

Anexo 5.3 Protocolo de medición de velocidad de infiltración con cilindro infiltrómetro.

Introducción

El propósito principal del riego es el de restituir agua a la zona de raíces mediante diversos métodos de riego, mediante los que se aplica el agua a la superficie del terreno para que penetre en él y quede disponible para las plantas. En estas condiciones, la velocidad con que el agua penetra en el suelo, denominada velocidad de infiltración, reviste gran importancia, particularmente por la variación de las características de suelo tanto temporales como espaciales, durante el proceso dinámico que se produce por la interacción de la fase líquida del agua con la sólida de las partículas de suelo.

La velocidad de infiltración es un parámetro que debe ser estudiado y determinado con detención, pues tiene un rol primordial en el manejo del agua a nivel predial.

Los principales métodos de medición de velocidad de infiltración, bajo condiciones de campo, comprenden: inundación y estancamiento de agua en la superficie, aplicación de agua por aspersión, medida de entrada y salida de agua en surco o platabandas y el avance del frente de agua.

La teoría de infiltración está basada en un análisis del movimiento del agua en el suelo bajo condiciones de no saturación. Durante la infiltración, la fase líquida y la fase gaseosa coexisten en la masa de suelo, con excepción de la zona de contacto entre el suelo y el agua en la superficie del terreno.

Métodos para medir la velocidad de infiltración

Cilindro infiltrómetro doble

El método más ampliamente usado para determinar la infiltración de un suelo es el del cilindro infiltrómetro, el cual es adecuado para métodos de riego que permiten mojar directamente una gran superficie de suelo (bordes, regueros en contorno, aspersión).

El flujo radial es minimizado por medio de un área tampón alrededor del cilindro central. El movimiento del agua es en dirección vertical hasta que pasa a la parte inferior de la orilla del cilindro, desde donde puede producirse un flujo bidimensional, gobernado por el potencial matricial del suelo.

La limitación más seria para el uso de cilindros infiltrómetros es que su emplazamiento en el suelo provoca un cierto grado de alteración de sus condiciones naturales (destrucción de la estructura o compactación produciendo cierta variación en la cantidad de agua que penetra en el suelo. Además, la interfase entre el suelo y el lado del cilindro metálico puede causar una entrada anormal de agua, resultando un mayor volumen de agua que se infiltra en un tiempo dado.

Otra de las limitaciones que presenta el uso de cilindros es el problema del aire atrapado al interior de la columna de suelo. La incapacidad del aire para escapar desde el suelo bajo condiciones de flujo saturado, generalmente crea un cojín interno de aire que resulta en un impedimento para el movimiento vertical del agua, resultando velocidades de infiltración menores.

Es importante hacer notar que no es conveniente medir la velocidad de infiltración en suelos alterados, como sería un terreno arado por ejemplo.

Materiales

En general los materiales usados en la determinación de la infiltración con este método son: cilindro infiltrómetro, disco metálico, combo, regla graduada en cm y mm, cronómetro, pala, balde, trozo de plástico y hoja de registro.

Procedimiento

Tomar una muestra de suelo para determinar el contenido de humedad del suelo en el que se realizará la prueba de infiltración.

Para proceder a instalar el cilindro previamente se limpia con una pala la vegetación de la superficie, en el lugar donde se instalará, teniendo la precaución de no alterar la estructura del suelo. A continuación, con golpes suaves sobre el trozo de madera, puesto sobre el cilindro, se introduce el cilindro hasta una profundidad aproximada de 10 a 15 cm (Figura 1).

Cuando no se cuenta con cilindros infiltrómetros dobles, y con el propósito de evitar el flujo radial del agua, se puede construir en torno al cilindro un surco y mantiene este con un nivel permanentemente de agua desde el comienzo hasta el final de la medición (Figura 2 y 3).

Una vez instalado el equipo se ubica un trozo plástico en el interior del cilindro y con la ayuda de un balde se vacía un volumen cualquiera de agua.

El plástico impide que el agua golpee directamente la superficie del suelo, produciendo alteraciones y variando los valores de velocidad de infiltración.

Simultáneamente, se vacía agua en la poceta o en el cilindro exterior que actúan como área tampón.

