



Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación



**PROSAP**

SERVIR AL AGRO

# ***“ESCUELA Y LABORATORIO MOVIL DE IRRIGACIÓN”***

## **PROTOCOLO PARA LA EVALUACION DE RIEGO POR SUPERFICIE**

-2016 -

# **PROTOCOLO PARA LA EVALUACION DE RIEGO POR SUPERFICIE**

## **1- INTRODUCCIÓN:**

Para la evaluación del riego por superficie, se seguirá el siguiente protocolo, el cual se pretende enriquecerlo a medida que se vaya adquiriendo mayor experiencia en base a las distintas situaciones que se vayan dando, según Provincias, cultivos, suelos, etc.

Se establecerá un marco general para el procedimiento de evaluación, dentro del cual existirán Instructivos específicos para las distintas actividades, ej: nivelación, aforo, etc. Estos instructivos se actualizarán en la medida en que sea necesario.

## **2- PROTOCOLO PARA LA EVALUACION DE RIEGO POR SUPERFICIE**

### **Materiales para hacer una evaluación de riego**

- Aforador de molinete o de cresta ancha.
- Nivel de burbuja.
- Cinta métrica de 50 m.
- GPS para georreferenciar la propiedad.
- Pala
- Anchada
- Planillas de anotación
- Cámara de fotos.
- 20 estacas de madera de sección cuadrada.
- Nivel óptico.
- Mira.
- Planilla de avance.
- 9 pesa filtros para muestreo de suelo.
- Cinta scotch. (para sellarlos).
- 1 pala barreno.
- 1 Cronómetro.
- 3 infiltrómetros doble anillo
- 1 Maza de 1 Kg
- 3 regla graduada de por lo menos 30 cm
- 2 baldes de 10 Litros
- 9 Bolsa de polietileno
- 1 Marcador indeleble
- 9 Rótulos de cartulina

## **Procedimiento Preliminar**

Antes de la instalación de los equipos se deberá contactar al regador o dueño de la propiedad para realizar una breve encuesta. Lo principal a conocer por esta es cuando y donde se realizara el próximo riego, el tiempo de riego aproximado por tapada para saber el tiempo disponible para instalar los equipos y definir así el lugar o tapada a evaluar.

Verificar la entrada de agua de la propiedad y definir el lugar de aforo de entrada.

Ver como se regará (con desagüe o sin desagüe) para saber cómo se ubicarán todos los equipos, verificar por donde hay entradas y salidas de agua (si las hay) en la unidad de riego a evaluar.

## **Medición de entrada de agua a la parcela**

Una vez definida la fuente de agua y la parcela a evaluar procedemos a medir el agua que entra a la misma. Para este procedimiento lo ideal es contar con un aforador, u obra de arte donde se pueda aforar en forma precisa.

Medición mediante Aforadores: Un aforador es un instrumento de medición que sirve para determinar el caudal de una corriente de agua que pasa por una sección de un cauce en un determinado tiempo.

Existen distintos tipos (sin cuello, cresta ancha, trapezoidales), los cuales están previamente calibrados, algunos pueden trabajar con flujos libres o flujos ahogados y cada uno de ellos posee su ecuación de gasto en particular.

Para su instalación primero debemos escoger el lugar más adecuado a la entrada de la parcela, para ello se busca una sección lo más recto, pareja y uniforme posible dentro de la acequia interna de la propiedad, alejado de cualquier curva, codo, pasantes o de obras que obstruyan el libre paso del agua y su circulación normal que pueda alterar su correcta medición.

También debe estar instalado a nivel, esto quiere decir que el fondo del cauce donde se colocará el aforador debe estar nivelado, para ello se empareja la superficie y se utiliza un nivel de gota o burbuja para corroborar que esté a nivel. Luego se deberá afirmar y compactar el suelo alrededor del mismo para que el agua no socave los extremos y orillas del instrumento, provocando fugas y filtraciones de la corriente o flujo del agua.

