

## Capítulo 6

# Sistemas de captación y acumulación de agua recomendadas para áreas de secano

**Hamil Uribe Cifuentes** Dr. Ingeniero Civil Agrícola, INIA

**Jorge Carrasco Jiménez** Dr. Ingeniero Agrónomo, INIA

### [ 6.1 ] Introducción

El área de secano de nuestro país, corresponde a un territorio que está bajo la influencia del clima mediterráneo, y que en general presenta un alto grado de degradación del suelo, por erosión de origen antrópico. Además de presentar problemas de erosión, el territorio del secano, desde el punto de vista de los recursos hídricos, presenta un problema de estacionalidad, donde la oferta de agua se produce en el invierno, momento que no corresponde con la principal demanda de la actividad agrícola, que ocurre durante el período primavera-verano, por lo cual hay que buscar formas que permita la acumulación del agua, para su uso en el período estival.

De acuerdo a las precipitaciones caídas, durante los últimos 40 años en el área de secano, se ha observado que las lluvias se han hecho cada vez más escasas en el período primavera-verano. Si a esto, se le agrega que la mayoría de los suelos, por sus características morfológicas y por su alto nivel de degradación, no permiten la retención de agua, para que esté disponible para inicios del verano, toma fuerza la idea de acumular las aguas lluvias, como la superficial, o extraer aguas subterráneas mediante diversas formas de captación.

### [ 6.2 ] Clasificación de los recursos hídricos

Los recursos hídricos pueden ser superficiales o subterráneos (Reckmann y Maldonado, 2000, Uribe, 2004, Uribe, 2016). Estos últimos se pueden separar en sistemas sub-superficiales y profundos.

Los recursos superficiales incluyen los ríos, esteros, lagunas, lagos, vertientes, etc. Los recursos hídricos subterráneos corresponden a pozos de cualquier tipo que captan agua a distintas profundidades. Las aguas sub-superficiales pueden ser captadas mediante pozos noria, zanjas de infiltración, punteras. Además cuando se trata de acuíferos localizados a mayor profundidad se requiere construir pozos utilizando máquinas perforadoras apropiadas.

### [ 6.3 ] Captaciones de agua

Las captaciones de agua, son las obras construidas para extraer este vital elemento, desde las fuentes existentes, ya sean superficiales o subterráneas. Estas últimas, pueden ser intermedias o profundas.

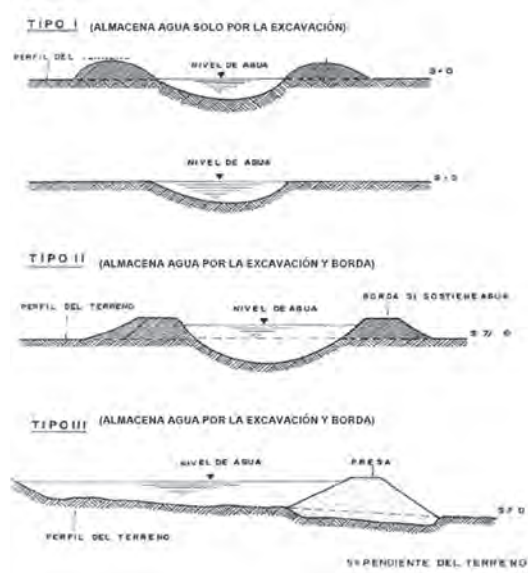
### [ 6.3.1 ] Aguadas Superficiales

La Figura 6.1 presenta los tipos de captaciones superficiales, I y II. En ellas, el agua se acumula principalmente dentro de la excavación que se construya en el terreno. Sin embargo, existen otros tipos de captaciones como del tipo III, que tiene ventajas respecto del costo por volumen de agua acumulado (\$/m<sup>3</sup>), pero tiene la desventaja de requerir de condiciones topográficas particulares del terreno, que no siempre se cumplen (Uribe et al., 2004, Uribe, 2016).

En la tabla de costos del SIRSD-S, año 2019, las captaciones superficiales, denominadas como aguadas superficiales, se definió como “una excavación cuyo objetivo es coleccionar y almacenar agua lluvia o de fuentes superficiales, para disponer de bebida para animales, especialmente en potreros con deficiencia hídrica, permitiendo el uso equilibrado del recurso forrajero disponible en los distintos potreros del predio. El volumen unitario corresponde a 180 m<sup>3</sup>, con una o más entradas, de bordes inclinados, para asegurar la estabilidad de las paredes, o en forma de plato”. Para su protección, se recomienda usar cercos y bebederos asociados, como una forma de aumentar su vida útil.

Es importante, considerar la permeabilidad del suelo del lugar de emplazamiento de la excavación, puesto que el agua podría infiltrar rápidamente y, no sería útil para el objetivo que se busca. Se plantea la necesidad de su impermeabilización cuando las condiciones lo ameriten.

