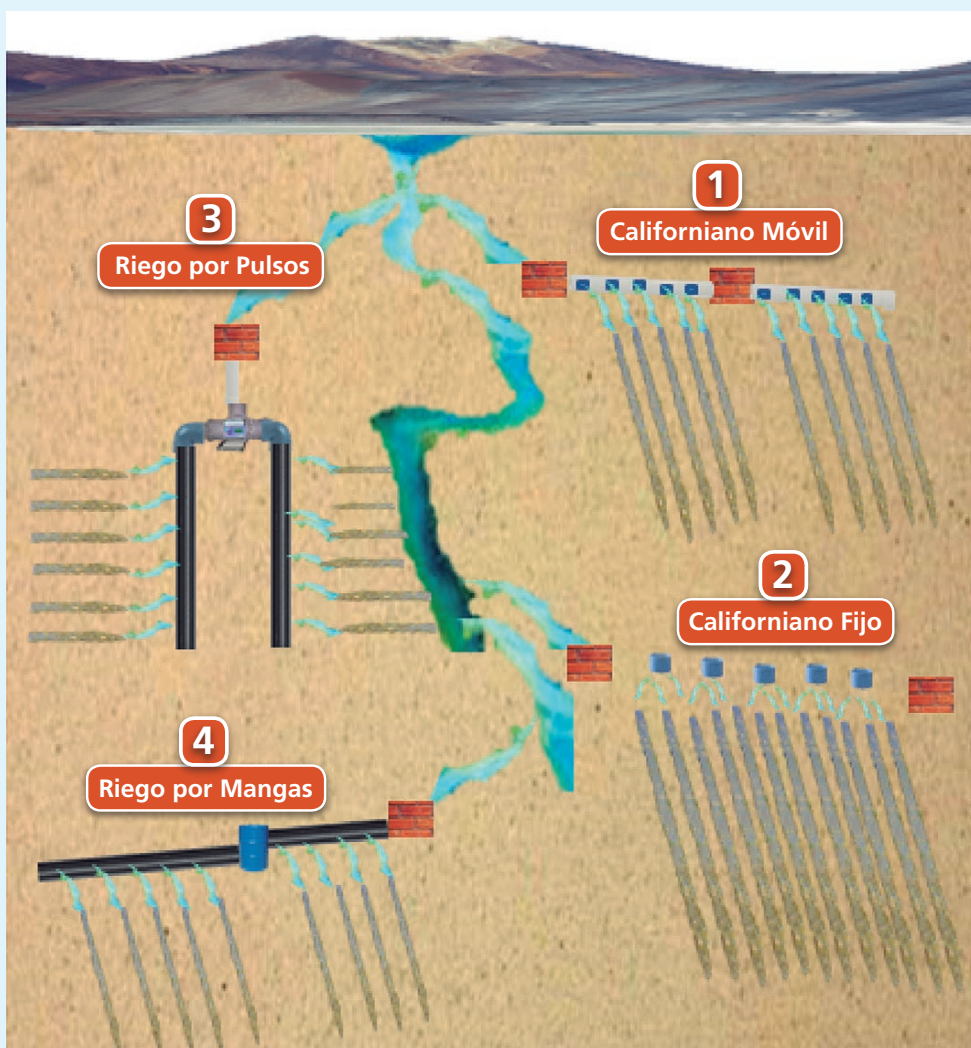
Catálogo de soluciones tecnológicas para mejorar la eficiencia hídrica

7. Proveedores

7.1. Proveedores riego gravitacional

En el riego gravitacional, el más utilizado en las plantaciones de árboles frutales es el riego por surco. Este consiste en hacer correr agua desde una acequia madre por pequeños regueros o surcos desde los puntos más altos a los puntos más bajos del cuartel o potrero, penetrando el agua por los costados y fondo del surco. Las acequias madres o de distribución pueden tecnificarse de manera que el caudal que se entregue a los surcos sea uniforme y controlado, los sistemas más utilizados son los siguientes:

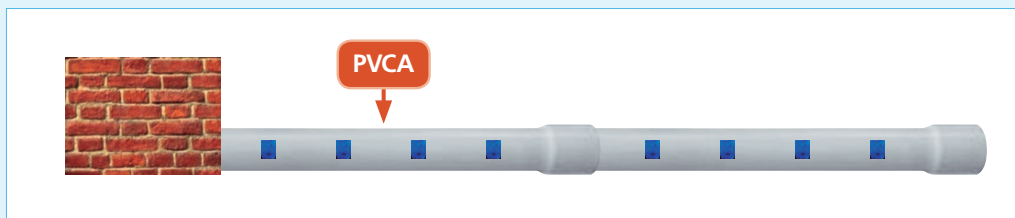
1. Californiano Móvil
2. Californiano Fijo
3. Riego por Pulsos
4. Riego por Mangas



1

Riego Californiano Móvil

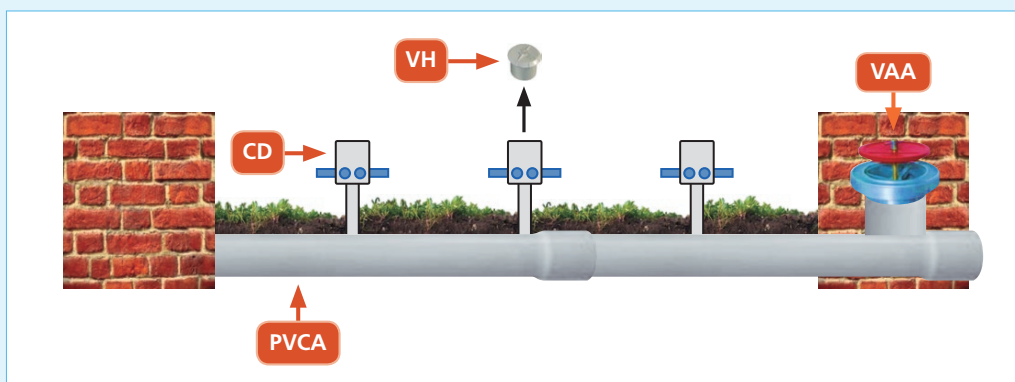
Este Sistema consta de una tubería portátil ubicada en la cabecera del cuartel, que permite distribuir en los surcos el agua de riego. La tubería es de PVC de 200 mm, de color blanco. El sistema tiene una cámara de entrada donde se acoplan los tubos que poseen tapas regulables, que nos permite regular el caudal.



2

Riego Californiano fijo

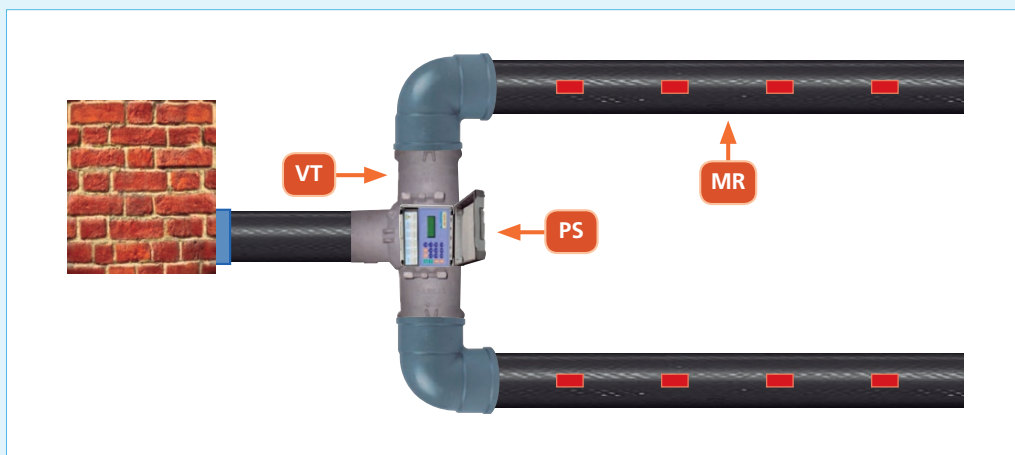
Es una tubería cabecera de conducción subterránea (200 a 250 mm de diámetro) en la cual el agua es distribuida a los surcos mediante tubos elevadores. Los elevadores son de PVC y su diámetro está en función del caudal que se quiera entregar. La ubicación de cada elevador es frente a la hilera de la planta para no obstaculizar el paso de la maquinaria. En cada elevador se instala una campana y una válvula de huerto cuya función es proteger el suelo de la erosión y regular el caudal respectivamente.