Para su medición, existen tablas que dan directamente el caudal en función del nivel o altura de agua que circula por el aforador, ésta se mide a través de una regla graduada colocada al ingreso de dicho aforador o aguas arriba del mismo, es decir que con la lectura en (cm) observada en la regla, ingresamos a la tabla de medición directa y obtenemos el caudal en litros/segundos.



Aforador Cresta ancha





Aforador Sin cuello



Aforo por Compuertas: Se consideran orificios de área hidráulica regulables y son las más usadas para controlar la distribución o entrega de agua a la propiedad.

Para conocer el caudal se mide el ancho de la compuerta (b), la abertura (a) y la altura de agua (H), que luego se ingresan a la siguiente fórmula y teniendo en cuenta el funcionamiento de la compuerta, libre o ahogada.

$$Q = \mu.a.b.\sqrt{2.g.H}$$

Dónde:

Q = Caudal que pasa por la compuerta en L/s.

$\mu$  = coeficiente de gasto

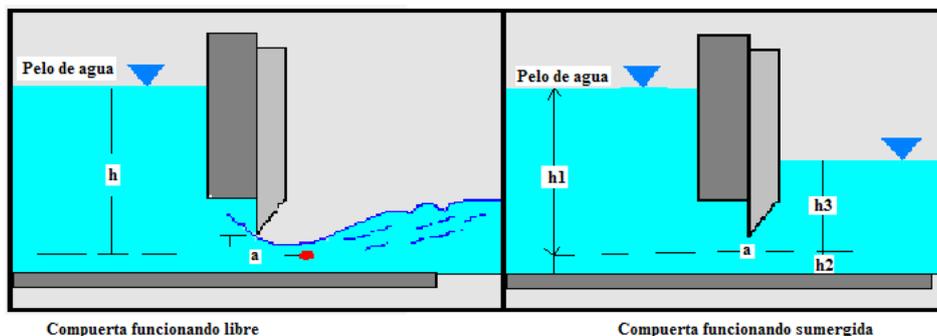
a = abertura de la compuerta. (se mide desde el fondo del canal al borde inferior de la compuerta en metros.)

b = ancho de la obra de hormigón donde se encuentra la compuerta (en metros).

g = aceleración de la gravedad = 9.81 m/s<sup>2</sup>

H = altura del nivel del tirante, aguas arriba de la compuerta en metros, desde el centro de la apertura al pelo o nivel de agua.

Determinación de H, cuando la compuerta trabaja libre, H se calcula:



$$H=h_1-(a/2)$$

$h_1$ = tirante aguas arriba de la compuerta (carga).

$a$  = abertura de compuerta.

Si la compuerta trabaja ahogada, H se calcula:

$$H=h_1-h_2$$

$h_1$ = tirante aguas arriba de la compuerta (carga).

$h_2$ = tirante aguas debajo de la compuerta (contra carga).



Aforo con Molinete: Este método consiste en medir el área de la sección transversal del flujo de agua que circula por un cauce y la velocidad media de este flujo.

$$Q = A \times v$$

Dónde:

$Q$  = es el caudal del agua.

$A$  = es el área de la sección transversal del flujo de agua.

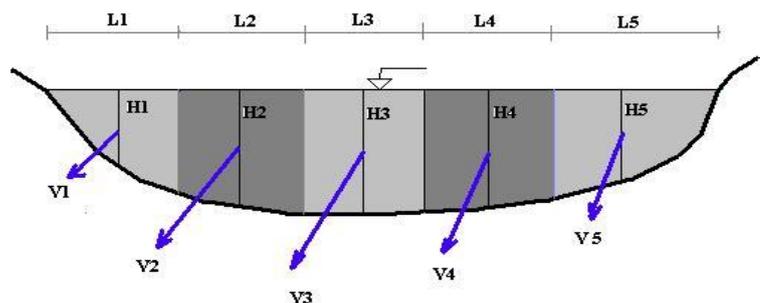
$V$  = es la velocidad media del agua.

Generalmente el caudal  $Q$  se expresa en litros por segundo ( $L / s$ ) o en metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ).