Las captaciones tipo III, son pequeños tranques que cuentan con un muro que debe ser localizado en un angostamiento, generalmente algún estero o cauce natural. La selección del lugar es un aspecto fundamental, ya que se busca tener un mínimo movimiento de tierra y una máxima capacidad de almacenamiento. La relación volumen embalsado a volumen de muro debe ser en lo posible mayor a 30 (Uribe, 2016).



**Figura 6.1.** Tipos de captaciones superficiales (Fuente: MAGA, PLAMAR (2005)).

Para el diseño y construcción de un tranque, primero que todo, se debe considerar la capacidad potencial de almacenamiento de agua, que será utilizada en la temporada de verano. Luego se debe evaluar el material con el que se construirá el muro, considerando los parámetros de resistencia y compactación óptimos que requiere, para prevenir problemas estructurales y de filtraciones. Por último, se debe realizar el cálculo y selección de obras de toma, desagüe y vertedero, adecuados para el buen funcionamiento de la obra. No se debe olvidar el estudio hidrológico, que asegurará que las lluvias del lugar permitan el llenado del tranque, de acuerdo al tamaño de la cuenca aportante (Okuda, 2004, Uribe, 2012, Uribe, 2016).

**La Figura 6.2 muestra la sección de un muro típico. N1 y N2 deben ser mayores a 3 y 2, respectivamente para asegurar una estabilidad de los taludes.**

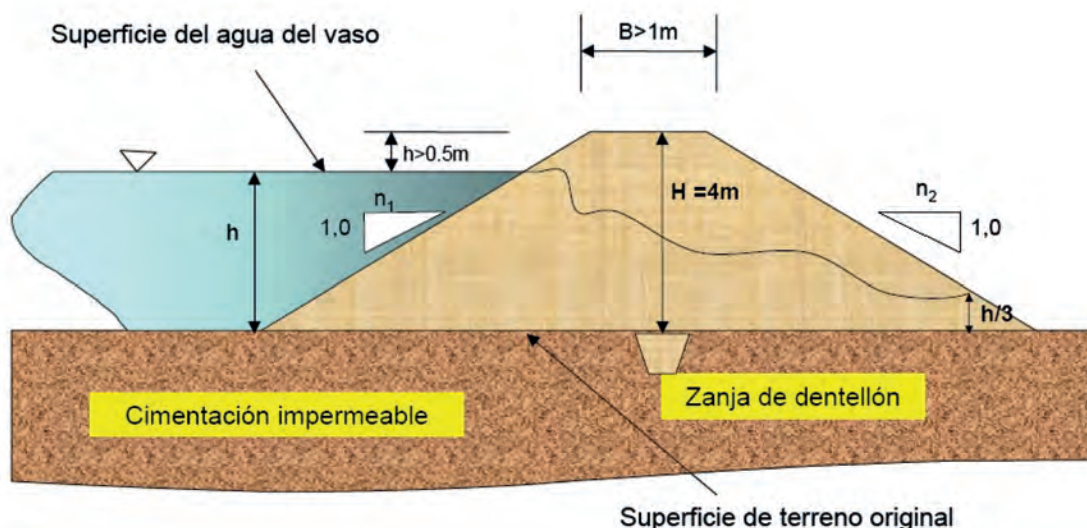


Figura 6.2. Sección de un muro típico.

### [ 6.3.1.1 ] Disponibilidad de agua de las aguadas superficiales

La disponibilidad de agua de las captaciones superficiales, tiene relación con su capacidad de acumulación y con las pérdidas de agua, por filtraciones y evaporación.

Para la cubicación del volumen acumulado, se puede asumir una forma geométrica representativa de la captación, y de acuerdo a ello calcular el volumen. La Figura 6.3 muestra una captación superficial tipo I y la forma en que se cubicó su capacidad, asumiendo que tiene forma elíptica en la superficie y fondo (Uribe et al., 2004, Uribe, 2012).

En el caso de los pequeños embalses, la cubicación se debe hacer basada en la topografía del área inundada (Figura 6.4). El cálculo es simple, y consiste en determinar el volumen entre cada curva de nivel y luego sumarlas, para obtener el total. Bajo la curva de nivel en rojo, se puede asumir que corresponde al volumen muerto no útil.

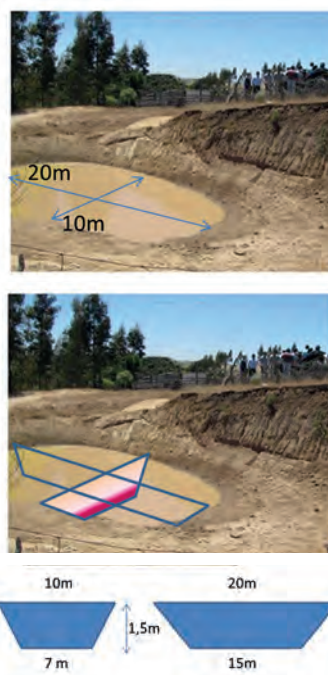
$$AT = (A1+A2) \times 0,5 \times Eq + (A2+A^2) \times 0,5 Eq$$

Donde:

**A:** Media aritmética de la serie de datos considerados.

**A, A2 y A3:** Son las aéreas en verde, azul y rojo.

**Eq:** Es la equidistancia o distancia entre las curvas de nivel.



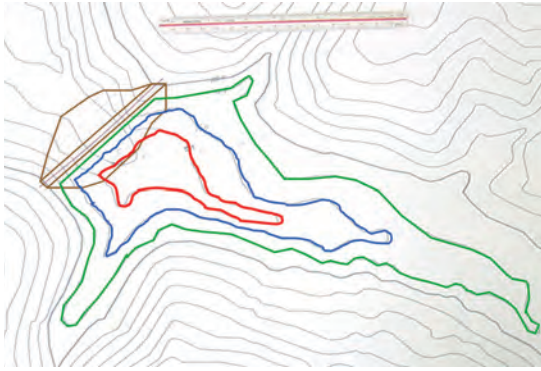
Asumir una elipse

$$A = \pi \times A \times B$$

$$A1 = 3,14 \times 10 \times 5 = 157 \text{m}^2$$

$$A2 = 3,14 \times 7,5 \times 3,5 = 82,4 \text{m}^2$$

Figura 6.3. Cubicación de la capacidad de almacenamiento de una captación superficial tipo I.



**Figura 6.4.** Topografía del área inundada de un pequeño embalse.

Tanto para las captaciones tipo I y II, como para los pequeños embalses, existen pérdidas por evaporación y por filtraciones, que deben ser descontadas del volumen total calculado. Mediciones realizadas por el INIA, en pequeños embalses, indican que se pierde una lámina de agua relativamente constante durante la temporada primavera-verano (Reckmann y Maldonado, 2000, Okuda et al., 2004, Uribe et al., 2004, Uribe, 2016). En verano, cuando se presentan niveles de agua bajos, predomina la evaporación desde la superficie del espejo de agua, mientras que en primavera, con temperaturas menos extremas, pero niveles de agua altos en el tranque, predominan las filtraciones. En promedio, se observó que las pérdidas llegaron a 7 y 10 mm por día, durante la temporada. Si se cuantifica el volumen de agua perdido, en primavera es más alta, puesto que el área de la superficie inundada es mayor. En resumen, se puede esperar que más de 1 metro de agua se pierda por las causas antes señaladas, lo que podría llegar a alcanzar al 50% del volumen total (Uribe, 2001, Okuda et al., 2004, Uribe, 2016).

### [ 6.3.2 ] Captaciones Sub superficiales intermedias

También conocidas como aguadas intermedias, se definen como la excavación de una noria de un volumen mínimo de 20 m<sup>3</sup>, con bordes rectos, revestido con madera u otro material, extrayendo agua con algún sistema (motobomba, molino, etc.). Además, se debe asociar un sistema de distribución de agua.

Según la definición anterior, podría tratarse de una noria propiamente tal, o incluso pozos zanjas. Sin embargo, existen otras alternativas de fuentes de agua, que podrían ser incluidas en la clasificación de aguadas intermedias, tales como las punteras y pozo de pequeño diámetro, de menos de 20 metros de profundidad (Uribe, 2001, Okuda et al., 2004, Uribe, 2016).

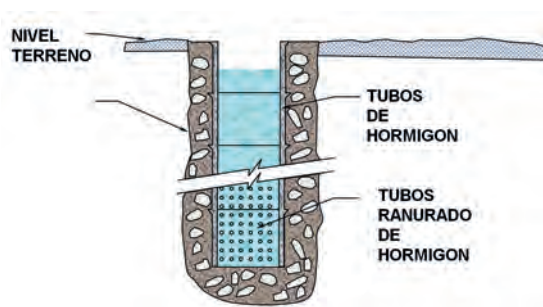
#### [ 6.3.2.1 ] Pozos Noria

Los pozos noria (**Figura 6.5**) son captaciones verticales, cuya relación diámetro/profundidad es alta. Generalmente su diámetro es de 50 cm hacia arriba, hasta 2 o 3 m y su profundidad 3 o más metros, dependiendo de la profundidad del espejo de agua. Normalmente su profundidad es de 1 o 2 metros bajo el nivel freático (Okuda et al., 2004). Son una alternativa muy utilizada en las zonas de secano, además de otras áreas, puesto que se pueden construir a bajo costo, incluso a mano, y tienen la capacidad de almacenar agua en su interior, lo que no ocurre con los pozos de diámetro pequeño (Uribe et al., 2004, Uribe, 2016). Esto podría evitar la necesidad de tener estanques elevados que constituyen un costo adicional. La Figura 6.6 muestra las principales características de un pozo noria típico, el cual va entubado. Los pozos noria frecuentemente son revestidos. Puede ser con ladrillos, madera, con tubos de hormigón (**Figura 6.7**) (Uribe et al., 2004b, Uribe, 2016).



