# Materia 17 – Unidad 09 – Tema 02 – Hidrogramas de precipitación

## Tomado de Manual S12-MKII-50-A – Exercise A



# Antecedentes

## Ecuaciones y constantes generales

### Ecuaciones

Descarga (m³/s) = Descarga (l/min) x (50/3)

Profundidad (o ancho) promedio de un canal (m) = Suma de las profunidades (o anchos) medidos / Cantidad de mediciones hechas

Intensidad de la precipitación (mm/h) = ((Caudal (l/min) x (50/3 / Area de la cuenca de captura (m²)) x (5/18)

Tasa de transporte de sedimentos (kg/ms) = (Producción de sedimentos (kg) / Tiempo requerido (s)) / Ancho promedio (m)

ó

Tasa de transporte de sedimentos (kg/s) = Producción de sedimentos (kg) / Tiempo requerido (s)

Pendiente del valle (%) = Lectura directa de la escala del aparato

Ecuación de Darcy



Ecuación de Thiem:



### Constantes

Peso específico de la arena = 2650 M/m³

Peso específico del Agua = 9810 N/m³, pero cambia con su temperatura

g (aceleración de la gravedad) = 9,81 m/s²

Viscosidad cinética del agua (m²/s) = 0.00000114, pero cambia con su temperatura

Diámetro medio de los granos del sedimento: determinar de la muestra usada

### Otras ecuaciones

Área de la sección transversal del canal (m²) = Ancho promedio (m) x Profunidad Promedio (m)

Perímetro húmedo (m) = Ancho del lecho (m) + 2 x Altura del banco (m)

Radio hidráulico (m) = Area de la sección transversal del canal (m2) / Perímetro húmedo (m)

Velocidad (m/s) = Desarga (m³/s) / Area de la sección transversal del canal (m²)

Número de Reynolds = (Velocidad (m/s) x Radio hidráulico (m)) / Viscosidad cinemática (m²/s)

Número de Froude = Velocidad (m/s)/ (Raiz Cuadrada de (g x Profundidad promedio (m)))

Esfuerzo cortante límite (N/m²) = Pesos específico del agua (N/m³) x Radio hidráulico (m) x Pendiente (m per m)

Velocidad de corte = (g x Radio hidráulico (m) x Pendiente (m per m)

Número de Reynolds de Capa Límite = (Velocidad de corte (m/s) x diámetro de grano (m)) + Viscosidad cinemática (m²/s)

Shields Parameter = Esfuerzo cortante límite (N/m²) (Peso específico del agua (N/m³) x 1.65 x diámetro del grano (m))

Potencia total del curso de agua (J/s) = Peso específico del agua (N/m3) x Discharge (m3/s) x Pendiente (m/m)

Potencia específica del curso de agua (W/m) = Potencia total del curso de agua ÷ ancho (m) = Velocidad (m/s) x Peso específico del agua (N/m³) x profundidad (m) x pendiente (m por m)

Potencia crítica del curso de agua (W/m) = 290 x diámetro de grano (m)^1.5 x g x Log ((12 x profundidad (m)) / Diámetro de grano (m))

Potencia neta del curso de agua (J/s) = Potencia total del curso (J/s) – Potencia crítica del curso (J/s)

Ecuación de carga del lecho de Bagnold (kg/ms) = (Potencia neta del curso (J/s) / ½ g)1.5 x (profundidad(m) / 0.1)-2/3 x 0.1 x Diámetro de grano (m) / 0.0011)–1/2

Sinuosidad del canal = Largo del canal (m) / Largo del valle (m)

Longitud total de vaguada (m) = Suma de todas las longitudes de hilo del canal (m)

Intensidad del trenzado = Número de sub-canales por unidad de largo de canal

Sinuosidad Total = Longitud total de vaguada (m) / Largo del valle (m)

Velocidad del punto de referencia (cm/min) = Distancia viajada por el punto de referencia (cm) / tiempo requerido para el viaje (min)

## Teoría

La lluvia que cae sobre una zona de captación llegará hasta el punto de concentración donde abandonará la cuenca. En una situación de flujo por gravedad, este seguramente será el punto más bajo de la cuenca. Si la descarga se realiza mediante movimiento de agua subterránea, la situación es más compleja y el flujo se puede distribuir en un frente amplio. Pero como el flujo está obligado a salir de este modelo de cuenca en un solo punto, no consideraremos este caso aquí.