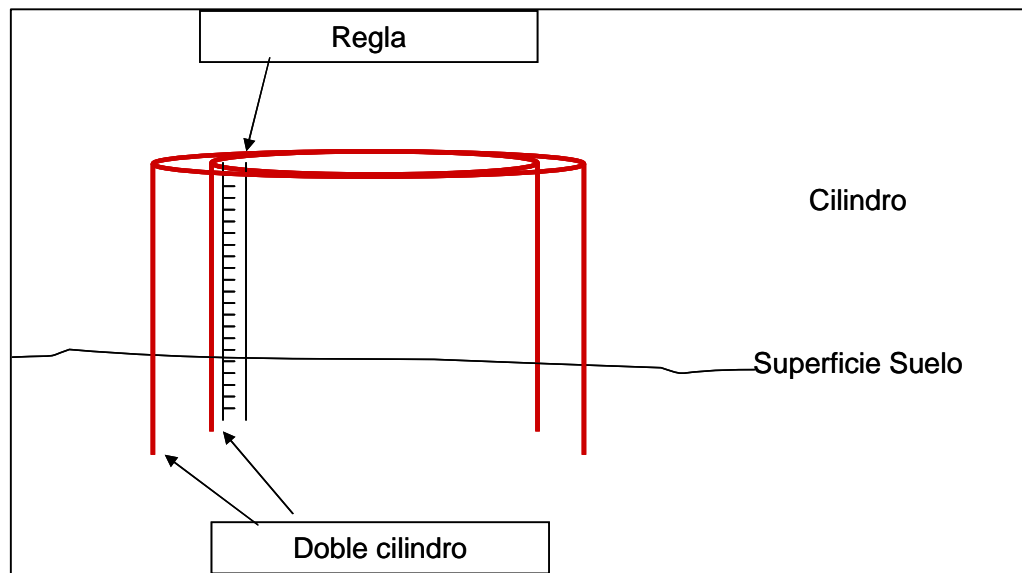


Figura 1: Instalación en campo de cilindro infiltrómetro doble.

Lectura de datos

Una vez retirado el plástico del interior del cilindro, se procede a tomar la primera lectura. Para tal objeto, se ubica una regla sobre una estacilla previamente instalada, o bien se toma como referencia el borde superior del cilindro y en los intervalos de tiempo que se indican, se procederá a anotar las lecturas de agua observadas en la regla.

Desde el punto de vista de riego, la velocidad de infiltración tiende a hacerse constante alrededor de las 2 horas de iniciada la medición (velocidad de infiltración básica), por esta razón se recomienda realizar las lecturas en los tiempos que se muestran en la **tabla 1**.

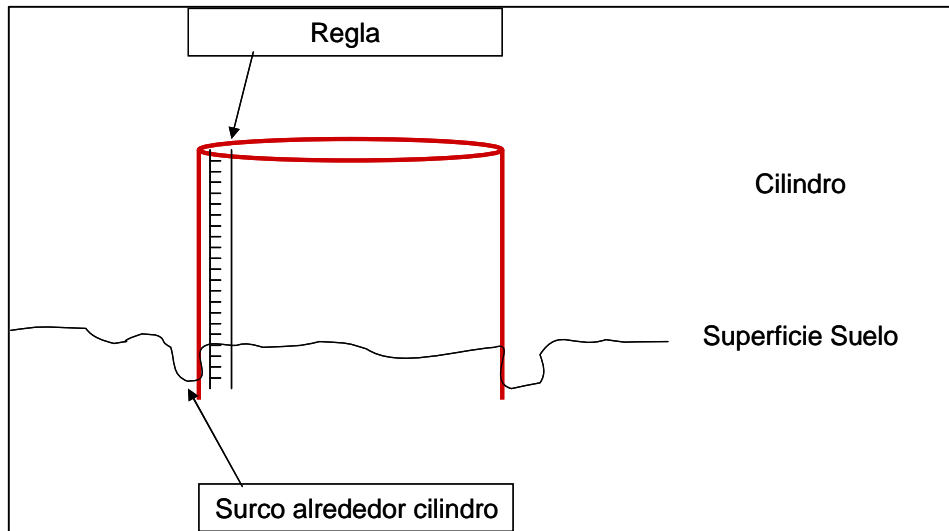


Figura 2: Instalación en campo de cilindro infiltrómetro simple y construcción de surco alrededor.

Relleno del cilindro

Cuando la infiltración es muy alta y se supone que se consumirá toda el agua del cilindro antes de terminar el período de mediciones, éste podrá rellenarse hasta la altura deseada. En la hoja de registro deberá quedar estampado el tiempo en que se hizo el relleno y la altura de agua alcanzada. Puede resultar que al aumentar la altura de agua al interior del cilindro aumente el potencial gravitacional del agua, lo que muchas veces hace variar la velocidad de infiltración. En todo caso, la altura de agua nunca debe estar por debajo de los 5 cm. se recomienda no llegar a este límite y rellenar antes, para evitar agregar agua con demasiada velocidad y alterar la medición.



Figura 3: Fotografía de un análisis de terreno con cilindro infiltrómetro. La foto muestra el surco excavado alrededor del cilindro y el polietileno utilizado para el llenado del mismo.

Cálculos y resultados

En la **tabla 1** se presenta una hoja de registros de infiltración con datos originales, obtenidos en terreno, y su consiguiente representación en la **Figura 3**.

Tabla 1. Hoja de registro para una medición de infiltración acumulada (Iac) y velocidad de infiltración (VI), utilizando cilindro infiltrometro.

