

TECNOLOGIAS DE BAJO COSTO PARA LA PEQUEÑA AGRICULTURA

Oscar Miranda N

Ing . Agrónomo. MS

La situación hídrica del país ha sido afectada por una prolongada sequía durante los últimos 10 años, situación que obedece a causas multidimensionales, como la sobre explotación del recurso por las diversas áreas productivas del país, falta de información técnica y una gestión inadecuada del aparato público y privado (Consejo de Políticas e Infraestructura, CPI, 2019)

Actualmente están en Emergencia Agrícola 6 Regiones y 116 Comunas Rurales.

A las causas anteriores se debe considerar el cambio climático el cual afecta a la disponibilidad y distribución del agua en Chile.

De acuerdo al informe del CPI, existen diferentes visiones de las causas del déficit hídrico en nuestro país.

- i) La Dirección General de Aguas (DGA) pone énfasis en una disminución de la oferta, disminución de las precipitaciones y caudal de los ríos. Propone construir obras de acumulación, mejorar la gestión, mayor eficiencia del uso del recurso y explotar nuevas fuentes del recurso, desalación, reutilización, recarga de acuíferos, captación de aguas lluvia y explotación de pozos profundos.
- ii) Para la Fundación Chile, la principal causa del problema radica en la gestión del recurso a nivel de las cuencas.
 - El 44% del problema hídrico es una inapropiada gestión del recurso (Factor Institucional)
 - 17% lo atribuye al crecimiento excesivo de la demanda.
 - 14% debido a efectos contaminantes.

- 12% disminución de la oferta
- 13% otras causas.

La mala gestión del recurso lo atribuye a una falta de coordinación entre las instituciones públicas y estas con las privadas. También falta de coordinación entre las Organizaciones de Usuarios de Agua (OUA).

Actualmente no existe una sola organización que maneje y opere con una mirada integral de la cuenca o territorio.

- iii) Para la Universidad del Desarrollo (UDD), sostiene que el actual mercado de las aguas no funciona.

Como se explicó anteriormente el problema de la sequía en nuestro país es complejo y obedece en gran parte a las visiones expuestas por la DGA, Fundación Chile y UDD.

El Uso de Agua en Chile por las diversas actividades económicas aparece señalado en la Figura 1.

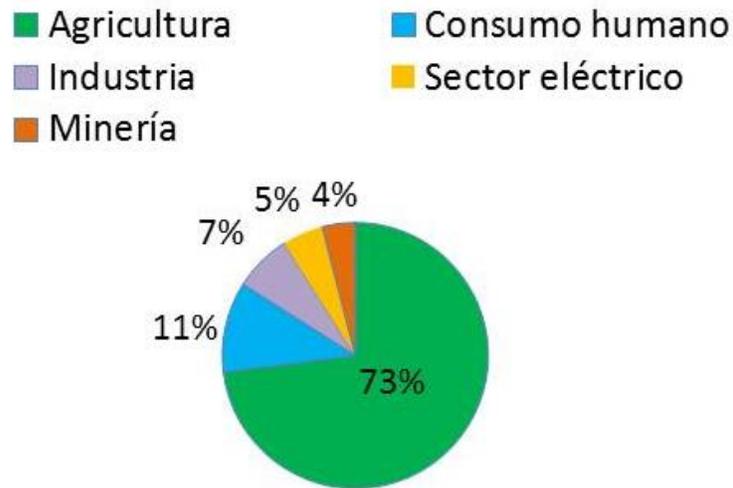


Figura 1. Uso de Agua en Chile

Se puede apreciar que el principal usuario es la **Agricultura**.

Actualmente existen bajo riego 1.200.000 de háts, de las cuales sólo 300.000 están bajo riego tecnificado (goteo, microaspersión y aspersión) con eficiencia de uso cercana al 90%, la superficie restante se riega por sistemas superficiales de baja eficiencia del orden del 30%.

En el país hay 330.000 productores agrícolas, de los cuales el 75% corresponde a la pequeña agricultura.