En la práctica, una zona de captación se define sólo una vez que se ha fijado el punto de concentración y, como aquí se necesitan datos sobre el flujo del curso, generalmente se elige el sitio de una nueva estructura de medición de flujo preexistente. Cuando llueve en la cuenca, el tiempo que tarda el agua en llegar al punto de concentración dependerá de la distancia horizontal que tenga que recorrer y también de su velocidad.

La Figura A1 muestra líneas de igual tiempo de flujo para una cuenca de proporciones similares al modelo en el que la velocidad del flujo es la misma en todas partes. La Figura A2 ilustra una cuenca de captación de valle en la que se supone que la velocidad del flujo aumenta una vez que el agua ha entrado en el canal del arroyo. El flujo fuera de la corriente podría ser por flujo de agua superficial o subterránea, o ambos.

 A1 A2

El mayor tiempo que tarda la lluvia en caer sobre la cuenca (los rincones más alejados) se llama tiempo de concentración.

Un registro gráfico de flujo y tiempo se llama hidrograma y la Figura A3 muestra un hidrograma típico resultante de una sola precipitación. El momento y la intensidad de la lluvia se muestran en el bloque en la parte superior de esta figura y si la lluvia persiste durante más tiempo que el tiempo de concentración de la cuenca, el hidrograma de escorrentía se nivelará en el valor máximo de la cuenca. En estas circunstancias, la parte de la curva de recesión del hidrograma se retrasa hasta que cesa la lluvia.

A3

Durante las primeras etapas de la tormenta, siempre que no haya caído lluvia recientemente, el suelo podrá absorber el agua que cae sobre él y agregarla al agua subterránea ya presente. Cuando todos los huecos están llenos, el exceso debe fluir sobre la superficie e ingresar a la corriente directamente como flujo superficial. Es este flujo superficial que alcanza primero el punto de concentración lo que produce un fuerte aumento en el hidrograma y esta discontinuidad del hidrograma puede usarse para separar la contribución de agua subterránea de la escorrentía directa, como se indica en la Figura A3. El hidrograma que se muestra en la Figura A3 es típico para tormentas de duración más corta que el tiempo de concentración de la cuenca.

## A tener en cuenta

Se aplican todas las recomendaciones de seguridad y buenas prácticas de uso del banco S12-MKII-50-A descriptas en el documento: [S12-MKII-50-A\_RecomendacionesGenerales.docx](https://tecnoedu.com/recursos/UNLCHidrologia/ManualesCastellano/S12-MKII-50-A_RecomendacionesGenerales.docx)

## Procedimiento

### Escorrentía de una sola tormenta

* Antes de llevar a cabo este TP, tendrás que dotar al tanque de arena de una pendiente de aproximadamente el 1%.
* Alisá la arena para obtener una superficie plana paralela al borde superior del tanque
* Usá la pala de arena para crear un canal de sección transversal rectangular en el centro a lo largo del tanque entre la entrada del río y la salida profunda al pie.
* El canal debe tener aproximadamente 4 cm de ancho por 2 cm de profundidad.
* Conectá las mangueras de las boquillas rociadoras aéreas al acople rápido en el caudalímetro de de 3 l/min.
1. Flujo de corriente para una tormenta de larga duración (Ver Figura A4)
* Activá las boquillas de aspersión para simular la lluvia y seleccioná un caudal de lluvia de entre 1 y 3 l/min.
* Usá un cronómetro, poniéndolo en marcha al comienzo de la lluvia
* Dejá que llueva durante el tiempo suficiente para obtener un valor de escorrentía constante.
* Detene la lluvia y registrá la rama de recesión del hidrograma.
* Tomá lecturas de tiempo y la descarga del vertedero con la frecuencia necesaria para no perder detalles y mostrá los datos gráficamente en un hidrograma.
* El TP puede repetirse para diferentes caudales de lluvia, áreas de captación más pequeñas (cerrando algunas de las válvulas de las boquillas de lluvia) y para pequeñas diferencias en la pendiente.
1. Flujo de corriente de una tormenta de corta duración (Ver Figura A5)

(Menos (60% a 80%) que el tiempo de concentración)

* Procedé como en a), pero cortá la lluvia mientras el hidrograma aún esté aumentando. Como resultado, obtendrás la Figura A4.

A4

A5

### Histograma

Si todo está bien, obtendrás gráficos similares a los de las figuras A4 y A5 al plotear los resultados directamente.