Lectura N°	Hora	Intervalo de Medición (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lecturas parciales (cm)	Infiltración Parcial (cm)	Infiltración Acumulada (cm)	Velocidad de Infiltración Promedio (cm/hora)
1	12:00	0	0	14,5	0	0	-
2	12:01	1	1	14	0,5	0,5	30,00
3	12:02	1	2	13,5	0,5	1	30,00
4	12:03	1	3	13	0,5	1,5	30,00
5	12:04	1	4	12,5	0,5	2	30,00
6	12:05	1	5	12	0,5	2,5	30,00
7	12:10	5	10	10,4	1,6	4,1	24,60
8	12:15	5	15	9,4	1	5,1	20,40
9	12:20	5	20	8,4	1	6,1	18,30
10	12:25	5	25	7,4	1	7,1	17,04
11	12:30	5	30	7	0,4	7,5	15,00
12	12:40	10	40	5,3	1,7	9,2	13,80
13	12:50	10	50	16	2,5	11,7	14,04
14	13:00	10	60	13,5	2,5	14,2	14,20
15	13:15	15	75	11	2,5	16,7	13,36
16	13:30	15	90	9,5	1,5	18,2	12,13
17	13:45	15	105	8	1,5	19,7	11,26
18	14:00	15	120	6,1	1,9	21,6	10,80
19	14:30	30	150	5,7	0,4	22	8,80
20	15:00	30	180	5,5	0,2	22,2	7,40

El intervalo de tiempo (ΔT), se refiere al tiempo transcurrido entre una lectura y otra. La altura de agua infiltrada (A_{inf}) se obtiene de la diferencia de altura entre una lectura y otra. La infiltración acumulada (Iac) es la suma de las alturas de agua (A_{inf}) que se han infiltrado desde el comienzo de la medición y la velocidad de infiltración (VI) se obtiene al calcular en dimensiones de velocidad la altura de agua infiltrada (A_{inf}) en un cierto intervalo de tiempo (ΔT). Por ejemplo, entre las lecturas 2 y 3 ha transcurrido un minuto y la altura de agua en el cilindro ha disminuido 0.6 cm, lo que da una $VI = 0.6 \text{ cm/min}$. Es importante establecer que la VI se debe representar en las mismas unidades, es decir si el tiempo está en minutos la VI debe estar en cm/minuto

Los datos de la **Figura 3**, nos indican que la velocidad de infiltración es alta en los inicios del riego para, posteriormente, disminuir y hacerse constante hacia los 120 minutos. Por otra parte, la altura de agua que se ha infiltrado desde el comienzo del riego (Infiltración acumulada), siempre aumentará variando solamente la pendiente.

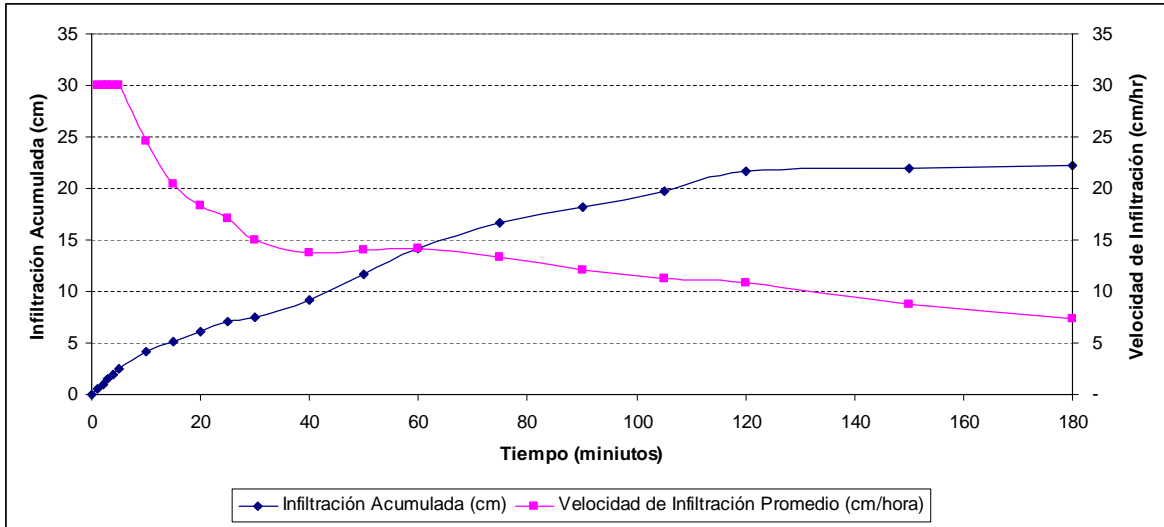


Figura 3. Gráfico normal que representa la infiltración de un suelo

De este modo, sabemos que si el agua está, por ejemplo, 25 minutos mojando el suelo, se habrán infiltrado 7,1 cm, que equivalen a 71 lt/m² ó a 710 m³/ha.

José Cuevas B. Ingeniero Agrónomo
 McS. Alfonso Osorio U. Ingeniero Agrónomo