



SOCIEDAD ESTÁNDARES DE INGENIERÍA PARA AGUAS Y SUELOS LTDA.

MÓDULO 3

CURVAS DE INFILTRACIÓN

Autores:

Dr. Ing. Roberto Pizarro T.

Ing. Juan Pablo Flores V.

Ing. Claudia Sangüesa P.

Ing. Enzo Martínez A.

1. INTRODUCCIÓN

La infiltración el agua posee un rol fundamental en los procesos de escorrentía como respuesta a una precipitación dada en una cuenca, dependiendo de su magnitud lluvias de iguales intensidades, pueden producir caudales diferentes. Así también lo es, el estudio de la recarga de acuíferos. La infiltración depende de muchos factores, por lo que su estimación confiable es bastante difícil y es imposible obtener una relación única entre todos los parámetros que la condicionan.

En este sentido, el proceso de infiltración de agua en el suelo ha sido intensamente estudiado debido a su importancia en el manejo del agua en la agricultura, la conservación del recurso suelo y otras actividades silvoagropecuarias

Por otra parte, la velocidad de infiltración determina la cantidad de agua de escurrimiento superficial y con ello el peligro de erosión hídrica. En casi todos los métodos de riego la velocidad de entrada de agua al suelo determina los tiempos de riego y los diseños de los sistemas en cuanto al tamaño de las unidades superficiales y los caudales a utilizar.

Además, el proceso de infiltración es de gran importancia práctica dado que su velocidad determina generalmente la cantidad de agua de escurrimiento, pudiendo detectarse así el peligro de erosión durante inundaciones a lluvias muy intensas.

En este marco, el presente documento tiene como finalidad determinar la velocidad de infiltración del agua en suelo, en términos del diseño hidrológico de las obras de conservación y aprovechamiento de aguas y suelos, en particular, de las zanjas de infiltración.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE INFILTRACIÓN

La infiltración se define como el proceso por el cual el agua penetra por la superficie del suelo y llega hasta sus capas inferiores. (figura N° 1). Muchos factores del suelo afectan el control de la infiltración, así como también gobiernan el movimiento del agua dentro del mismo y su distribución durante y después de la infiltración. (Vélez et al, 2002).

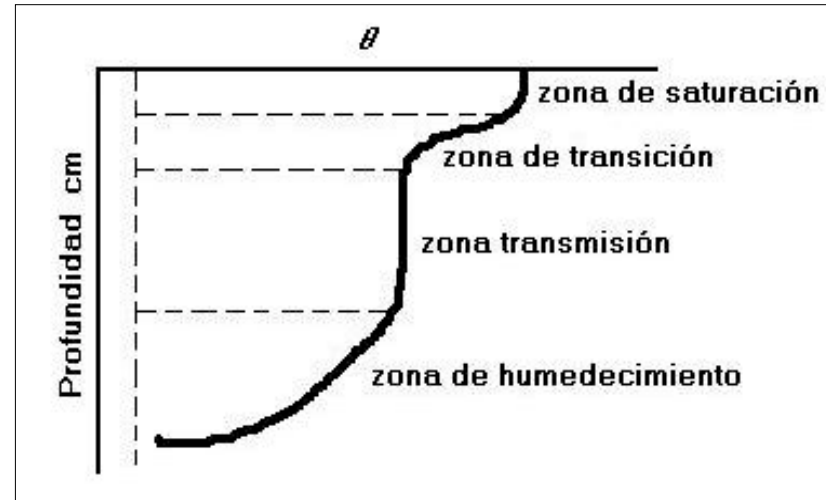


Figura N°1. Perfil de humedad en el proceso de infiltración.

Si se aplica agua a determinada superficie de suelo, a una velocidad que se incrementa en forma uniforme, tarde o temprano se llega a un punto en que la velocidad de aporte comienza a exceder la capacidad del suelo para absorber agua y, el exceso se acumula sobre la superficie, o escurre si las condiciones de pendiente lo permiten.

La capacidad de infiltración conocida también como “*infiltrabilidad del suelo*” es el flujo que el perfil del suelo puede absorber a través de su superficie, cuando es mantenido en contacto con el agua a la presión atmosférica. Mientras la velocidad de aporte de agua a la superficie del suelo sea menor que la infiltrabilidad, el agua se infiltra tan rápidamente como es aportada y la velocidad de aporte determina la velocidad de infiltración (o sea, el proceso es controlado por el flujo). Sin embargo, una vez que la velocidad de aporte excede la infiltrabilidad del suelo es ésta última la que determina la velocidad real de infiltración; de ese modo el proceso es controlado por las características del perfil (Gurovich, 1985).