La pequeña agricultura, presenta los siguientes problemas que le dificultan cambiar sus actuales sistemas de riego tales como:

1. Alto costo de inversión y de operación. El costo de la energía eléctrica en nuestro país es uno de los más caros del mundo.
2. La gran mayoría de los predios están bajo un sistema de suministro de agua por turnos (1 vez/semana), lo cual impide la aplicación de riegos de alta frecuencia,
3. Las aguas de los ríos de la zona central tales como Aconcagua, Cachapoal, Teno , Tinguiririca y Maule donde se concentra alrededor del 70% de las has, sin tecnificación presentan grandes concentraciones de sólidos en suspensión (sedimentos) lo que obliga a sistemas de filtrado automáticos y muy exigentes ,

Frente a esta situación, resulta técnica y económicamente factible mejorar la eficiencia del riego de sus actuales sistemas superficiales mediante la incorporación de tecnologías de bajo costo tales como:

1.- Construcción de pequeños tranques de regulación nocturna mediante el uso de tractores y traíllas.



Figura 2. Tractor con Traílla

También es factible construirlos por medio de una pala buey accionada por un caballo.



Figura 3. Pala Buey

Ambos sistemas permiten remover unos pocos cm del suelo y con ello construir los muros. Al mismo tiempo se logra una óptima compactación de los mismos.

En el anexo 1, se señalan una memoria de cálculo para el diseño y la construcción de los tranques.

Es necesario señalar que si la textura del suelo lo permite, no se requiere de revestimiento con polietileno.

La implementación de tranques reguladores facilita el paso a una segunda etapa la cual permite el uso de riego tecnificado de alta frecuencia, accionadas por energía no convencionales como la solar.

2. Nivelación de los terrenos

Tiene como objetivo mover pequeñas cantidades de tierra por medio de cortes y rellenos, de tal modo de dejar la pendiente del riego lo más uniforme posible.

El movimiento de tierra se realiza sobre la base de un levantamiento topográfico del terreno, el cual ha sido previamente estacado 20x20 m.

Posteriormente mediante un programa de optimización, se determinan los cortes y rellenos los cuales son señalados en las estacas del terreno.

Una vez marcados los cortes y rellenos marcados en las estacas, se procede a mover el terreno mediante el uso de tractores y traíllas tal como se señala en la figura 4.



Figura 4. Nivelación de Terreno

El movimiento de tierra promedio oscila entre los 350 – 400 m³/há., donde el costo del m³ es de 0.03 UF.

En la figura 5, se presenta un plano con los respectivos cortes y rellenos.