**Figura 6.5.** Pozo noria. Alternativa muy usada en zonas de secano para la extracción de agua.

Un aspecto importante, que determina la capacidad de los pozos noria, es la conductividad hidráulica ( $K_s$ ) del terreno circundante, que es un parámetro dependiente del tipo de material del acuífero. Esta característica del terreno no se puede cambiar, pero si la forma del pozo. Cuando se construyen se debe tener en cuenta que, mientras más profunda sea la lámina de agua desde el nivel freático (nivel estático) hasta el fondo del pozo, mayor será el caudal posible de extraer (Uribe, 2001, Uribe et al., 2004b). Para lograr una buena perforación se debe contar con bombas adecuadas, que en lo posible deben ser sumergibles y eléctricas, de tipo loderas. Estas bombas, permiten excavar manualmente a profundidades mayores, porque extraen el barro mientras el perforista trabaja en el interior del pozo, sin riesgo de aspirar gases tóxicos como ocurre con bombas a combustión y sin dañar las bombas, si están diseñadas para aguas limpias. Si el terreno es inestable, puede llegar a derrumbarse sobre el perforista. En este caso, lo más conveniente es entubar en 1 m de diámetro y excavar por el interior de los tubos, de forma que vayan bajando por su propio peso (Reckmann y Maldonado, 2000, Uribe et al., 2004).



**Figura 6.6.** Esquema del corte de un pozo noria típico.

Los caudales posibles, al ser extraídos, son variables dependiendo del tipo de acuífero en que se encuentren. En las áreas de secano, generalmente se trata de caudales menores a 0,5 l/s, mientras en el valle central regado, podrían alcanzar algunos litros por segundo (Okuda et al., 2004, Uribe et al., 2004b).



**Figura 6.7.** Pozo noria revestido con tubos de hormigón.

### [ 6.3.2.2 ] Pozos Zanja (Dren)

Los pozos zanja corresponden a excavaciones de mayor tamaño que los pozos noria, generalmente realizadas con maquinaria pesada. Al igual que en los pozos noria, la conductividad hidráulica ( $K_s$ ) del acuífero determina su capacidad de entregar agua. En este caso la gran área de las paredes determina la capacidad del pozo, por lo tanto, también es importante la profundidad de excavación, bajo el nivel estático (Uribe, 2016).

Los caudales posibles a ser extraídos son variables, dependiendo del tipo de acuífero en el que se encuentren. En las áreas de secano, generalmente se trata de caudales menores a 1 l/s, mientras en otras áreas con acuíferos mayores podrían ser hasta 15 l/s o mayores (Uribe et al., 2004, Okuda et al., 2004, Uribe, 2016).

**Una característica importante de este tipo de captación, es su gran volumen de acumulación, que permite mayor flexibilidad en el uso del agua.**

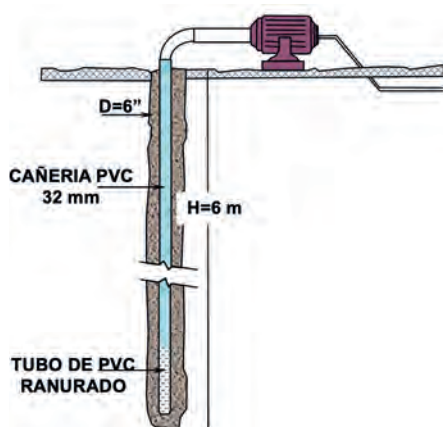


**Figura 6.8.** Pozo zanja a máxima capacidad.

### [ 6.3.2.3 ] Punteras

Las punteras (**Figura 6.9**) constituyen una fuente de agua común, en zonas con suelos permeables. Estos pozos, se perforan mediante un fuerte chorro de agua, que baja por una cañería que termina en un barreno. El agua circula hacia arriba, y arrastra el material que ha sido molido por el roce con el barreno, el cual al ser presionado hacia abajo y girado, va profundizando la perforación. Se usa para diámetros de 40 a 75 mm y para profundidades normalmente entre 3 y 8 m. Se pueden usar en forma individual, o en baterías de punteras y en red que son succionadas por una sola bomba (Reckmann y Maldonado, 2000, Uribe).

Las punteras permiten captar aguas sub-superficiales, y se aplican normalmente para caudales bajos a medios, del orden de 5 l/s como máximo cuando se trata de baterías de punteras.



**Figura 6.9.** Esquema de una puntera para captación de aguas subterráneas (Uribe, 2016).

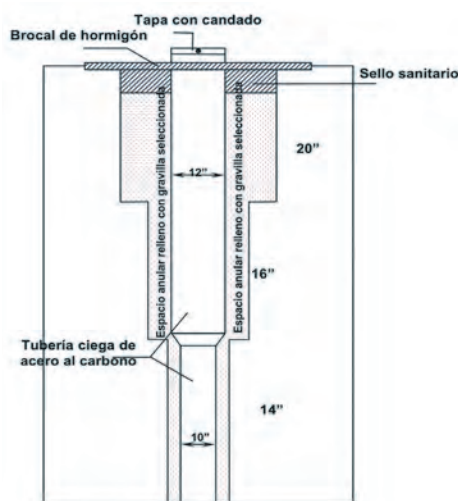
### [ 6.3.2.4 ] Disponibilidad de agua en aguadas intermedias

La disponibilidad de agua de este tipo de fuentes de agua, se determina mediante pruebas de bombeo y/o de recuperación. Para ello, existen diversos métodos: una prueba directa es la de caudal constante, que como su nombre lo indica, consiste en bombear el agua con un caudal

constante e independiente hasta que el nivel se estabilice por 180 minutos (CIREN, 1986). Esta prueba puede ser útil en caso de punteras, pero es poco práctica en pozos noria o zanjas, debido a que se requiere mucho tiempo antes de lograr la estabilización del caudal, por la gran cantidad de agua acumulada en los pozos. Por ello se aplican otros métodos, como el de Porchet o de Rupp (Rupp et al., 2004).