En este contexto, la infiltración acumulada, es la integración en el tiempo de la velocidad de infiltración, con una dependencia curvilínea del tiempo y una pendiente que decrece gradualmente. La infiltrabilidad del suelo y su variación en el tiempo dependen del contenido de agua inicial y de la succión, así como de la textura, estructura y uniformidad (o secuencia de los estratos) del perfil del suelo.

Kiastiakov, en 1962, fue el primero que propuso el uso de una ecuación empírica, para la velocidad de infiltración expresada normalmente en unidades de longitud por unidad de tiempo (Oficina del Regante, 1985), a saber:

$$I = K \times T^n \quad -1 < n < 0 \quad (1)$$

Donde:

I = Velocidad de infiltración instantánea

T = Tiempo en minutos.

K = Constante que representa la velocidad de infiltración para $t = 1$.

n = Pendiente de la curva de velocidad de infiltración con respecto al tiempo.

La infiltración acumulada, se obtiene integrando (1):

$$D = \int_0^t I \, dT \quad (2)$$

donde, D es la infiltración acumulada o lámina de agua acumulada (L)

Por otra parte, la relación matemática que existe entre la velocidad de infiltración y el tiempo esta representada por una función exponencial inversa. Así también, cada cambio en las características del suelo provocará instantáneamente un comportamiento singular del proceso de infiltración, que obviamente se verá reflejado en una gráfica de estas variables. De esta manera, es posible visualizar una familia de curvas de infiltración para cada tipo de suelo. Ver figura N° 2

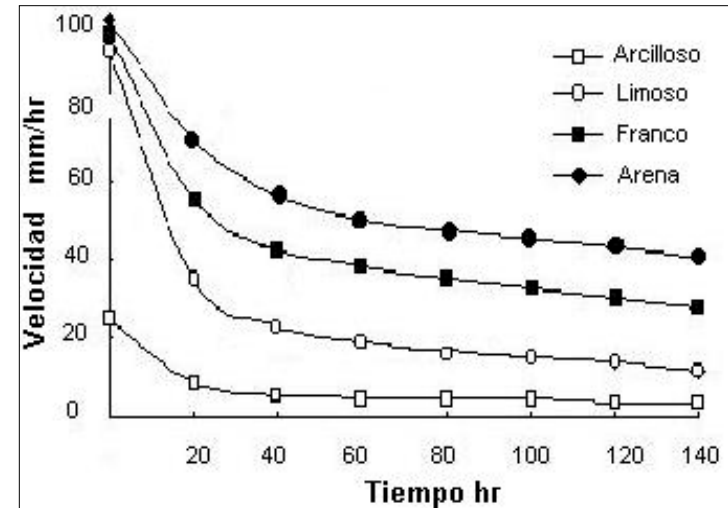


Figura N° 2. Curvas de infiltración, según textura del suelo

3. MEDICIÓN DE LA INFILTRACIÓN

Para medir la velocidad de infiltración, existen varios métodos, entre ellos:

- Cilindros infiltrómetros
- Surcos infiltrómetros
- Método de represa o poceta

Independiente de la utilidad práctica de cada uno de ellos, los infiltrómetros han sido más recurrentemente utilizados, ya que requieren de menos equipos y materiales, y son más fáciles de instalar y operar.

Método del cilindro

Este método se utiliza para determinar la velocidad de infiltración en suelos en los que se establecerán métodos de riego, tales como acequias en contorno, bordes, tazas, aspersión y goteo.

Según Gurovich, los materiales necesarios para la ejecución adecuada de éste, son:



SOCIEDAD ESTÁNDARES DE INGENIERÍA PARA AGUAS Y SUELOS LTDA.

- a. Cilindro metálico de acero, y un diámetro no inferior a 30 cm y de 0,5 cm de grosor.
- b. Martillo (pesado para labores de penetración en el suelo)
- c. Estanque de agua de 10 a 15 litros.
- d. Agua de igual calidad.
- e. Regla milimétrica.
- f. Protector de erosión (plástico, madera en el fondo del cilindro)
- g. Cronómetro o reloj.

El registro de las mediciones, se realiza en base a una tabla con distintas alturas de agua en el cilindro, a intervalos periódicos, de modo de registrar intervalos a los 5, 10, 20 ,30 ,45, 60 90..... (tabla N° 1); de igual forma su representación gráfica puede apreciarse en el gráfico N° 1.