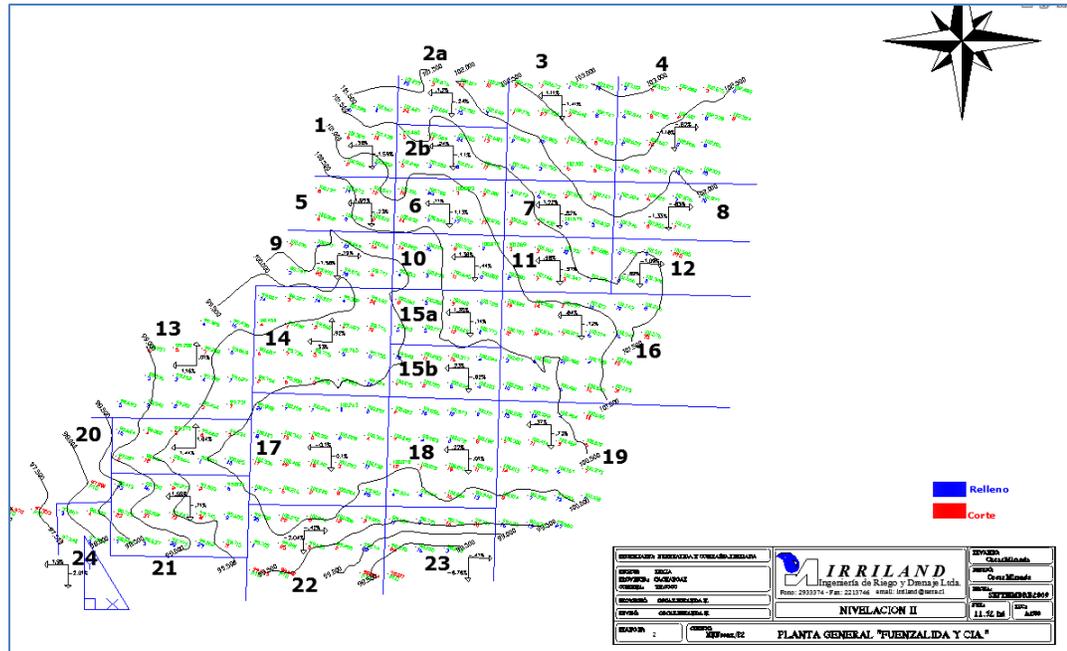


Figura 5. Plano de Cortes y Rellenos

3.- Uso de sistemas de conducción y distribución del agua

Mangas plásticas, Sistema Californiano o Acequias Niveladas.

En el anexo 2, se presenta un esquema de cada uno de estos sistemas, los cuales permiten regular el caudal aplicado a las unidades de riego.

4.- Determinación de la Frecuencia y Tiempos de Riego

En el anexo 3, se presenta la determinación del momento oportuno de regar a partir de la información del suelo, clima y cultivo.

Si no se cuenta con estos datos, se presenta un método práctico táctil de determinación del contenido de humedad del suelo.

En el mismo anexo 3, también se señala una metodología para estimar los tiempos óptimos de riego superficial.

Sobre la base de lo expuesto anteriormente mediante estas técnicas de riego prácticas y de bajo costo, es totalmente factible aumentar en un 100% la actual eficiencia de riego de las hectáreas no tecnificadas (900.000) liberando grandes volúmenes de agua para el uso doméstico, industrial y minero de nuestro país.

5.- Programas de Capacitación

Con el propósito de asegurar el éxito de la implementación y correcta operación de las prácticas y técnicas anteriormente descritas, es fundamental fomentar una conciencia de uso eficiente del recurso hídrico. Estos programas se deben iniciar a nivel pre escolar y continuar durante toda la educación media, de tal modo de crear una **Cultura del Agua** en nuestra juventud. Esta acción facilitaría posteriormente la labor de INDAP en sus programas de capacitación de técnicas de riego dirigidos a la pequeña agricultura.

ANEXO 1

1.- TRANQUE REGULADOR

Ejemplo:

Parcela 5 has de topografía plana, con derechos de agua equivalentes a 5 l/seg (24h) con turno de riego 1 vez/semana.

i) Cálculo volumen a almacenar

$$\begin{aligned} 5 \text{ l/seg} \times 7 \text{ días} \times 24 \text{ hrs} &= 5 \times 7 \times 24 \times 3.600 \\ &= 3.024 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Si se considera que regará durante 10 hr (luz) y almacena las 14 hr restantes

$$\text{Vol} = 3024 \times 10/14 = 2.160 \text{ m}^3$$

ii) Dimensiones del tranque

$$\sqrt{2160} = 46.4 \text{ m} = 50 \times 40 \text{ m}$$

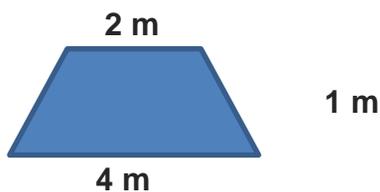
iii) Características del muro si talud 1:1

$$\text{Cota máxima agua} = 10.5$$

$$\text{Cota terreno} = 9.5 \text{ por lo tanto, altura muro} = 10.5 - 9.5 = 1 \text{ m}$$

$$\text{Coronamiento} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Área muro} = \frac{2+4}{2} \times 1 = 3 \text{ m}^2$$



iv) Movimiento de tierra

$$\begin{aligned}\text{Área x Perímetro} &= 3 \text{ m}^2 \times 180 \text{ m} \\ &= 540 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Se debe considerar un factor de compactación de un 30%

$$540 \text{ m}^3 \times 1.3 = 700 \text{ m}^3$$

v) Profundidad a excavar

$$h = \frac{\text{Volumen}}{\text{Área}} = \frac{700 \text{ m}^3}{2000 \text{ m}^2} = 0.35 \text{ m}$$