### [ 6.3.3 ] Captaciones Profundas

Las captaciones profundas (o aguadas profundas), se diferencian en dos rangos de acuerdo a su profundidad: entre 20 m y 40 m, y más de 40 m. Deben ser de diámetro mínimo de 110 mm (equivalente a 4 pulgadas). Aunque existen recomendaciones de un mínimo de 75% de longitud entubada, respecto a la profundidad total. Lo recomendable es entubar el pozo completo, que se puede conseguir con tuberías de PVC clase 4, como mínimo. Estos pozos, a diferencia de las norias, tienen una relación diámetro/profundidad baja y, por lo tanto, un comportamiento distinto. El agua se debe usar en el momento de ser extraída, o ser acumuladas en estanques (CIREN, 1986, Reckman y Maldonado, 2000, Okuda et al., 2004b).



**Figura 6.10.** Plano horizontal del esquema de un pozo profundo de gran profundidad.

Pozos profundos de pequeño diámetro (4 a 5 pulgadas), pueden ser perforados con máquinas pequeñas. La Figura 6.10, ilustra un esquema de un pozo profundo, de gran profundidad. En este caso el entubado debe ser en acero. Los diámetros pueden variar entre 6 a 20 pulgadas. Pozos de menor diámetro (4 pulgadas) podrían ser entubados en PVC (CIREN, 1986, Uribe, 2016).

Los pozos profundos, son construidos con maquinarias que permiten perforar los estratos del subsuelo. Existen diversos métodos, tales como percusión y rotación, o una combinación de ambos (Reckmann y Maldonado, 2000).

Los pozos profundos, son evaluados mediante pruebas de caudal variable y constante. Primero se realizan pruebas variando el caudal, para conocer el rendimiento del pozo. Una vez conocido este valor, se procede a realizar una prueba de caudal constante durante 24 horas (CIREN, 1986, Reckmann y Maldonado, 2000).

### [ 6.4 ] Zanjas de Infiltración

Las zanjas de infiltración son surcos en curvas de nivel (**Figura 6.11**), utilizada en zonas de baja precipitación, cuya finalidad es acumular el agua de lluvia, permitiendo que infiltre en el perfil del suelo, proporcionando así humedad a las plantas establecidas en los bordes de ellas, en periodos de lluvias escasas (Carrasco y Riquelme, 2013). También cumplen la función de reducir la erosión hídrica, y bajo ciertas condiciones aportan a la recarga de las aguas subterráneas.

Las zanjas de infiltración, en combinación con plantaciones forestales, no solo permiten la recuperación de terrenos degradados por procesos de erosión y desertificación, sino que han demostrado su alta eficiencia en la captura de humedad, lo que genera un desarrollo más rápido de ellas (Pizarro et al., 2008).

**El diseño de las zanjas de infiltración, considera varios aspectos relevantes:**

- **Intensidad de las precipitaciones**

Se refiere a la cantidad de agua caída, y se expresa en milímetros/hora. Interesa particularmente, la intensidad máxima de precipitaciones.

- **Características del terreno, como textura, velocidad de infiltración y pendiente**

Incluso se requiere información de la profundidad del terreno, porque terrenos poco profundos, que presentan una estrata impermeable, no permitirán una adecuada infiltración del agua, generando problemas de mal drenaje en el terreno.

**Para el trazado de las líneas de ubicación de las zanjas de infiltración, se requiere un nivel topográfico o una estación total, una regla topográfica o un prisma, además de estacas y una lienza, y para la construcción de ellas se necesitan palas, chuzos, y picotas. Sin embargo, en el caso de los pequeños agricultores, se puede utilizar un nivel tipo A para el trazado de las zanjas (Carrasco y Riquelme, 2013).**



**Figura 6.11.** Zanjas de infiltración trazadas para la captación de aguas lluvias y control de la erosión.

### [ 6.4.1 ] Intensidad de precipitación

**Para el diseño hidrológico de las zanjas se debe considerar una intensidad de precipitación** la cual depende de otros parámetros como el periodo de retorno y duración de un evento, lo que puede ser obtenido a partir de una curva de **IDF (intensidad-duración-frecuencia)**.

A modo de ejemplo, la Figura 6.12 presenta las **curvas IDF** para las condiciones del secano de la comuna de Paredones, Región de O'Higgins, resultando que para un **periodo de retorno (T)** de 5 años y una duración de un evento de 1 h, la intensidad máxima de precipitaciones, es de 20 mm/h.