Verás que los hidrogramas de tormenta con mejor forma se obtienen cuando la "lluvia" se detiene justo antes de que se llegue la escorrentía máxima. Es decir, la duración de la tormenta es ligeramente menor que el tiempo de concentración de la cuenca. Si la lluvia persiste después de que el nivel freático alcanza la superficie, se produce escorrentía directa sobre la superficie. Cuando la lluvia cesa antes de que esto ocurra, la escorrentía se produce únicamente en forma de flujo de agua subterránea.

Te recomendamos probar con diferentes pendientes y perfiles de superficie hasta obtener el hidrograma más adecuado.

### Escorrentías debidas a múltiples precipitaciones

* Conectá la manguera del tanque de entrada del río al acople rápido al caudalímetro de 5 l/min.
* Conectá la manguera de las boquillas rociadoras aéreas al acople rápido al caudalímetro de 3 l/min.
* Si has usado el aparato hace poco, debés dejar que el lecho se escurra.
* Este experimento se puede llevar a cabo disponiendo una primera tormenta de duración bastante menor (digamos 50%) que el tiempo de concentración, tc (obtenido en el experimento anterior).
* Le seguirá una segunda tormenta de la misma duración, mientras que el grado de recesión de la primera sigue siendo bastante alto.
* Los valores de descarga deben registrarse continuamente desde el comienzo de la primera tormenta, y el hidrograma doble resultante, cuando se traza, mostrará los valores de escorrentía mucho mayores obtenidos para la segunda tormenta que cae en una cuenca previamente saturada.
* Podrás usar el método para dibujar el hidrograma, descrito en "Flujo de corriente para una sola tormenta".

### Caudal procedente de una cuenca impermeable (urbanización)

* Después de investigar las relaciones de escorrentía de lluvia para una cuenca permeable, es interesante reducir la permeabilidad de la superficie de la cuenca cubriéndola total o parcialmente con la lámina de polietileno impermeable proporcionada con los accesorios.
* Si sólo se sella de esta manera la parte superior del colector (lejos del extremo de descarga), entonces el escurrimiento de la lámina de plástico se pierde en la arena de la parte inferior.
* Sin embargo, si sólo se cubre la parte inferior de la cuenca, la escorrentía es más inmediata y el efecto sobre el hidrograma más marcado.
* La lámina de plástico proporcionada se debe recortar con un cuchillo o tijeras para adaptarla al área de captación requerida.

### Flujo de un arroyo procedente de una cuenca con mucha vegetación

* El efecto de una cuenca con mucha vegetación se puede simular cubriendo parte o toda la superficie de la cuenca con el material absorbente proporcionado.

### Flujo de corriente con almacenamiento en embalses

* El efecto de un depósito de retención de inundaciones sobre la escorrentía de una tormenta estándar se puede demostrar utilizando los accesorios suministrados.
* El anillo con extremo circular se puede usar cuando está parcialmente enterrado en la arena para formar un depósito circular, y el anillo cerrado se puede usar, de manera similar, para retener la lluvia que cae sobre él y liberar el agua lentamente a través de la abertura central.
* Puede resultar necesario utilizar todos los recipientes disponibles para simular depósitos de detención y se verá que las tapas de los cubos de basura invertidas sirven bien siempre que tengan un pequeño orificio de drenaje en el centro.

### Efecto del drenaje terrestre sobre el hidrograma de escorrentía

* Uno de los métodos comúnmente empleados para mejorar el drenaje del terreno es la construcción o renovación de sistemas de zanjas. Podés construir diferentes modelos de sistemas de zanjas sobre la superficie de arena del tanque de captación y comparar sus efectos sobre el hidrograma de escorrentía de una tormenta estándar.

## Resultados

* Describí la zona de captación y planta inicial del canal.
* Hacé un croquis de la zona de captación.
* Creá una planilla Excel con las columnas:
	+ Tiempo desde el inicio (lap time)
	+ Caudal de lluvia (l/min)
	+ Caudal de la entrada del río (l/min)
	+ Caudal en el punto de recolección (l/min)
* Creá un gráfico de hidrogramas de precipitación para cada conjunto de mediciones

## Conclusiones

* Comentá los resultados obtenidos en los experimentos realizados.
* Describí la forma de cada hidrograma
* Comentá sobre los efectos de cada parámetro en la escorrentía experimentada.
* Si los resultads conseguidos no coinciden con los esperados, discutí con tus colegas y ensayá una explicación.