Para hacerlo de una manera correcta, debemos asegurarnos de elegir el lugar adecuado, esto quiere decir, aquel lugar cuya sección sea la más pareja y uniforme posible y que el lugar o punto de medición se encuentre alejado unos 15 a 20 metros de cualquier obra (codos, curvas, puentes o pasantes, etc.) que obstruya el libre paso del agua, tanto aguas arriba como aguas abajo del mismo.

Medición:

1° Para medir exactamente la velocidad se lo hace con un molinete que mide la velocidad de la corriente en varios puntos de la misma vertical y en varias verticales de la sección del cauce. A la vez que se miden las velocidades, se miden el ancho exacto del cauce y la profundidad en cada vertical, lo que nos permite establecer la sección con bastante precisión.



2° Obtenidos los datos de la medición, se realiza el cálculo:

Por Ejemplo. Se obtuvieron las siguientes mediciones de velocidades.

$$V1 \text{ (m/s)} = 0.50 \quad V2 \text{ (m/s)} = 0.45 \quad V3 \text{ (m/s)} = 0.47$$

$$-V_{media} = \frac{V1+V2+V3}{3} ; V_{media} = \frac{0.50 + 0.45 + 0.47}{3} = 0.4733 \text{ (m/s)}$$

3 3



Luego se miden las verticales, profundidad o altura de agua en varios sitios dentro de la sección, y luego promediar estos, para obtener el valor de H que multiplicado por el ancho de la sección nos dará el área total. La cantidad de las profundidades a medir, dependerá del ancho de la sección, (se aconseja 3 como mínimo y cuanto mayor sea el número, menor será el error de la medición).

### **Medición de la infiltración en el suelo mediante infiltrómetros doble anillo**

El método consiste en saturar una porción de suelo limitada por dos anillos concéntricos para a continuación medir la variación del nivel del agua en el cilindro interior a intervalos de tiempo, hasta que esta la velocidad de descenso se mantenga constante.



El anillo exterior tiene como función el evitar la infiltración horizontal del agua por debajo del cilindro interior, de tal forma que las medidas se correspondan con seguridad al flujo vertical.

En el modelo de mayor aceptación el equipo consta de tres juegos de 2 anillos cada uno de ellos. Los diámetros de los anillos pequeños son 28, 30 y 32 cm. y los diámetros correspondientes a los anillos externos son 53, 55 y 57 cm.

Con este material se pueden realizar simultáneamente hasta tres experiencias en localizaciones próximas de características edáficas similares; de esta forma se conseguirá eliminar en mayor medida la influencia de la variabilidad espacial de los suelos que si únicamente se realiza una prueba. Se debe buscar emplazamientos cerca de una calicata descrita y así disponer de información detallada acerca del suelo o realizar un barrenado para poder conocer los extractos del mismo. Para la interpretación de los resultados es conveniente hacer un muestreo de la humedad a diferentes profundidades antes y después del ensayo

Procedimiento:

### **Elección de la ubicación de los anillos**

La bondad de los datos y la fiabilidad de los resultados obtenidos dependen en gran medida de la idoneidad del lugar elegido para su realización y de la conveniencia de la metodología usada. Los aspectos más relevantes a considerar en relación a la ubicación de los anillos son los siguientes:

- Se debe encontrar una localización representativa del suelo a estudiar.
- Evita ubicar los anillos en zonas compactadas. Los terrenos compactados por vehículos o personas presentan una tasa de infiltración menor que las zonas adyacentes (sobre todo en los suelos de textura fina).
- En los suelos ricos en arcillas expansibles no instale los anillos sobre las grietas de expansión-contracción. Cuando la textura del terreno es fina el tamaño de los poros es muy pequeño y la absorción del agua se ve más afectada por la estructura del suelo que en el caso de los suelos arenosos.
- La tasa de infiltración es particular para cada horizonte del suelo, asumiéndose homogénea en todo el espesor del mismo. En suelos con varios horizontes de características diferentes, el paso del frente húmedo de un horizonte a otro quedará reflejado en la tasa de infiltración medida con el infiltrómetro.