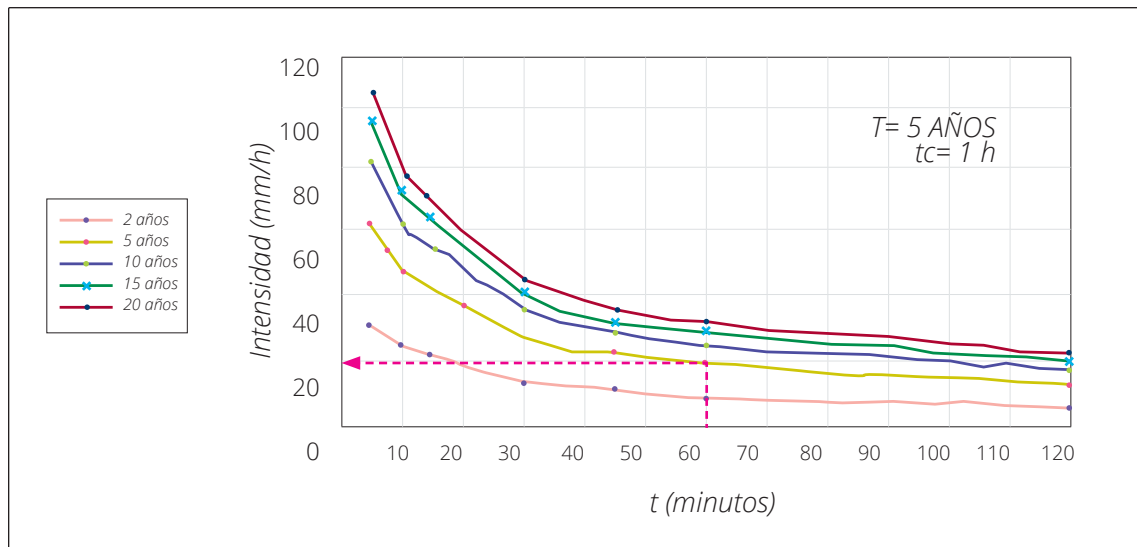


Figura 6.12. Curva de Intensidad-duración-frecuencia (IDF) para la comuna de Paredones.

#### [ 6.4.1.2 ] Velocidad de Infiltración

**La infiltración, es la entrada del agua al suelo a través de la interfase suelo-atmósfera** (Narro, E. 1994), y la mayor facilidad o dificultad de este para permitirla, determinando el proceso de velocidad de infiltración (Figura 6.13). Al inicio, cuando el suelo se encuentra seco, la **velocidad de infiltración (V.I)** es alta, pero a medida que el suelo aumenta su contenido de humedad, ésta se va reduciendo hasta alcanzar un nivel mínimo constante, denominado **velocidad de infiltración básica (V.I.B)**, lo que normalmente ocurre a los 120 minutos.

Es importante señalar que, si ocurre una **lluvia constante P**, inicialmente existe un periodo en el cual la **V.I** es mayor a P, es decir, el suelo es capaz de infiltrar la totalidad de la lluvia. Pasado

cierto tiempo, la **V.I** es menor a **P**, y en este caso el suelo no es capaz de infiltrar toda la lluvia caída, produciéndose una escorrentía superficial. El agua que escurre superficialmente por las laderas, se acumula progresivamente pendiente abajo, provocando erosión del suelo, y llegando finalmente a esteros y ríos. La construcción de zanjas de infiltración en el terreno, permite captar ese escurrimiento superficial del agua, evitando así la erosión y permitiendo que se acumule un volumen importante, durante un tiempo suficiente para infiltrar (Uribe et al., 2004).

Las mediciones de velocidad de infiltración en un terreno, se pueden realizar mediante distintos métodos, siendo el del cilindro doble infiltrómetro el más común.



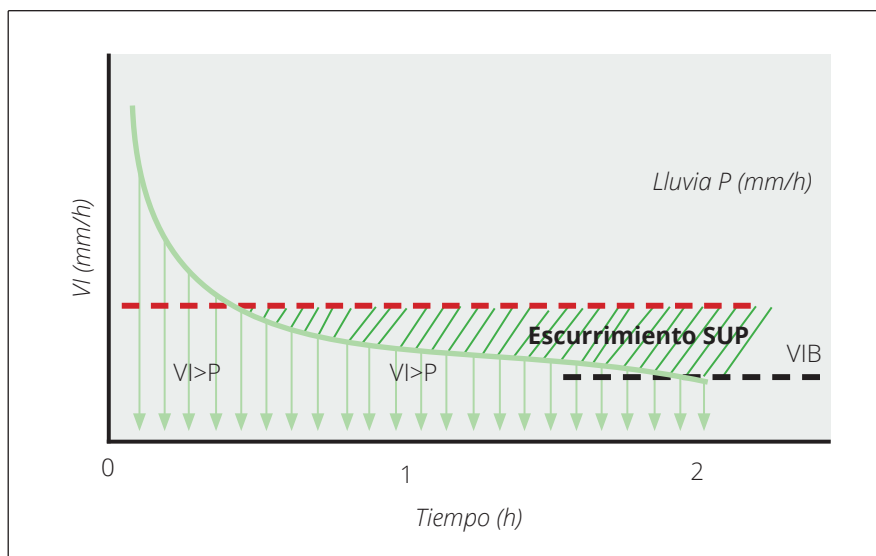


Figura 6.13. Velocidad de infiltración, lluvia y escurrimiento superficial.