3

Riego por pulsos

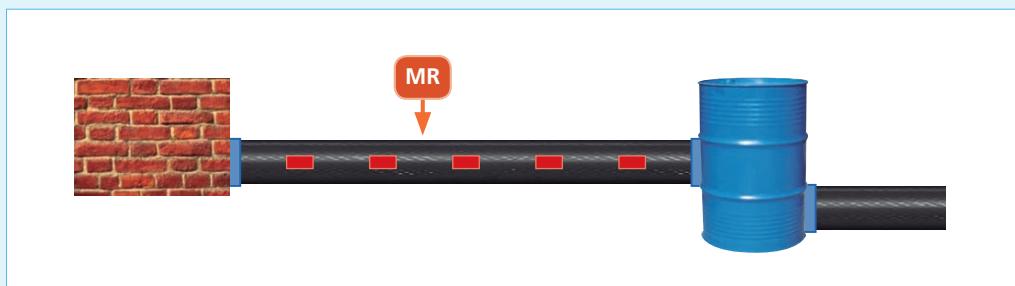
Consiste en la aplicación intermitente de agua aumentando la eficiencia de aplicación del riego en aproximadamente un 80%. La distribución la realiza una válvula "T" o mariposa que abastece a 2 mangas laterales, asegurando a cada surco un caudal regulado y uniforme. La apertura y cierre de la válvula de campo se acciona mediante un controlador del tipo "Star" que funciona mediante energía fotovoltaica; generándose periodos alternados de humedecimiento y secado en el surco.



4

Riego por mangas

Las mangas de riego permiten conducir el agua dentro del sector a regar y distribuir el riego hacia los surcos a través de salidas a igual distancia. Los orificios de salida los puede hacer el usuario o pueden venir ya fabricados. El caudal se puede regular a través de la tapa que contiene cada orificio.



Proveedores - Riego Gravitacional

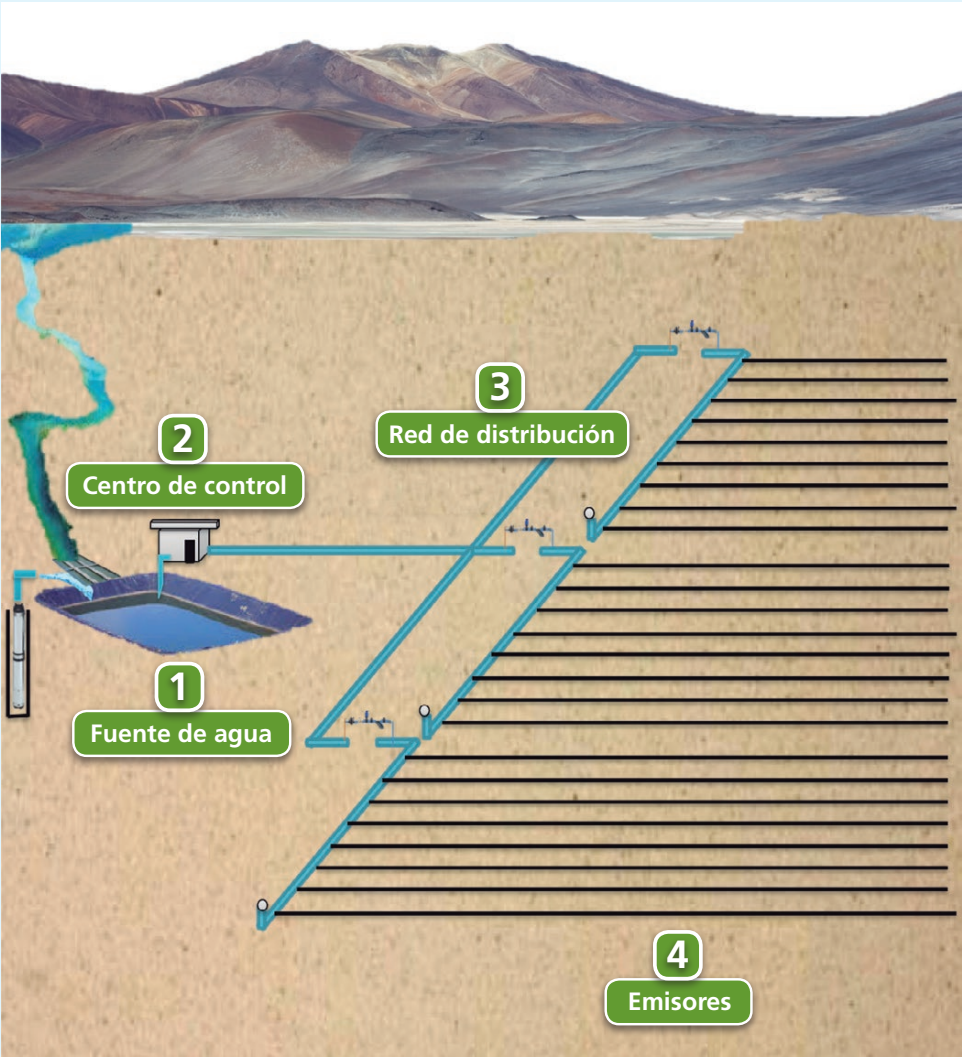
Código	Descripción	Proveedores		
PVCA	Tubería PVC agrícola (Tubería de color blanco, su largo es de 6 metros y puede ubicarse sobre o bajo la superficie del suelo).	Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179, sitio 8 B, Rancagua. Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba. Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Copeval S.A. Av. Manuel Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
		Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel. Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl	Tigre Av. La Montaña 754, Barrio industrial Los Libertadores, Colina. Tel. 2 2444 3900 www.tigre.cl	Hidrocentro Av. Alemania 1212 Los Ángeles. Tel. 41 2855600 www.hidrocentro.cl
MR	Manga de riego (Estructura que permiten conducir el agua dentro del sector a regar, y distribuir el riego hacia los surcos a través de salidas a igual distancia).	Abasplast Ltda. Chacabuco 11-D, Santiago Tel. 2 26819472 www.abasplast.cl	Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Copeval S.A. Av. Manuel Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
		Corplastic Patricio Viñuela 535, Lampa. Tel. 2 23683200 www.corplastic.cl	Plásticos América San Camilo 834, Santiago. Tel. 2 23386700 www.plasticosamerica.cl	Impoplas Lord Cochrane 1035, Santiago. Tel. 2 26881610 www.impoplas.cl
CD	Campana de distribución (Accesorio del riego californiano fijo, cuya función es distribuir el agua de riego, protegiendo al suelo de la erosión).	Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Vinilit S.A. Av. J. Alessandri R. 10900, San Bernardo. Tel. 2 25924000 www.vinilit.cl	Copeval S.A. Av. M. Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
		Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba. Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Agroandina Padre Letelier 215, Providencia. Tel. 2 23352243 www.agroandina.cl	Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl
VH	Válvula de huerto (Accesorio del riego californiano fijo, cuya función es ajustar los flujos de salida del agua de riego).	Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Vinilit S.A. Av. J. Alessandri R. 10900, San Bernardo. Tel. 2 25924000 www.vinilit.cl	Copeval S.A. Av. Manuel Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
		Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba. Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Agroandina Padre Letelier 215, Providencia. Tel. 2 23352243 www.agroandina.cl	Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl
VAA	Válvula alfalfa (Válvula utilizada en el riego californiano, cuya función es regular el paso del agua en la tubería principal).	Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Vinilit S.A. Av. J. Alessandri R. 10900, San Bernardo. Tel. 2 25924000 www.vinilit.cl	Copeval S.A. Av. Manuel Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
		Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba. Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Agroandina Padre Letelier 215, Providencia. Tel. 2 23352243 www.agroandina.cl	Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel. Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl

VT	Válvula T (Válvula utilizada en el riego por pulso, cuya función es la captación y distribución del agua de riego).	Sociedad Comercial Riego por Pulsos Chile SPA Camino El Romeral Km 2, Curicó. Tel. 9 93189270 www.pyrcontinental.com
PS	Programador Star (Dispositivo que controla la acción de la válvula T, programando los turnos de riego para cada sector).	Sociedad Comercial Riego por Pulsos Chile SPA Camino El Romeral Km 2, Curicó. Tel. 9 93189270 www.pyrcontinental.com

7.2. Proveedores riego presurizado

Un sistema de riego presurizado se desglosa en los siguientes componentes:

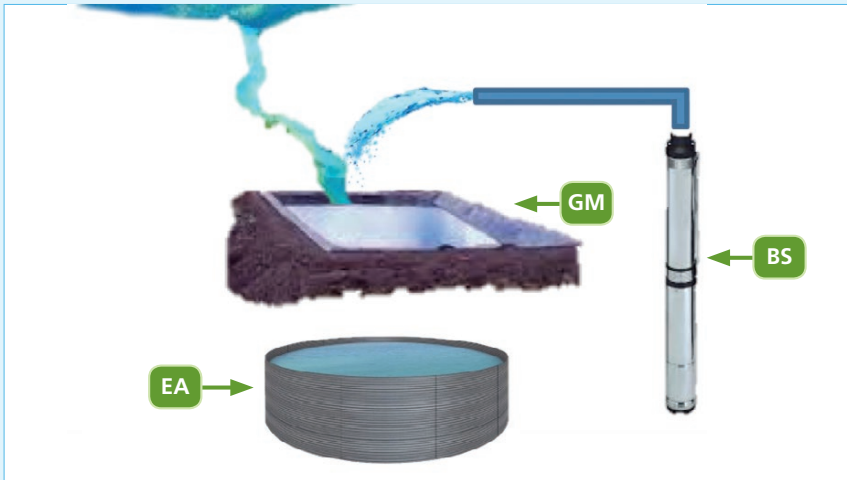
1. Fuente de agua
2. Centro de control
3. Red de distribución o red de tuberías
4. Emisores



1

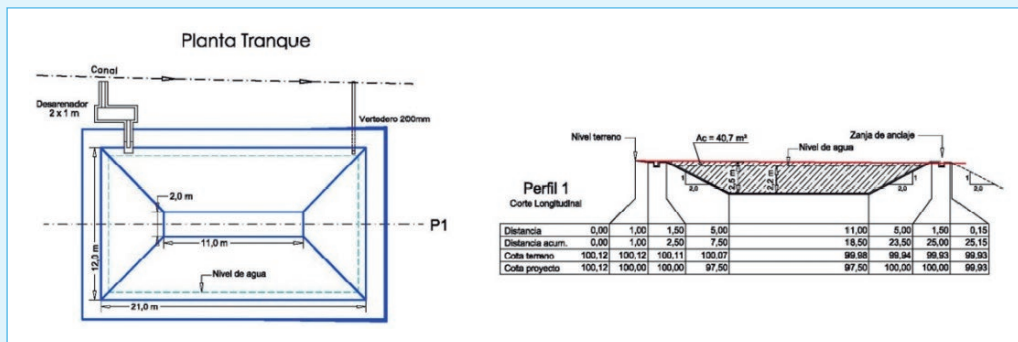
Fuente de agua

La fuente de agua puede ser superficial (canal) o subterránea (pozo o noria). En ambos casos, el agua puede ser almacenada en un tranque o un estanque (EA).



Un tranque intrapredial, o de regulación corta, es una estructura de acumulación de agua que nos permitirá almacenar el agua proveniente del canal, del pozo o de la noria, o de ambos, especialmente cuando una de las fuentes presenta una disponibilidad no regular, como turnos en el canal o variaciones en la napa que surte a la noria o al pozo.

El volumen de almacenamiento de un tranque depende de sus dimensiones (largo, ancho y profundidad) y del talud de sus paredes interiores. Para evitar pérdidas por infiltración, la cubeta del tranque se reviste, generalmente, con geomembrana (GM) de HDPE (polietileno de alta densidad) de 1 mm, de resina 100% virgen.



Aparte de evitar las pérdidas de infiltración, también es posible disminuir las pérdidas por evaporación. Para ello se cubre la superficie del agua con miles de esferas de HDPE (EE) que impiden el paso de los rayos solares.

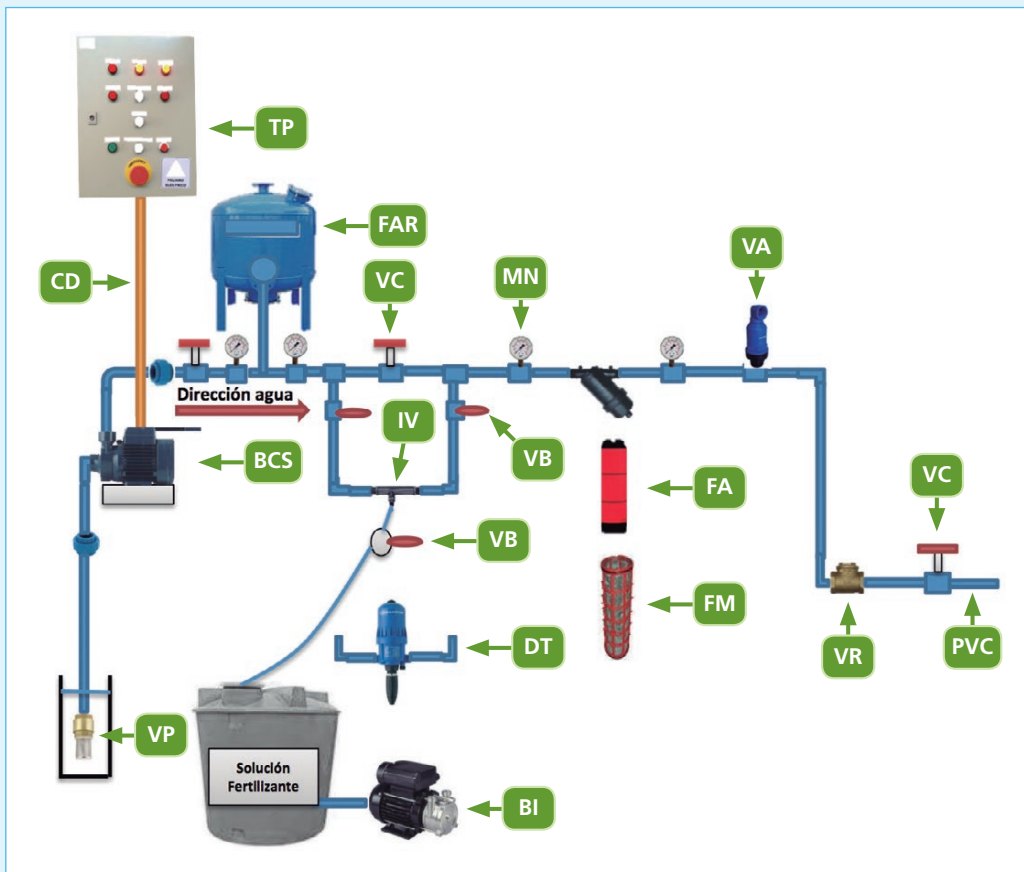


EE

Centro de Control

El centro de control o caseta de riego es el punto en donde el agua es captada, filtrada e impulsada a la red de tuberías. El centro de control alberga los siguientes elementos:

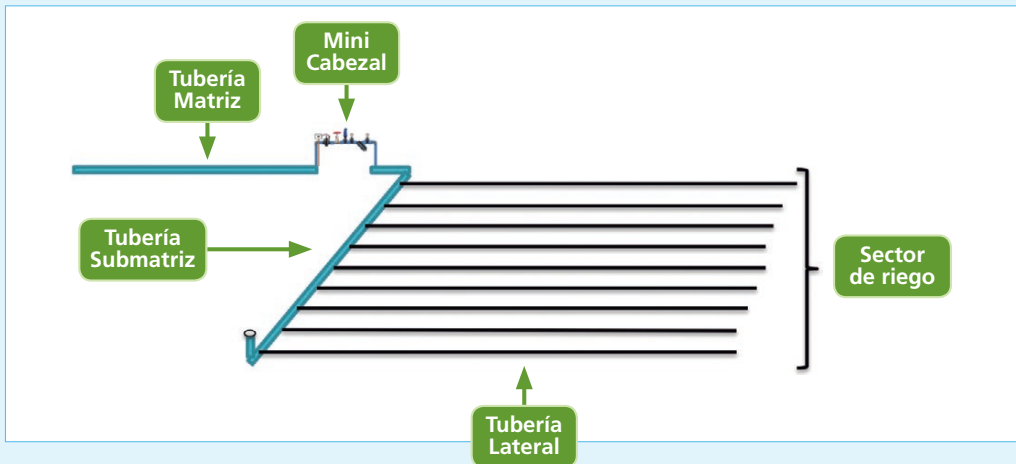
- Tablero - Programador (TP)
- Bomba o equipo de bombeo (BCS)
- Sistema de filtraje (FAR, FA o FM)
- Sistema de inyección de fertilizante (IV o DT o BI)
- Válvulas de Regulación (VP, VC, VB, VC, VA, VR)
- Manómetro (MN)



3

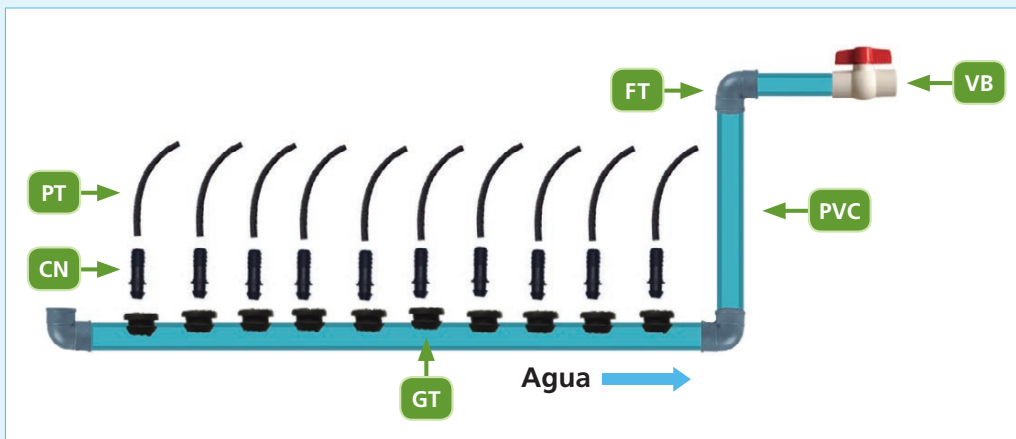
Red de distribución

La red de distribución es la encargada de conducir el agua de riego desde el cabezal a las plantas. Esta red está constituida por:



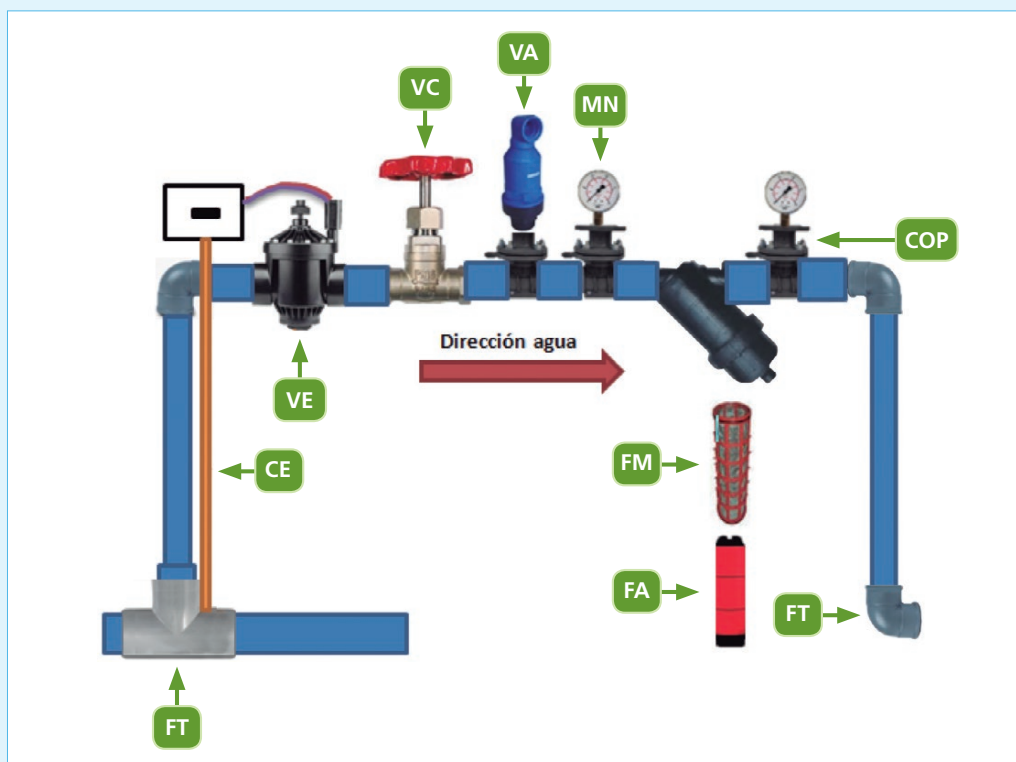
Tubería Matriz: Conduce el agua desde el cabezal hasta los sectores de riego. En general es de PVC y su ubicación es bajo tierra.

Tubería Submatriz: Conduce al agua dentro del sector de riego. Es de PVC y va bajo tierra. En esta tubería se conectan las tuberías de polietileno que portan los goteros o microaspersores.



Mini cabezal: Regula el paso del agua a los sectores de riego, está formado por:

- Válvula eléctrica (VE)
- Válvula de compuerta (VC)
- Válvula de aire (VA)
- Manómetro (MN)
- Filtro de malla (FM) o Filtro de anillas (FA)
- Collarín de polietileno (COP)



Tubería Lateral: Conduce el agua y porta los emisores. Su disposición es sobre el terreno y su material es polietileno.



4

Emisores

En cuanto a la entrega de agua a la planta, ésta se hace a través de emisores, los que podríamos definir como a los dispositivos que lo hacen de manera regular y uniforme sobre la superficie del suelo. Van ubicados en las tuberías laterales, cuyo material es polietileno de baja densidad.

Los emisores se clasifican de acuerdo a su comportamiento, en función de la presión de trabajo, que es medida en metros de columna de agua.

Emisores de comportamiento normal o regular: Son emisores cuyo caudal de entrega varía con la presión, aumentando a medida que aumenta la presión.

Emisores de comportamiento autocompensado: Son emisores cuyo caudal se mantiene estable a pesar de los cambios de presión.