### **Colocación, llenado de agua y toma de medidas**

Es muy importante que realice las operaciones indicadas a continuación sin alterar el suelo. No debe cambiar su porosidad natural. Puesto que los factores determinantes de la capacidad de absorción de los suelos son múltiples y fáciles de modificar es conveniente actuar siguiendo una serie de normas básicas:

- Colocar los anillos sobre la ubicación elegida comprobando que no queden ni piedras ni raíces bajo el filo de ninguno de los ellos; pueden deformar los aros con facilidad.
- Asegurarse de que el cilindro interior esté totalmente centrado en el exterior.
- Clavar los cilindros en el suelo a igual profundidad en todo su perímetro, y hacerlo además al mismo tiempo. Los anillos ladeados o que no han sido introducidos de forma heterogenea presentan mayor riesgo de sufrir fugas de agua. Tanto el anillo exterior como el interior deben llegar hasta 10 cm de profundidad (así se evita en mayor medida el drenaje lateral)
- Clavados los anillos comenzaremos a llenar cuidadosamente de agua ambos anillos, empezando siempre por el exterior. Resulta muy conveniente “tapizar” el suelo de, al menos, el anillo central con arena gruesa, grava o algún tipo de plástico. De esta forma se

evitará que el impacto directo del agua sobre el suelo desnudo provoque la desagregación de las partículas y el sellado de los poros.

- Comprobar que no existan fugas de agua provocadas por la presencia de piedras o raicillas. Si se ha cumplido escrupulosamente el punto 1 esto no te debería pasar pero si hubiera alguna, tápelo con el mismo barro de alrededor. Si quiere mantener constante el nivel del agua durante toda la experiencia se debería utilizar algún tipo de dispositivo dispensador del agua.
- Se debe intentar mantener el mismo nivel del agua en el interior de ambos anillos. Como norma general el llenado inicial no debe sobrepasar los 10 cm, y tampoco debe dejar que el nivel descienda a menos de 5 cm. Recuerde que si el nivel en el anillo exterior es mayor que en cilindro central el agua tenderá a penetrar desde el suelo produciéndose errores de lectura
- Es aconsejable realizar las medidas a intervalos regulares, ya sea de tiempo o de descenso de la lámina de agua en el interior del cilindro; de este modo es más fácil identificar cuándo la tasa de absorción permanece constante.
- Una vez alcanzada la tasa de infiltración constante es aconsejable continuar las medidas hasta tener la absoluta certeza de que el agua está circulando por un mismo horizonte.
- Debido a la elevada variabilidad de los suelos y a los posibles errores asociados al método será necesario realizar más de una medida; en cualquier caso, para estar seguros de que todos resultados de las pruebas son correctos se deberán contrastarse con otras propiedades del suelo determinantes del movimiento del agua en el suelo como la textura, la estructura, el contenido en materia orgánica, etc.

### **Colocación de estacas y toma de niveles parcelarios**

Como primera medida seleccionamos las 3 melgas o surcos en las cuales se medirá el avance, medimos su longitud y dividimos ese valor en 10 para obtener la separación a la cual pondremos cada estaca. Procedemos a la colocación de las estacas de maderas a lo largo de la melga o surco del medio de las 3 seleccionadas, para luego tomar los niveles con un nivel óptico dentro de la parcela, tomando el punto al lado de cada estaca.

Metodología de Trabajo:

- Se procede a seleccionar una unidad de riego en la que se desea realizar la medición. Esta unidad de riego pueden ser una serie de surcos (tapada) de los cuales se elige un surco del medio de dicha unidad o bien una melga.
- Se estaquea con 10 estacas. Se toma la longitud total de la unidad se lo divide en 10
- Se instala el Nivel optico, de preferencia en el medio de la unidad. Se procede a tomar los niveles. También se puede instalar el aparato fuera de la unidad de riego, situación que es buena cuando se desea determinar también la distancia entre estacas.
- Se toma la altura del terreno sobre en el costado de la estaca. Si se ubica el nivel fuera de la unidad y se desea medir la distancia entre estacas, se hace lectura del hilo superior y del inferir, así como del hilo medio (que es el que da la lectura del terreno).
- Se procede a registrar los datos en una planilla que se irá llenando a medida que se va avanzando en las lecturas.