Entre los factores que afectan la velocidad de infiltración están: el contenido inicial de humedad del suelo, la textura del suelo, las condiciones de la superficie del suelo, la estratificación del suelo, y la calidad de agua aplicada (Narro, F. 1994).

### [ 6.4.3 ] Dimensionamiento de las zanjas

Las dimensiones de las zanjas pueden variar, pero como recomendación se pueden usar las dimensiones de la Figura 6.14. En primer lugar, se excava la zanja hasta una profundidad de 40 a 50 cm. Luego se ensancha la parte superior para evitar que caigan las paredes (o taludes) de ella (Carrasco y Riquelme, 2013). Se debe considerar que las zanjas no son continuas, sino que van en tramos de 2 a 3 metros de largo.

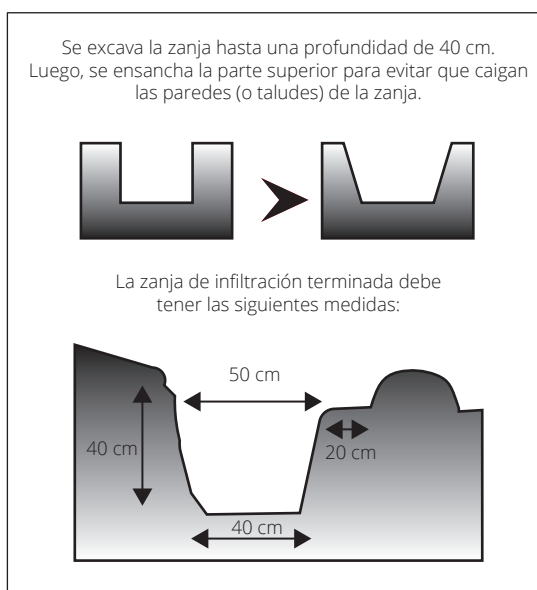


Figura 6.14. Dimensiones de las zanjas de infiltración (Carrasco y Riquelme, 2013).

### [ 6.4.4 ] Velocidad de Infiltración

La Figura 6.15, presenta un diagrama que explica el comportamiento del agua en relación a las zanjas de infiltración. El espaciamiento entre zanjas, debe ser tal que permita que el escurrimiento superficial provocado por la lluvia, que cae sobre el área de influencia, no sobrepase la capacidad de acumulación de ellas (Carrasco y Riquelme, 2013). El espaciamiento depende de la intensidad de la precipitación de diseño, y del coeficiente de escorrentía (Ce), que es la relación entre el agua

que escurre superficialmente y la lluvia caída. Esta influenciado, por la capacidad de infiltración del terreno y la pendiente. Considerando las condiciones de suelo del secano de la Región de O'Higgins se podría usar un valor de Ce igual a 0,9 para una condición de suelo descubierto y pendiente de un 15%.

El cálculo del espaciamiento se basa en un balance hídrico del área de influencia entre las zanjas, como se aprecia en la Figura 6.15.

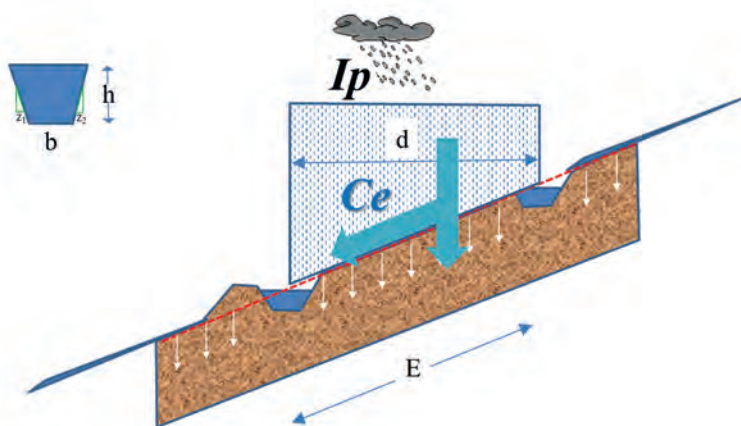


Figura 6.15. Diagrama de zanjas de infiltración.