Tabla N° 1. Determinación de la velocidad de infiltración de los suelos

Tiempo (min) (1)	Altura (cm) (2)	Altura (cm) (3)	Diferencial (cm) (4)	Infiltración (mm/hr) (5)
0	18		0	
5	16		2,0	240
10	15,2		0,8	96
20	13,4		1,8	108
30	12,5		0,9	54
45	10,8	18*	1,7	68
60		16,1	1,9	76
90		12,5	3,6	72
Promedio de infiltración				65 mm/h

* Llenado del cilindro (18 cm)

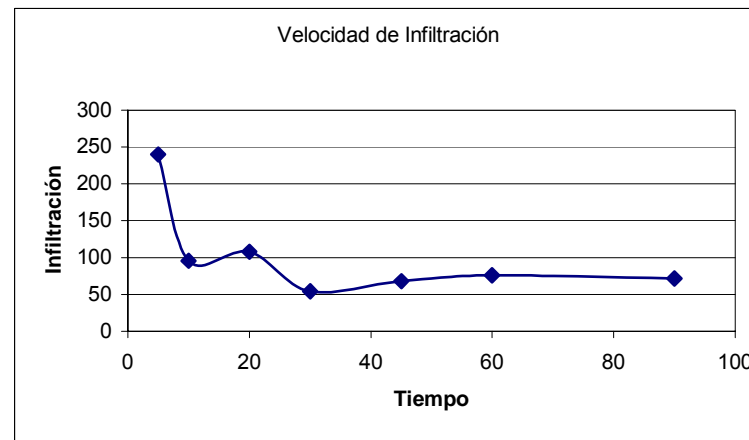


Gráfico N° 1. Curva de Infiltración

Para la determinación de la velocidad de infiltración (5) se empleó el coeficiente I, a saber:

$$I = \frac{Dh \times 600}{t}$$

Donde:

I: Velocidad de infiltración en mm/hr

Dh : Diferencial de altura de agua (cm)

t: Diferencial de tiempo (m)

Así, de la tabla N° 2, se desprende que:

$$I = \frac{\text{Diferencial.H}(\text{columna4}) \times 600}{\text{Tiempo}(\text{columna1})} = I(\text{columna5})$$

En relación con los datos encontrados en cada uno de los ensayos, se optó por el criterio de utilizar el promedio de los tres valores de menor velocidad de infiltración, con el fin de asumir un criterio conservador en



SOCIEDAD ESTÁNDARES DE INGENIERÍA PARA AGUAS Y SUELOS LTDA.

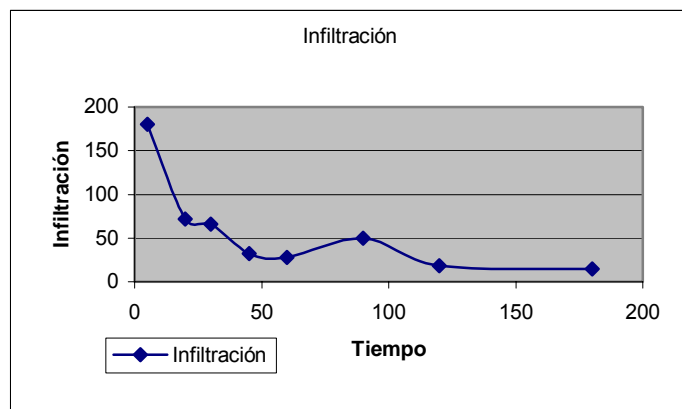
el diseño que asegura un no colapso de las obras. Luego, el valor de infiltración promedio es 65 mm/hr.

A continuación se presentan distintas gráficas y valores para la velocidad de infiltración.

Ensayo: Name, Forestal Celco, VII Región.

Tiempo (min)	Diferencial (cm)	Infiltración (mm/hr)
0		
5	1,5	180
10	4,1	492
20	1,2	72
30	1,1	66
45	0,8	32
60	0,7	28
90	2,5	50
120	0,9	18
180	1,5	15

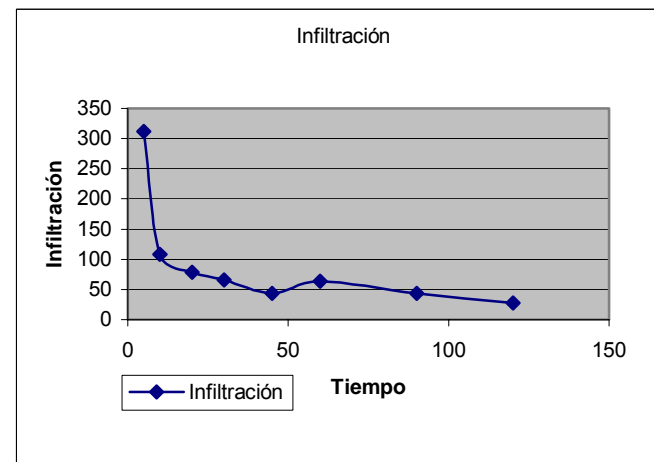
20,3



Ensayo: La Rosa, Predio Particular, VI Región.