## **Recolección de Muestras de Suelo y Determinación de la Textura al tacto**

Se realiza la recolección de muestras de suelos antes del riego y 72 horas después del riego, las mismas se extraen con una pala barreno en cabeza, medio y pie de melga o surco a distintas profundidades dependiendo del cultivo. Luego las mismas son colocadas en pesa-filtros de aluminio y llevadas a laboratorio para el cálculo de contenido de humedad con el método Gravimétrico.



### **Método Gravimétrico para calcular el contenido de agua en el suelo**

Se siguen los siguientes pasos:

- Se extraen muestras de suelo con el barreno, generalmente es en la cabeza, medio y pié de la unidad de riego seleccionada y se toma a 1 ó 2 profundidades. En cultivos como frutales se toman a 2 profundidades (ej: 30 y 60 cm) y en hortalizas generalmente a 1 profundidad (ej: 30-40 cm, según profundidad de las raíces). De cada profundidad se hace una muestra representativa.
- Se coloca la muestra en el tarro de aluminio, el cual previamente ha sido tarado vacío en el laboratorio para luego poder calcular humedad. Se anota el número de tarro indicando el lugar y la profundidad a la que ha sido extraída la muestra. Si la muestra va a tardar en ser llevada al laboratorio o hace mucho calor, se procede a encintar la tapa del tarro con cinta de papel o de enmascarar.
- Se procede a pesar la muestra, la cual va a llamarse muestra con agua.
- Se coloca en estufa a 105 °C durante 24 horas
- Se procede a pesar nuevamente, una vez enfriada a temperatura ambiente

La cantidad de agua que contenía la muestra está dada por

$$BPS = (\text{Suelo húmedo} - \text{Suelo Seco}) / (\text{Suelo Seco}) \cdot 100$$

- Concluyendo con los cálculos se logra obtener la humedad del suelo en distintos sitios y profundidades de la parcela, los cuales se promedian y se obtiene un número aproximado, pero muy representativo de la humedad antes y después del riego.

Cundo se realiza la recolección de las muestras de humedad (antes del riego) también se realiza una descripción de la textura del suelo por el método organoléptico (al Tacto). Y sacando una muestra para la posterior envío a laboratorio y determinación de la textura por método de volumen de sedimentación.

### **Medición del Avance y receso del agua en la parcela.**

La metodología para medir el avance del agua en la melga o surco es promediar el tiempo que tarda en llegar el agua a cada estaca en las tres melgas o surcos elegidos, de esta forma obtendremos el tiempo de avance a cada estaca. También tenemos que tomar el tiempo de Inicio del riego, el mismo será el momento en que comienza a entrar el agua a las melgas o surcos elegidos. En cuanto al tiempo de corte será cuando el regador cierre la tapada cortando el ingreso del agua a las melgas o surco.



El tiempo de receso es aquel en que se infiltra totalmente el agua en la melga o surco seleccionado después del riego, el mismo se puede tomar en cada estaca o una forma más simple es tomarlo en cabeza, medio y pie. Este tiempo va a variar dependiendo de la lámina aplicada, del tipo de suelo y su capacidad de infiltración.

### **Resumen de actividades.**

	<b>Actividad</b>
1	Encuesta al productor
2	GPS, Determinación superficie a regar
3	Instalación de aforador
4	Ensayo de Infiltración
5	Estaqueo de la unidad de riego
6	Nivelación topográfica
7	Determinación textura al tacto
8	Determinación humedad de suelo antes riego
9	Medición caudal entrada y salida a la parcela
10	Medición avance y receso agua en los surcos/melgas
11	Determinación humedad después del riego