De acuerdo a lo anterior, se cortarán 35 cm de suelo con la trailla, donde la tierra compactada se depositará por capas formando el muro del tranque.

vi) Si la cota de agua máxima del canal alimentador es 0.6 m

El nuevo volumen del tranque es:

$$\text{Vol} = (0.6 + 0.35) * 21.60$$

$$\text{Vol} = 2.000 \text{ m}^3$$

ANEXO 2

SISTEMAS DE RIEGO

Riego Californiano Fijo

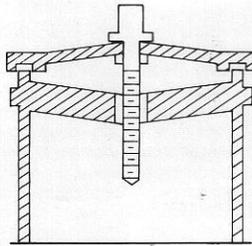
Otro elemento utilizado para la sectorización del riego californiano, son las válvulas Alfalfa, cuya instalación se realiza en cámaras de albañilería.

Para su montaje se utiliza un codo de doble unión con anillo de goma. Este sistema se utiliza también en la cámara terminal que sella cada circuito.

Es importante señalar que estas mismas cámaras, pueden servir como cámaras de registro en el caso de que sea necesario desarrollar labores de limpieza de la red.

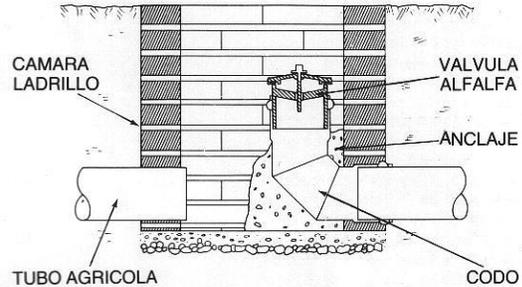
VALVULA ALFALFA

CODIGO	DIAMETRO (D) (mm)
590901200-9	200
590901250-5	250



CODO VALVULA ALFALFA

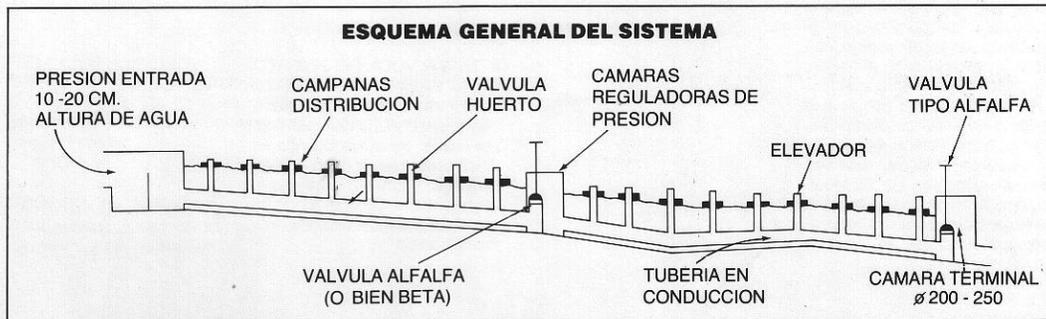
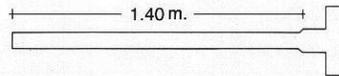
CODIGO	DIAMETRO (D) (mm)
576019200-9	200
576019250-5	250



Se ofrece además en forma separada la llave necesaria para accionar las válvulas Alfalfa.