Tiempo (min)	Diferencial (cm)	Infiltración (mm/hr)
0	0	
5	2,6	312
10	0,9	108
20	1,3	78
30	1,1	66
45	1,1	44
60	1,6	64
90	2,2	44
120	1,4	28

38,6

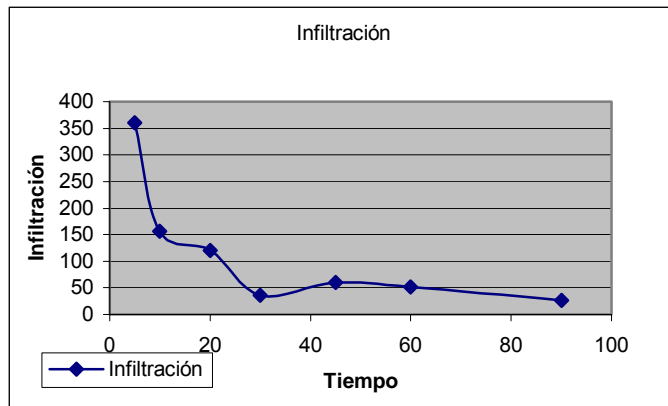




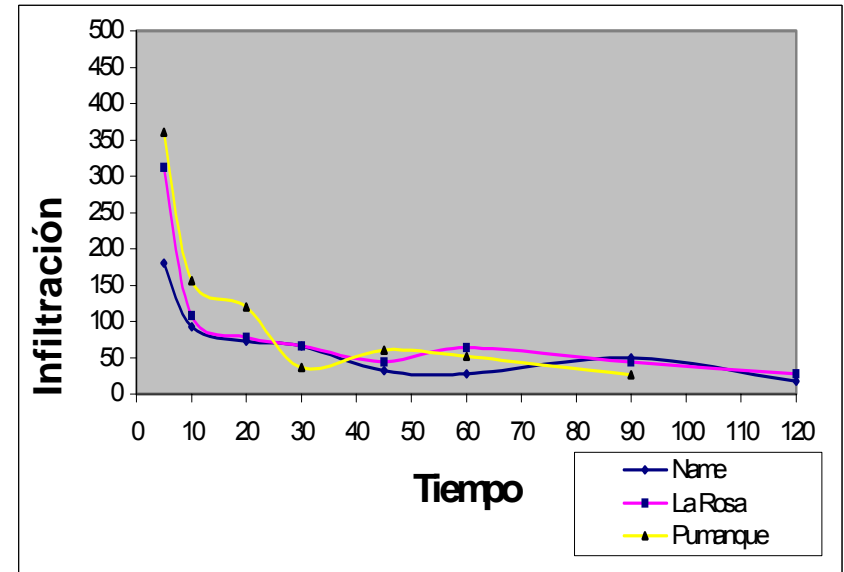
Ensayo: Pumanque, Predio Particular, VI Región.

Tiempo (min)	Diferencial (cm)	Infiltración (mm/hr)
0	0	
5	3	360
10	1,3	156
20	2	120
30	0,6	36
45	1,5	60
60	1,3	52
90	1,3	26

38,0



FAMILIA DE CURVAS DE INFILTRACIÓN



4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- GUROVICH, L. 1985. Fundamentos y diseño de sistema de riego. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura (CIIA). Primera Edición, San José, Costa Rica. Capítulo 6. p. 143-168.
- OFICINA DEL REGANTE. 2002. Caracterización de la infiltración. Gobierno de Aragón. Departamento de Agricultura, España. <http://web.eead.csic.es/oficinaregante/riego/a2/rsup4.html>
- VÉLEZ, M., VÉLEZ., J. 2002. Capítulo 8: Infiltración. Universidad Nacional de Colombia, Unidad de Hidráulica. <http://poseidon.unalmed.edu.co/materias/hidrologia.html>