Entre los emisores más utilizados se pueden mencionar:

- Gotero Botón (GB)
- Gotero Integrado (GI)
- Microaspersor (MA)



Proveedores - Riego Presurizado

VÁLVULAS				
Código	Descripción	Proveedores		
VE	Válvula eléctrica (Válvula hidráulica cuya apertura y cierre de ellas está regulado por un impulso eléctrico).	Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua. Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba. Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Copeval S.A. Av. M. Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
		Agrosystems S.A. Carretera Gral. San Martín N° 16.500, Colina. Tel. 2 2489 5000 www.agrosystems.cl	Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl	Global Riego S.A. Gerónimo de Alderete N° 1400, Vitacura. Tel. 2 25016424 www.globalriego.cl
VB	Válvula de bola (Válvula hidráulica que al abrir, permiten sólo el paso total de agua).	Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua. Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba. Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Copeval S.A. Av. M. Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
		Agrosystems S.A. Carretera Gral. San Martín N° 16.500, Colina. Tel. 2 2489 5000 www.agrosystems.cl	Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl	Global Riego S.A. Gerónimo de Alderete N° 1400, Vitacura. Tel. 2 25016424 www.globalriego.cl
VC	Válvula de compuerta (Válvula hidráulica que permite regular presión y caudal).	Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua. Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba, Santiago Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Copeval S.A. Av. M. Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
		Agrosystems S.A. Carretera Gral. San Martín N° 16.500, Colina. Tel. 2 2489 5000 www.agrosystems.cl	Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl	Global Riego S.A. Gerónimo de Alderete N° 1400, Vitacura. Tel. 2 25016424 www.globalriego.cl
VA	Válvula de aire (Válvula que regula la entrada y salida de aire en el sistema de riego).	Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua. Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba. Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Copeval S.A. Av. M. Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
		Agrosystems S.A. Carretera Gral. San Martín N° 16.500, Colina. Tel. 2 2489 5000 www.agrosystems.cl	Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl	Global Riego S.A. Gerónimo de Alderete N° 1400, Vitacura. Tel. 2 25016424 www.globalriego.cl
VR	Válvula de retención (Válvula que retiene la columna de agua que se devuelve por gravedad, luego de un corte abrupto del flujo de agua).	Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua. Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba, Santiago Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Copeval S.A. Av. M. Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
		Agrosystems S.A. Carretera Gral. San Martín N° 16.500, Colina. Tel. 2 2489 5000 www.agrosystems.cl	Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl	Global Riego S.A. Gerónimo de Alderete N° 1400, Vitacura. Tel. 2 25016424 www.globalriego.cl

VP	Válvula de pie (Dispositivo ubicado en la succión de la bomba, evitando su vaciado).	Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba, Santiago Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Copeval S.A. Av. M. Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
		Agrosystems S.A. Carretera Gral. San Martín N° 16.500, Colina. Tel. 2 2489 5000 www.agrosystems.cl	Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl	Global Riego S.A. Gerónimo de Alderete N° 1400, Vitacura. Tel. 2 25016424 www.globalriego.cl

EMISORES				
Código	Descripción	Proveedores		
GB	Gotero botón (Emisor inserto sobre la lateral de riego)	Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua. Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba, Santiago. Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Copeval S.A. Av. M. Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
		Agrosystems S.A. Carretera Gral. San Martín N° 16.500, Colina. Tel. 2 2489 5000 www.agrosystems.cl	Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl	Global Riego S.A. Gerónimo de Alderete N° 1400, Vitacura. Tel. 2 25016424 www.globalriego.cl
GI	Gotero integrado (Emisor inserto dentro lateral de la riego)	Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba. Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Copeval S.A. Av. M. Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
		Agrosystems S.A. Carretera Gral. San Martín N° 16.500, Colina. Tel. 2 2489 5000 www.agrosystems.cl	Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl	Global Riego S.A. Gerónimo de Alderete N° 1400, Vitacura. Tel. 2 25016424 www.globalriego.cl
MA	Microaspersor (Emisor cuya aplicación del agua es del tipo de lluvia - giratorio).	Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba. Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Copeval S.A. Av. M. Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
		Agrosystems S.A. Carretera Gral. San Martín N° 16.500, Colina. Tel. 2 2489 5000 www.agrosystems.cl	Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl	Global Riego S.A. Gerónimo de Alderete N° 1400, Vitacura. Tel. 2 25016424 www.globalriego.cl
MJ	Microjet (Emisor cuya aplicación del agua es del tipo de lluvia - fijo).	Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba, Santiago Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Copeval S.A. Av. M. Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
		Agrosystems S.A. Carretera Gral. San Martín N° 16.500, Colina. Tel. 2 2489 5000 www.agrosystems.cl	Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl	Global Riego S.A. Gerónimo de Alderete N° 1400, Vitacura. Tel. 2 25016424 www.globalriego.cl

FILTROS				
Código	Descripción	Proveedores		
FA	Filtro de anillas (Dispositivo constituido por una carcasa plástica, en su interior se ubica un tubo rodeado por una serie de anillas superpuestas. Amplio rango de filtración).	Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua. Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba. Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Copeval S.A. Av. M. Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
		Agrosystems S.A. Carretera Gral. San Martín N° 16.500, Colina. Tel. 2 2489 5000 www.agrosystems.cl	Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel. Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl	Global Riego S.A. Gerónimo de Alderete N° 1400, Vitacura. Tel. 2 25016424 www.globalriego.cl
FM	Filtro de malla (Dispositivo constituido por una carcasa plástica, en su interior se ubica un tubo recubierto por una malla fina. Filtra principalmente arenas y limos).	Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua. Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba. Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Copeval S.A. Av. M. Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
		Agrosystems S.A. Carretera Gral. San Martín N° 16.500, Colina. Tel. 2 2489 5000 www.agrosystems.cl	Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel. Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl	Global Riego S.A. Gerónimo de Alderete N° 1400, Vitacura. Tel. 2 25016424 www.globalriego.cl
FAR	Filtro de arena Estructura metálica de forma circular, que alberga en su interior algún tipo de grava o de arena, usualmente de cuarzo. Recomendado para aguas superficiales; es capaz de retener limos, arenas finas y materia orgánica.	Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua. Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba. Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Copeval S.A. Av. M. Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
		Agrosystems S.A. Carretera Gral. San Martín N° 16.500, Colina. Tel. 2 2489 5000 www.agrosystems.cl	JAVI Hidráulica Capitan Ávalos 45, La Granja. Tel. 2 24245900 www.Javihidraulica.com	Global Riego S.A. Gerónimo de Alderete N° 1400, Vitacura. Tel. 2 25016424 www.globalriego.cl

BOMBAS DE RIEGO				
Código	Descripción	Proveedores		
BCS	Bomba superficial (Dispositivo que succiona el agua desde una estructura de acumulación, e impulsa el agua hacia los sectores de riego).	Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba. Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Global Riego S.A. Gerónimo de Alderete N° 1400, Vitacura. Tel. 2 25016424 www.globalriego.cl
		Agrosystems S.A. Carretera Gral. San Martín N° 16.500, Colina. Tel. 2 2489 5000 www.agrosystems.cl	Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel. Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl	Copeval S.A. Av. M. Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
BS	Bomba sumergible (Dispositivo que succiona el agua desde un pozo o noria, e impulsa el agua, generalmente, hacia una estructura de acumulación).	Agrosystems S.A. Carretera Gral. San Martín N° 16.500, Colina. Tel. 2 2489 5000 www.agrosystems.cl	Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba. Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Copeval S.A. Av. M. Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
		Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel. Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl	Global Riego S.A. Gerónimo de Alderete N° 1400, Vitacura. Tel. 2 25016424 www.globalriego.cl

TUBERÍAS

Código	Descripción	Proveedores		
PVC	PVC (Tuberías que componen la matriz y submatriz de riego. Su largo es de 6 metros. El diámetro va de los 20 mm a los 400 mm).	Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba. Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Tigre Av. La Montaña 754, Barrio Indust. Los Libertadores, Colina. Tel. 2 24443900 www.tigre.cl
		Agrosystems S.A. Carretera Gral. San Martín 16.500, Colina. Tel. 2 2489 5000 www.agrosystems.cl	Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel. Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl	Global Riego S.A. Gerónimo de Alderete N° 1400, Vitacura. Tel. 2 25016424 www.globalriego.cl
HDPE	HDPE (Polietileno de alta densidad, va ubicado sobre la superficie, y puede formar parte de la matriz de riego).	Politex Panamericana Norte 21.000, Colina. Tel. 2 26771000 www.polytex.cl	Siplas Padre Tadeo 4368 Quinta Normal. Tel. 2 27732466 www.siplas.cl	Vinilit S.A. Av. J. Alessandri R. 10900, San Bernardo. Tel. 2 25924000 www.vinilit.cl
		Agrosystems S.A. Carretera Gral. San Martín 16.500, Colina. Tel. 2 2489 5000 www.agrosystems.cl	Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel. Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl	Global Riego S.A. Gerónimo de Alderete N° 1400, Vitacura. Tel. 2 25016424 www.globalriego.cl
PT	Polietileno (16 y 20 mm) (Polietileno de baja densidad, va sobre la superficie del suelo y porta los emisores).	Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba. Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Copeval S.A. Av. M. Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
		Agrosystems S.A. Carretera Gral. San Martín 16.500, Colina. Tel. 2 2489 5000 www.agrosystems.cl	Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel. Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl	Global Riego S.A. Gerónimo de Alderete N° 1400, Vitacura. Tel. 2 25016424 www.globalriego.cl
CN	Conduit (Tubería de color naranja, cuya función es proteger los cables del sistema de riego).	Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba. Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Copeval S.A. Av. M. Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
		Agrosystems S.A. Carretera Gral. San Martín 16.500, Colina. Tel. 2 2489 5000 www.agrosystems.cl	Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel. Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl	Global Riego S.A. Gerónimo de Alderete N° 1400, Vitacura. Tel. 2 25016424 www.globalriego.cl