LLAVE VALVULA ALFALFA \varnothing 200 - 250

CODIGO	DIAMETRO (D) (mm)
590573200-1	200 - 250



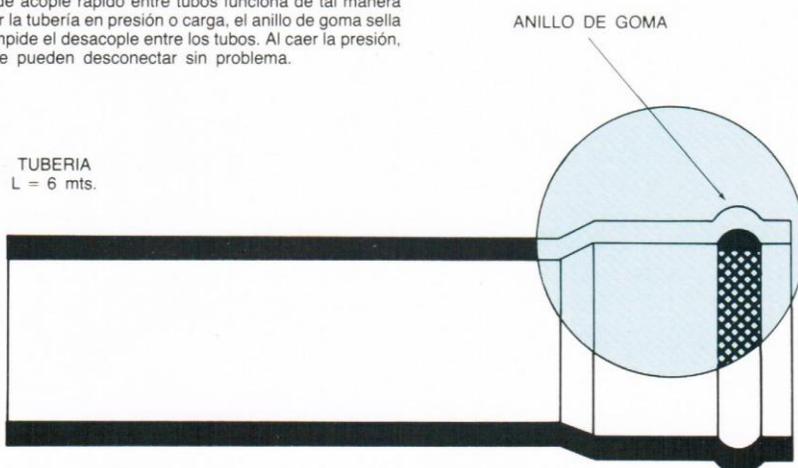
Riego Californiano Portátil

vinilito

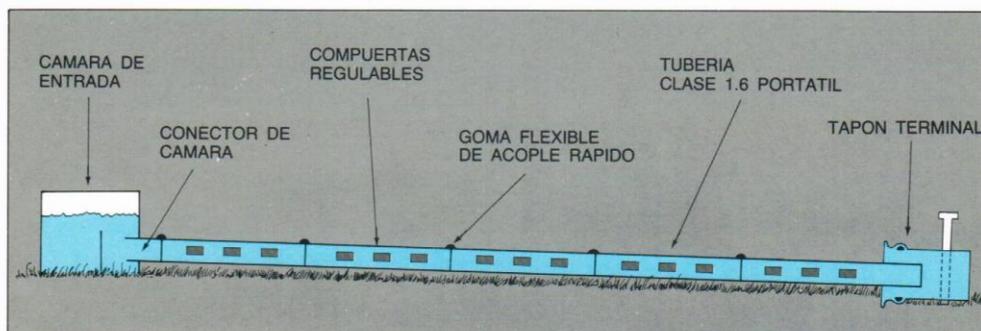
**RIEGO CALIFORNIANO PORTATIL
ACCESORIOS**

SISTEMA ACOPLE RAPIDO

El sistema de acople rápido entre tubos funciona de tal manera que al entrar la tubería en presión o carga, el anillo de goma sella la unión e impide el desacople entre los tubos. Al caer la presión, los tubos se pueden desconectar sin problema.



ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA



Mangas Plásticas

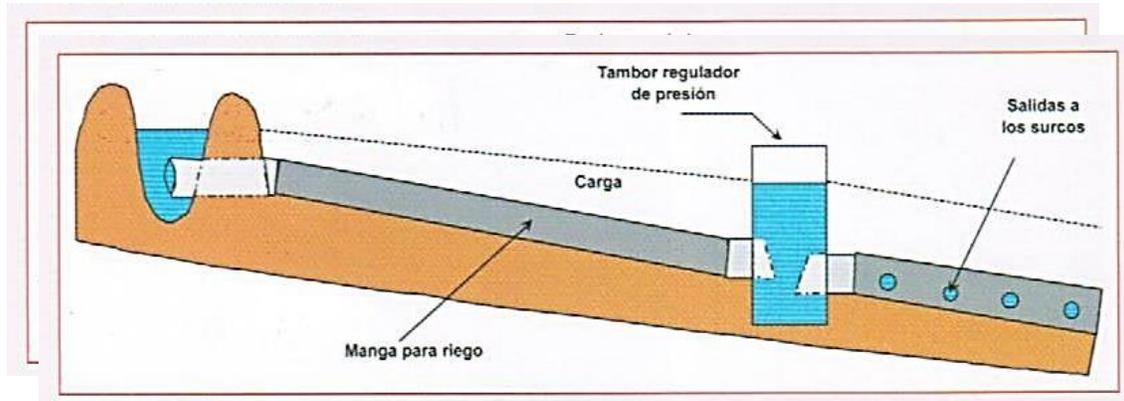


Figura 6. Mangas de Riego

ANEXO 3

DETERMINACIÓN DE FRECUENCIAS Y TIEMPOS DE RIEGO

1.- Frecuencia de riego

Para determinar la frecuencia de riego se debe considerar la humedad aprovechable de los suelos (estanque) la cual se calcula a partir de la capacidad de campo (CC) punto de marchitez permanente (PMP) y la densidad aparente del suelo.