Se debe cumplir que:

$$V_p < V_{zan} + V_{inf}$$

**Vp:** Aporte lluvia.

**Vzan:** Volumen en zanjas.

**Vinf:** Volumen infiltración en zanja (se puede despreciar).

Considerar el volumen de la zanja como:

$$V_{zan} = b \times h \times v \times L$$

Donde:

**b:** promedio de ancho sobre superficie y fondo (m).

**H:** profundidad de la zanja (m).

**L:** largo de la zanja (m).

$$V_p = V_{zan} + V_{inf} \quad \nearrow 0$$

$$I_p \times S \times C_e = (b \times h \times L) + (b \times v \times L) \quad \nearrow 0$$

$$I_p \times [L \times d] \times C_e = (b \times h \times L) + (b \times v \times L) \quad \nearrow 0$$

Así:

$$d = \frac{b \times h}{I_p \times C_e}$$

Si la pendiente es baja se puede asumir que  $d \approx E$ , corresponde al espaciamiento máximo.

## Referencias bibliográficas

- Carrasco, J., y Riquelme, J. 2013.** Capítulo 2. Técnicas para el control de la erosión. En: Carrasco y otros (ed). Técnicas de conservación de suelos, agua y vegetación. Serie de Actas N° 48. Centro Regional de Investigación Rayentué, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Rengo, Chile. pp 23-47
- CIREN-CORFO. 1986.** Manual de estándares técnicos y económicos de obras menores de riego. Publicación N° 61. Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). Santiago, Chile. 308pp.
- Narro, E. 1994.** Física de suelos, con enfoque agrícola. Editorial Trillas. México D.F. México. 195pp.
- MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT); PLAMAR (Plan de Acción para la Modernización y Fomento de la Agricultura bajo Riego, GT). 2005.** Programa de cosecha de agua de lluvia a través de embalses bajo riego. Guatemala. 24 p.
- Okuda, Y.; Uribe, H. y Lagos, O. 2004.** Pequeñas obras de acumulación. En Uribe, H.; Perez, C.; y Okuda, Y. (eds). Boletín recursos hídricos y manejo del agua para un desarrollo sustentable del secano. Instituto de investigaciones agropecuarias. Boletín INIA N° 123. Versión digital.
- Okuda, Y; Uribe H. y Lagos O. 2004b.** Estudio de disponibilidad de aguas subterráneas a nivel de la cuenca de San José, Ninhue. En Uribe H., Perez C. y Okuda, Y. (Eds). Boletín recursos hídricos y manejo del agua para un desarrollo sustentable del secano. Instituto de investigaciones agropecuarias. Boletín INIA N° 123. Versión digital.
- Pizarro, R., Flores, J. Sanguesa, C., Martínez, E. y León, L. 2008.** Diseño hidrológico de zanjas de infiltración en el secano costero e interior de las regiones semiáridas de Chile. Bosque (Valdivia) Vol. 29. N° 2. Valdivia, Chile. Versión on-line. pp 136-145.
- Reckman, O. y Maldonado, T. 2000.** Pozos profundos. Programa de desarrollo de sistemas de riego en el secano interior y costero. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) y Comisión Nacional de Riego (CNR). Santiago, Chile. 44 pp.
- Rupp, D., H. Uribe, O. Lagos, J. S. Selker. 2004.** Recession flow analysis for selection of basin drainage model and estimation of basin-wide hydraulic parameters. AGU fall meeting. San Francisco.
- Uribe, H.; Lagos, O; Rupp, D y Okuda, Y. 2004.** La escorrentía superficial en cuencas del secano interior. En: Uribe, H.; Pérez C.; Okuda, Y. (eds). Recursos hídricos y manejo del agua para un desarrollo sustentable del secano. Boletín INIA N° 123. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillán, Chile. Versión digital INIA.
- Uribe, H.; Arumi, J.; Salgado, L.; González, L. y Lagos, O. 2004b.** Recarga de las aguas subterráneas en el secano de Ninhue. En Uribe C., H.; Perez C., Claudio; Okuda, Y. (eds). Boletín recursos hídricos y manejo del agua para un desarrollo sustentable del secano. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 123. Chillán, Chile. Versión digital INIA.
- Uribe, H.; Lagos., O.; Rupp, D. Y Okuda, y Pérez, C. 2004c.** Estimación del rendimiento de pozos noria en el secano interior, comuna de Ninhue. En: Uribe, H.; Pérez, Claudio; Okuda, Y. (eds). Boletín recursos hídricos y manejo del agua para un desarrollo sustentable del secano. Centro Regional de Investigación Quilmapu. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 123. Chillán, Chile. Versión digital.
- Uribe, H. 2012. Capítulo 9.** Sistemas de captaciones de agua. En: Carrasco J., Squella F., Riquelme, J., Hirzel, J., y Uribe, H. (eds). Técnicas de conservación de suelos, agua, y vegetación en territorios degradados. Serie de Actas N° 48. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional de Investigación Rayentué, Rengo, Chile. pp.197-203.
- Uribe, H. 2016.** Capítulo 5. Sistemas de acumulación de agua para áreas de secano fomentados por el SIRSD-S. En: Carrasco, J. (ed.). Técnicas de captación, acumulación, y aprovechamiento de aguas lluvias. Centro Regional de Investigación Rayentué, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Rengo, Chile. pp 108-120.