FERTIRRIGADORES				
Código	Descripción	Proveedores		
IV	Inyector venturi (Dispositivo accionado por el paso del agua, que permite incorporar el fertilizante a la red de riego).	Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua. Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba. Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Copeval S.A. Av. M. Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
		Agrosystems S.A. Carretera Gral. San Martín 16.500, Colina. Tel. 2 2489 5000 www.agrosystems.cl	Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel. Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl	Global Riego S.A. Gerónimo de Alderete N° 1400, Vitacura. Tel. 2 25016424 www.globalriego.cl
DS	Dosatrón (Dispositivo accionado por la fuerza del agua, que permite incorporar el fertilizante a la red de riego, no necesita energía externa para su funcionamiento).	Sobitec Américo Vespucio 1691, Bodega 16, Quilicura. Tel. 2 24600024 www.sobitec.cl	Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba. Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Copeval S.A. Av. M. Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
BI	Bomba inyectora (Dispositivo accionado por energía eléctrica que permite incorporar el fertilizante a la red de riego).	Agrosystems S.A. Carretera Gral. San Martín 16.500, Colina. Tel. 2 2489 5000 www.agrosystems.cl	Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba. Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Copeval S.A. Av. M. Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
		Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua. Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel. Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl	Global Riego S.A. Gerónimo de Alderete N° 1400, Vitacura. Tel. 2 25016424 www.globalriego.cl

PROGRAMADOR				
Código	Descripción	Proveedores		
TP	Tablero-Programador (Equipo-Estructura que permite automatizar el accionar de bombas y válvulas de riego).	Agrosystems S.A. Carretera Gral. San Martín 16.500, Colina. Tel. 2 2489 5000 www.agrosystems.cl	Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba. Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Copeval S.A. Av. M. Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
		Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua. Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel. Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl	Global Riego S.A. Gerónimo de Alderete N° 1400, Vitacura. Tel. 2 25016424 www.globalriego.cl

ACUMULADORES				
Código	Descripción	Proveedores		
EA	Estanque australiano (Estructura modular para almacenar agua).	Cintac Camino a Melipilla 8920, Maipú. Tel. 2 24849200 www.cintac.cl	Tecnovial Santa Marta 1717, Maipú. Tel. 2 23510800 www.tecnovial.cl	Acco Ltda. Tambillo 3581, Puente Alto. Tel. 9 84294783 www.accoltda.cl
		Polytex Panamericana Norte 21.000, Colina. Tel. 2 26771000 www.polytex.cl	Geoplas Chile Mateo de Toro y Zambrano 1491 of. 317, La Reina. Tel. 2 22467192 www.geoplaschile.cl	Vorwerk Chile Exposición 910, Estación Central. Tel. 2 26119460 www.worwerk.cl
EE	Esferas antievaporación (Estructuras que cubren la superficie del espejo de agua de un tranque, evitando su evaporación).	Plásticos Haddad S.A. José Ananías 444, Macul. Tel. 2 2627200 www.haddad.cl	Sistemold Ltda. Berlioz 5667, San Joaquín. Tel. 2 25113010 www.sistemold.cl	Infraplast San Pío X 2460 of. 705, Providencia. Tel. 2 26635050 www.infraplast.cl

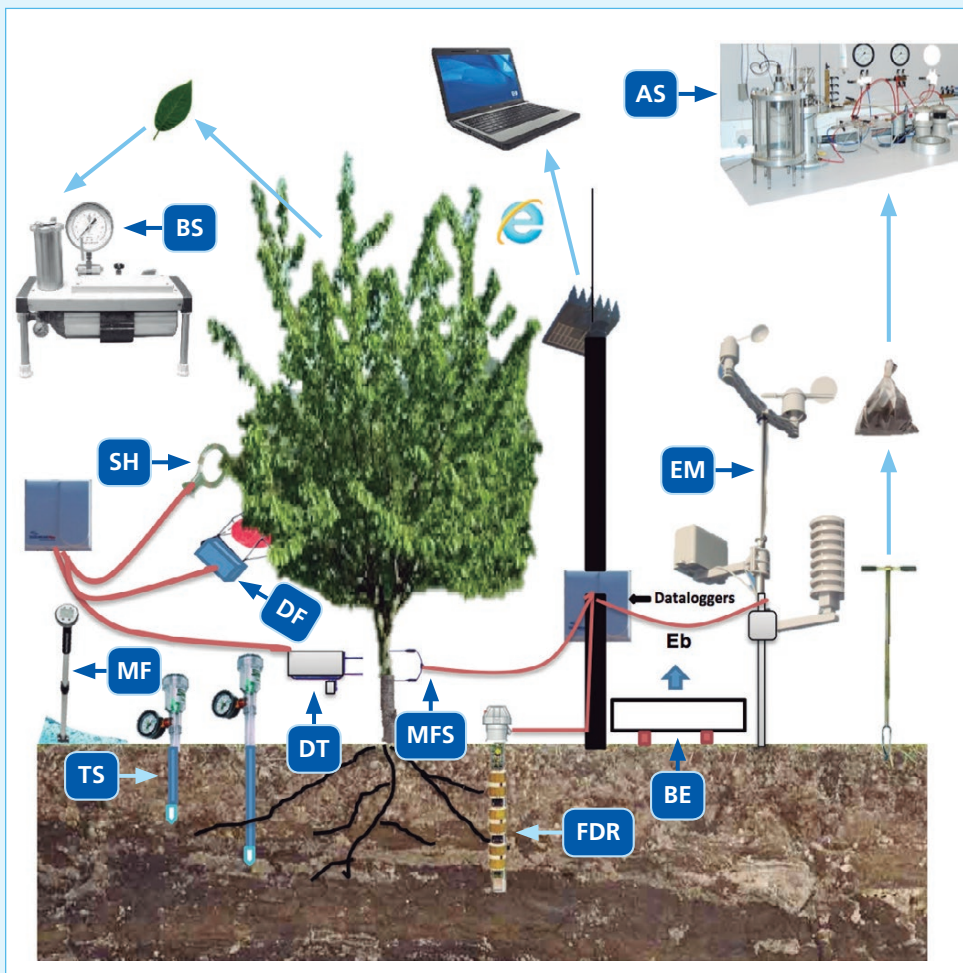
FITTING POLIETILENO				
Código	Descripción	Proveedores		
GT	Gromit (Accesorio que conecta tubería de PVC con conector).	Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba. Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Copeval S.A. Av. Manuel Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
		Agrosystems S.A. Carretera Gral. San Martín 16.500, Colina. Tel. 2 2489 5000 www.agrosystems.cl	Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel. Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl	Global Riego S.A. Gerónimo de Alderete N° 1400, Vitacura. Tel. 2 25016424 www.globalriego.cl
CN	Conector (Accesorio que une tuberías de PVC y polietileno).	Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba. Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Copeval S.A. Av. Manuel Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
		Agrosystems S.A. Carretera Gral. San Martín 16.500, Colina. Tel. 2 2489 5000 www.agrosystems.cl	Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel. Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl	Global Riego S.A. Gerónimo de Alderete N° 1400, Vitacura. Tel. 2 25016424 www.globalriego.cl
CP	Copla (Accesorio que une dos tuberías).	Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba. Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Copeval S.A. Av. Manuel Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
		Agrosystems S.A. Carretera Gral. San Martín 16.500, Colina. Tel. 2 2489 5000 www.agrosystems.cl	Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel. Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl	Global Riego S.A. Gerónimo de Alderete N° 1400, Vitacura. Tel. 2 25016424 www.globalriego.cl