En la tabla1, se presentan las características hídricas para diferentes tipos de suelo.

Textura	da	CC	PMP	HA
	g/cm ³	%	%	%
Arenoso	1.7	9	4	8.3
Franco-arenoso	1.5	14.0	6	12
Franco	1.3	19.5	10	12.4
Franco-arcilloso	1.3	27.0	13	17.5
Arcilloso-arenoso	1.3	31.0	15	20.8
Arcilloso	1.3	35.0	17	23.4

Tabla 1. Características Hídricas

Para determinar la cantidad neta de agua a aplicar (h) el % de Ha, se debe multiplicar por la profundidad de las diferentes estratas texturales

$$h, \text{ cm/m} = \text{Ha \%} \times \text{profundidad estrata, cm/m}$$

Ejemplo:

Suelo	0-30	Franco
	30-60	Franco arenoso
	60-100	Arenoso

$$h_1 = 11.8 \times 0.3 = 3.5 \text{ cm}$$

$$h_2 = 12 \times 0.3 = 3.6 \text{ cm}$$

$$h_3 = 8.3 \times 0.4 = 3.32 \text{ cm}$$

$$H_t = 13.7 \text{ cm/m}$$

El resultado nos indica que para mojar 1 m de suelo de estas características se debe aplicar una altura de agua neta de 13.7 cm.

El mejor índice de riego superficial es realizarlo cuando se haya consumido el 50% del total de la humedad aprovechable, es decir en nuestro caso 6.8 cm.

El consumo de agua (evapotranspiración, ET) por un cultivo se puede estimar a partir de la evaporación potencial máxima de la zona y el factor 0.75

$$\mathbf{ET = E_{vp} \times 0.75}$$

Los datos de evaporación están disponibles en la Comisión Nacional de Riego (CNR) para todo el país.

Así por ejemplo, si la E_{vp} de nuestro ejemplo es de 8 mm/día:

$$ET = 8 \times 0.75 = 6 \text{ mm/día}$$

Por consiguiente la frecuencia de riego de nuestro ejemplo será:

$$días = \frac{h_{50\%}}{ET_{prom}}$$

Donde: $h_{50\%}$ = Lámina de riego 50 % humedad aprovechable, cm

ET prom = Evapotranspiración promedio del periodo, cm/día

$$días = \frac{6.8cm}{0.6 cm/día} = 11días$$

Lo cual se traduce que este cultivo o frutal debería recibir 3 riegos en el mes del periodo considerado.

En caso de no contar con la información de la Evapotranspiración, ni tampoco con la humedad aprovechable (h) se puede aproximar el momento de regar con un método práctico.

Método Táctil

Textura

Acción

Arenoso:

Coger una cantidad de suelo, apretarla con la mano y luego abrir la mano, si se desarma el terrón se debe regar.

Franco Arenoso:

Tirar el terrón hacia arriba y luego pelotearlo, si se desarma, se debe regar.

Arcilloso:

Intentar hacer un lulo de 5-8 cm de largo, si se corta, se debe regar.

2.- Tiempo de riego

La velocidad de infiltración del agua en el suelo se representa de la siguiente manera:

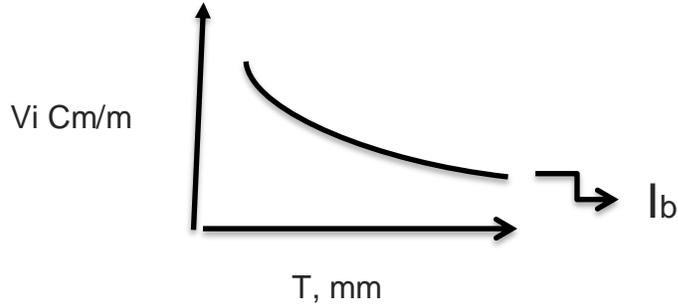


Figura 7. Velocidad de infiltración

Se puede observar en el gráfico que la V_i va descendiendo a medida que transcurre el tiempo hasta un momento que se torna constante, lo que se denomina infiltración básica (I_b).

En la tabla 2, se presentan valores de V_i para diferentes texturas de los suelos.

Textura	V_i , cm/h
Muy arenoso	0.2 – 0.25
Arenoso	0.15 – 0.2
Franco arenoso	0.10 – 0.15
Franco arcilloso	0.08 – 0.10
Arcilloso	< 0.08

Tabla 2. Velocidad de Infiltración

Sobre la base de estos datos, el tiempo de riego se determina como:

$$Tr = \frac{h50\%}{Ib}$$

Donde: Tr = tiempo de riego en h
h50 = lámina de riego 50% humedad aprovechable, cm
Ib = infiltración básica en cm/h

Por consiguiente, si en un riego se necesitan aplicar 4 cm y el suelo es arenoso, el tiempo de riego es:

$$Tr = \frac{4cm}{0.2 cm/h} = 8h$$

Los valores de Ib se estiman por medio de pruebas de infiltración mediante el uso de cilindros infiltrometros o bien por el método del surco infiltrometro.

Un método práctico de estimar el tiempo de riego, consiste en dejar escurrir el agua en los surcos en tiempos crecientes, una vez que el agua llegue al final de los surcos.

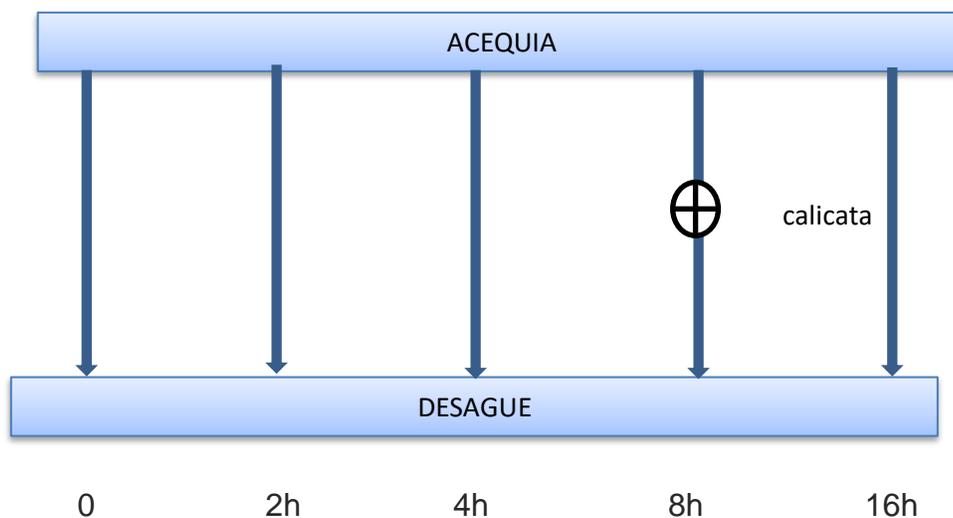


Figura 8. Determinación práctica del tiempo de riego

Se esperan 48 h y luego se procede a chequear la profundidad de mojado, mediante una calicata en la mitad del recorrido de los surcos y se observa la profundidad de mojado del agua. Se adoptará como tiempo de riego aquel que moje bien la zona de raíces del cultivo.

Para la realización de esta prueba, se debe hacer cuando el suelo indique el momento oportuno de regar. La cantidad de agua a aplicar a los surcos está dada por:

$$q_{max} = \frac{0.65}{\%pendiente}$$

Así por ejemplo, si la pendiente del tiempo de riego es de un 0.6%, la máxima cantidad de agua a aplicar al surco es de 1 l/s y una vez que el agua este por alcanzar el desagüe, el agua se debe reducir a 1/3 y así completar la prueba de infiltración.

La manera práctica de realizar esta reducción de caudal es mediante la utilización del riego californiano, acequia nivelada o uso de mangas plásticas.