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN				
Código	Descripción	Proveedores		
 MN	Manómetro (Instrumento que mide la presión de trabajo dentro del sistema de riego. Las unidades de medición son bares y PSI).	Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua. Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	Tecnoagro S.A. El Rosal N° 5005, Huechuraba. Tel. 2 26169600 www.tecnoagro.cl	Copeval S.A. Av. M. Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl
		Agrosystems S.A. Carretera Gral. San Martín 16.500, Colina. Tel. 2 2489 5000 www.agrosystems.cl	Cosmoplas Río Refugio 9652 Enea, Pudahuel. Tel. 2 2598 7000 www.cosmoplas.cl	Global Riego S.A. Gerónimo de Alderete N° 1400, Vitacura. Tel. 2 25016424 www.globalriego.cl

LEY DE RIEGO 18.450				
Código	Descripción	Proveedores		
 LR	Consultor (Elaboración proyecto de riego y presentación a concurso).	Prosur 4 Norte N° 1664, Talca. Tel. 71 2107734 www.prosur.cl	Cepia Ings. Ltda. Ruta 5 Sur, Km 25, Talca. Tel. 71 2532650 www.cepia.cl	Jaime Garrido Baltazar Castro 890, Peñaflor. Tel. 9 93683722 Jgarridob07@yahoo.com

CAPACITACIÓN RIEGO TECNIFICADO				
Código	Descripción	Proveedores		
 CRT	Ente capacitador (Capacitación en el funcionamiento y mantención de equipos de riego).	AGRYD Diagonal Oriente 1620, of 103. Providencia. Tel. 2 28008667 www.agryd.cl	Copeval desarrolla Av. Manuel Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2720000 www.copevaldesarrolla.cl	Certifika Panamericana Sur Km 40, Parcela 62, Paine. Tel. 2 28210665 www.certifika.cl

7.3. Proveedores de programación del riego



Proveedores - Programación de Riego

Balance hídrico suelo-planta-atmósfera

Código	Descripción	Proveedores	
AS	Análisis de suelo (Determinación de parámetros físicos del suelo: CC, PMP, Da).	Agrolab José Domingo Cañas 2914, Ñuñoa. Tel. 2 22258087 www.agrolab.cl	INIA La Platina Av. Santa Rosa 11610, La Pintana. Tel. 2 25779100 www.inia.cl
		Laboratorio Las Garzas Camino San Juan de la Sierra, Longitudinal Sur Km 148. Chimbarongo. Tel. 72 2717168 www.lasgarzas.cl	Laboratorio Agronomía UC Av. Vicuña Mackenna 4860. Santiago. Tel. 2 23544103 www.agronomia.uc.cl
BE	Bandeja de evaporación (Determinación de evaporación de bandeja).	Filtros HP América 543, San Miguel. Tel. 2 25112808 www.filtroshp.cl	JAVI Hidráulica Capitan Ávalos 45, La Granja. Tel. 2 24245900 www.Javihidraulica.com

EM	Estación Meteorológica (Determinación de evapotranspiración potencial).	CDTEC Avenida Salvador 411, Providencia. Tel. 2 22084459 www.cdtec.cl	Kauftec Av. Luis Thayer Ojeda 166, of. 705, Providencia. Tel. 2 32053761 www.kauftec.com	Lem System Arlegui 246, Viña del Mar. Tel. 32 2375246 www.lemsystem.com
		Agryd Diagonal Oriente 1620, of 103, Providencia. Tel. 2 28008667 www.agryd.cl	Ambimet Garibaldi 1620, Ñuñoa. Tel. 2 22744798 www.ambimet.cl	AgroPrecisión José Manuel Infante 1183, Providencia. Tel. 2 22746658 www.agroprecision.cl
MF	Molinete-Flujómetro (Medición del caudal de un canal o río).	Inducien San Francisco de Asís 150 of. 508, Vitacura. Tel. 2 26571691 www.inducien.cl	Hydroscada Av. Pocuro N° 3065, Providencia. Tel. 2 29547714 www.hydroscada.cl	WiseConn Salvador 411, Providencia. Tel. 2 29078586 www.wiseconn.cl

ESTADO HÍDRICO PLANTA				
Código	Descripción	Proveedores		
SH	Sensor de temperatura foliar (Determinación de la temperatura de la hoja).	Morph2o Longitudinal Sur 215, Buin. Tel. 2 28216095 www.morph2ola.com	Alba Ambiente Av. Grecia 1460, Ñuñoa. Tel. 2 29184247 www.detectoresysensores.cl	
		Agrosuccess Nevería 4611, Las Condes. Tel. 2 28802515 www.agrosuccess.cl	Agryd Diagonal Oriente 1620, of 103, Providencia. Tel. 2 28008667 www.agryd.cl	
DF	Dendrómetro fruto (Determinación de las variaciones del diámetro del fruto).	Morph2o Longitudinal Sur 215, Buin. Tel. 2 28216095 www.morph2ola.com	Ivens S.A. Flandes 1848, Las Condes. Tel. 2 23608000 www.iven.cl	
		Agrosuccess Nevería 4611, Las Condes. Tel. 2 28802515 www.agrosuccess.cl	Agryd Diagonal Oriente 1620, of 103, Providencia. Tel. 2 28008667 www.agryd.cl	
DT	Dendrómetro tronco (Determinación de las variaciones del diámetro del tronco).	Morph2o Longitudinal Sur 215, Buin. Tel. 2 28216095 www.morph2ola.com	Ivens S.A. Flandes 1848, Las Condes. Tel. 2 23608000 www.iven.cl	
		Agrosuccess Nevería 4611, Las Condes. Tel. 2 28802515 www.agrosuccess.cl	Agryd Diagonal Oriente 1620, of 103, Providencia. Tel. 2 28008667 www.agryd.cl	
BS	Bomba Scholander (Determinación del potencial hídrico xilemático).	Agroprecisión José Manuel Infante 1183, Providencia. Tel. 2 22746658 www.agroprecision.cl	Ambimet Garibaldi 1620, Ñuñoa. Tel. 2 22744798 www.ambimet.cl	
		Ivens S.A. Flandes 1848, Las Condes. Tel. 2 23608000 www.iven.cl	Agryd Diagonal Oriente 1620, of 103, Providencia. Tel. 2 28008667 www.agryd.cl	

MFS	Medidor flujo de savia (Determinación del volumen de agua transpirada por la planta).	Morph2o Longitudinal Sur 215, Buin. Tel. 2 28216095 www.morph2ola.com	Ivens S.A. Flandes 1848, Las Condes. Tel. 2 23608000 www.iven.cl
		Agrosuccess Nevería 4611, Las Condes. Tel. 2 28802515 www.agrosuccess.cl	Agryd Diagonal Oriente 1620, of 103, Providencia. Tel. 2 28008667 www.agryd.cl

ESTADO HÍDRICO SUELO				
Código	Descripción	Proveedores		
TS	Tensiómetro (Determinación de la humedad del suelo).	Copeval S.A. Av. M. Rodríguez 1099, San Fernando. Tel. 72 2226161 www.copeval.cl	Cals Ltda. Av. Cachapoal 1179 sitio 8 B, Rancagua. Tel. 72 223 0427 www.cals.cl	
		Veto San Eugenio 567, Ñuñoa. Tel. 2 23554400 www.veto.cl	Agrosuccess Nevería 4611, Las Condes. Tel. 2 28802515 www.agrosuccess.cl	
FDR	Sonda capacitiva (FDR) (Determinación de la humedad del suelo).	CDTEC Avenida Salvador 411, Providencia. Tel. 2 22084459 www.cdtec.cl	Riego Chile Claudio Arrau 1028, Chillán. Tel. 42 225761 www.riegochile.cl	Atec S.A. Estado 213, of. 305, Curicó. Tel. 75 543212 www.adelantos tecnologicos.cl
		Morph2o Longitudinal Sur 215, Buin. Tel. 2 28216095 www.morph2ola.com	Agrosuccess Nevería 4611, Las Condes. Tel. 2 28802515 www.agrosuccess.cl	WiseConn Salvador 411, Providencia. Tel. 2 29078586 www.wiseconn.cl
		Lem System Arlegui 246, Viña del Mar. Tel. 32 2375246 www.lemsystem.com		

Capítulo VI.

Sistema de financiamiento estatal de proyectos de riego

8. Sistema de financiamiento estatal de proyectos de riego

8.1. Introducción

El Estado, a través de sus instituciones o ministerios, proporciona incentivos y/o subsidios con el fin de acelerar o mejorar el desarrollo del país. Para el caso de la agricultura, y especialmente, para el manejo adecuado del recurso hídrico, es que hay dos instrumentos de financiamiento, los que se describen a continuación.

8.2. Ley 18.450, Fomento a la inversión privada en obras de riego y drenaje

Este es el instrumento de financiamiento más importante de todos, ya que su orientación es exclusiva hacia todo lo que se refiera a la tecnificación del riego y a la mejora del manejo del recurso hídrico. Para ello, este sistema cuenta con concursos administrados por la Comisión Nacional de Riego, en los cuales el agricultor puede postular su proyecto y obtener la bonificación solicitada.



Cada concurso dispone de cierta cantidad de fondos, los que son distribuidos entre los postulantes que obtengan los mejores puntajes, del mayor al menor. Este puntaje depende del proyecto y se determina a partir de la suma de los puntos obtenidos desde las siguientes tres variables:

- a) Superficie.** Mientras mayor sea la superficie que genere el proyecto, mayor será el puntaje obtenido por esta variable.
- b) Costo por hectárea.** El costo total del proyecto es dividido por la superficie generada. Mientras menor sea el costo por hectárea, mayor puntaje.
- c) Aporte del solicitante.** Cuanto más aporte el solicitante, más puntos recibirá.

Dada la variedad de agricultores, grandes y pequeños, del norte o del sur del país, se hace necesario que los concursos sean específicos, con el fin de asegurar igualdad de oportunidades entre los postulantes. Por tanto, los concursos se definen por el tipo de agricultor, tipo de obra, o por una zona del país.

Tipo de agricultor y bonificación.

La clasificación del agricultor o empresa agrícola está definida por la suma de la superficie ponderada de sus predios, sean dueños o arrendatarios. En la tabla siguiente, se muestra el criterio de clasificación del agricultor o empresa agrícola y el subsidio máximo que recibe.

Tipo de agricultor	Superficie ponderada (hás)	Máxima bonificación
Pequeño agricultor INDAP	Definido por el INDAP, según la región del país	90%
Pequeño empresario	Hasta 40 hás	80%
Mediano empresario	De 40 a 200 hás	70%
Gran empresario	Sobre 200 hás	70%

La bonificación es sobre los costos sin IVA, a excepción de los usuarios INDAP que no tengan giro agrícola, pueden incluir el IVA en el costo del proyecto.

La ponderación de la superficie corresponde a la suma de aquella superficie de suelo que en el certificado de avalúo del S.I.I. está clasificada entre los usos I y IV.

Tipo de obras. Las obras son clasificadas como de Tecnificación y Obras Civiles.

Las obras de tecnificación corresponden tanto al sistema de riego tecnificado (materiales, diseño e instalación) como todo lo relacionado para su funcionamiento apropiado, como puede ser un proyecto de electrificación o la construcción de la caseta.

Las obras civiles, en general, se refiere a construcción o reparación de tranques, revestimiento de canales, construcción de marcos partidores y bocatomas, todo aquello que mejore tanto el almacenamiento como la conducción superficial del agua, asegurando o aumentando la disponibilidad del agua para el predio.

8.3. Programas de Riego Intrapredial (PRI)

Este programa o instrumento de financiamiento solamente está dirigido a los usuarios de INDAP. Tiene fondos limitados y su recurrencia en el año es variable, desde ninguna ventana hasta tres ventanas para ingresar el proyecto en la oficina correspondiente del INDAP.

(Ver en el capítulo “Catálogo de soluciones tecnológicas” profesionales y empresas que consultores en postulación de proyectos de riego a financiamiento estatal).

Bibliografía

- Acevedo, H.E. 2000. Manual de Estudios y Ejercicios-SAP. Fac. de Cs. Agronómicas - Universidad de Chile.
- Alvarado, O. 1969. Agenda del salitre - SQM.
- Antúñez, B. A.; Reckmann, B.O. 2009. Nodo tecnológico en el secano de la Región de O'Higgins. INIA.
- Antúñez, B. A.; Felmer, S.E. 2015. Riego por pulsos en maíz de grano. Boletín 312. INIA.
- Callejas R.; Navarrete J.; Rioseco M. 2013. Líneas de gestión de riego. Antumapu. Profesional. N°3. Fac. de Cs. Agronómicas - Universidad de Chile.
- CIREN-CNR. 1996. Manual de obras menores de riego.
- CNR-INIA. 2000. Pozos Profundos. Programa de riego en el Secano.
- FAO. 1998. El desarrollo del micro-riego en América Central.
- Enríquez, J.; Romero R. 2015. Estrategias de programación del riego. IRNA. Sevilla.
- Ferreyra, E. R.; Peralta J.M. 1989. Curso de tecnificación de riego a nivel predial.
- Ferreyra, E. R.; Selles, V. G. 1997. Equipos de riego localizado de alta frecuencia.
- Ferreyra, E. R.; Selles, V. G. Pimpstein A. 2000. Diseño y mantención de equipos de riego localizado de alta frecuencia.
- Ferreyra, E. R.; Selles, V. G. 2006. Boletín 145 INIA.
- Ferreyra, E. R. 2009. Manual Técnico Manejo del Riego en Sequía. CNR.
- Holzapfel, Eduardo. 2010. Criterios para el manejo y diseño de riego por surcos utilizando parámetros de eficiencia y modelos de simulación. Chilean J. Agric. Res.
- MacPhee J.; Fernández S.; Richard J. 2013. Guía de aforos en canales abiertos y estimación de tasas de infiltración. FCFM. Universidad de Chile.
- Medina San Juan J.A. 1997. Riego por Goteo. Editorial Mundi-Prensa.
- Naandanjan. 2010. Boletín técnico.
- Pizarro, F. 1990. Riego Localizado de alta frecuencia. Editorial Mundi-Prensa.
- Reckmann, B.O.; Vergara, J.; Ponce M, 2002. Manual de evaluación de sistemas de riego tecnificado. INIA.
- Reckmann, B.O.; Ferreyra, E.R. 2009. Monitoreo del suelo mediante sondas FDR. Revista Chile-riego N° 38. CNR.
- Román, S. 2008. Aspectos de importancia para el riego de frutales. Revista Chile-riego N° 35. CNR.
- Seguel, G.P. 2010. Revista Frutícola N° 3. Copefrut S.A.
- Sepor. 2009. Riego por surcos. Cartilla N° 9. CNR.
- Sepor. 2009. Uso de mangas plásticas para riego. Cartilla N° 10. CNR.
- Sepor. 2009. Aforos de agua. Cartilla N° 11. CNR.
- Sepor. 2009. Uso de la cámara de presión para el monitoreo del estado hídrico de las plantas. Cartilla N° 16. CNR.
- Selles, V. G. 2002. Cámara de presión. Revista Chile-riego N° 11. CNR.
- Taiz L y Zeiger. 2010, Plant Physiology, 5th ed.
- Traxco, Boletín Técnico 2013.
- Villablanca, F.A.; Cajías, A.E. 2015. Uso e instalación de tensiómetros. Informativo N° 101. INIA-Ururi.



CATÁLOGO DE SOLUCIONES
TECNOLÓGICAS PARA MEJORAR LA

Eficiencia Hídrica

Y LAS TÉCNICAS DE RIEGO
INTRAPREDIALES EN LA REGIÓN
DE O'HIGGINS.



Ejecuta



Financia