

# Modelos agregados: GR2M

*Juan Cabrera, Civ. Eng.*

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Civil

## 1. Introducción

La limitación de información es siempre una limitación para todo estudio hidrológico. Esta deficiencia ha incentivado a muchos especialistas a investigar y desarrollar modelos precipitación – escorrentía con bajo requerimiento de datos, como el modelo abcd y el modelo GR2M. Debido a la poca información existente, estos modelos hacen usualmente simplificaciones en el modelamiento de cuencas, como la homogeneidad de procesos que es característico de los modelos agregados.

El presente artículo presenta la estructura del modelo GR2M de manera sencilla, complementándola con un ejemplo de aplicación.

## 2. Modelos GR

Los modelos GR son un grupo de modelos precipitación-escorrentía desarrollados en Francia por la unidad de investigación en hidrología del Cemagref d'Antony. Estos modelos se caracterizan por utilizar como datos de ingreso la precipitación y la temperatura.

Desde 1983, año en que se propuso este modelo de forma global para reconstruir los caudales diarios, el modelo GR ha evolucionado presentando diferentes versiones como el GR1A, para caudales anuales; GR2M, para caudales mensuales; GR3J y GR4J, para caudales diarios.

## 3. Modelo GR2M

GR2M es un modelo agregado que simula caudales en intervalos mensuales. El modelo transforma la precipitación en escorrentía mediante la aplicación de dos funciones: una función de producción y una función de transferencia.

Su estructura consta de dos reservorios: el reservorio suelo y el reservorio de agua gravitacional. La Figura 1 muestra la arquitectura del modelo GR2M con los principales procesos hidrológicos que producen escorrentía y que son tomados en cuenta por el modelo. De acuerdo a este esquema,  $P$  es la precipitación media de la cuenca,  $P_1$  es la escorrentía superficial,  $E$  es la evapotranspiración actual,  $P_2$  la percolación profunda,  $S$  el almacenamiento del reservorio suelo al inicio del periodo de análisis,  $R$  el almacenamiento del reservorio de agua gravitacional al inicio del periodo de análisis y  $Q$  el caudal a la salida de la cuenca. La capacidad máxima de almacenamiento del reservorio suelo es  $X_1$  y la del reservorio gravitacional es asumida como 60mm.

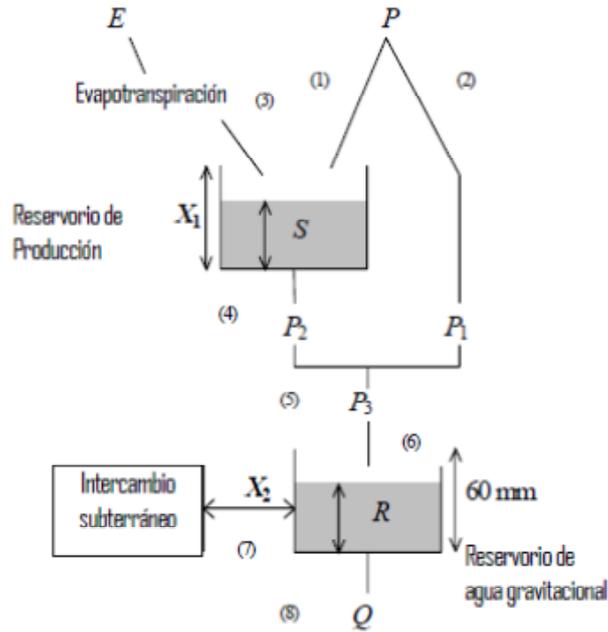


Figura 1 : Estructura del modelo GR2M.

Fuente: CEMAGREF ([www.cemagref.fr](http://www.cemagref.fr)).

### 3.1. Función de Producción

De acuerdo a la Figura 1, parte de la precipitación es absorbida por el reservorio suelo y otra ( $P_1$ ) se dirige al reservorio de agua gravitacional. El nuevo volumen de agua en el reservorio suelo ( $S_1$ ) se calcula de la siguiente manera:

$$S_1 = \frac{S + X_1 \varphi}{1 + \varphi \frac{S}{X_1}} \quad (1)$$

donde:  $X_1$  es la capacidad del reservorio suelo; y

$$\varphi \text{ se define como: } \varphi = \tanh\left(\frac{P}{X_1}\right)$$

Asumiendo que no hay pérdidas, el volumen de agua antes de la infiltración debe ser el mismo después de ésta; entonces:

$$P_1 = P + S - S_1 \quad (2)$$

En una segunda instancia, el reservorio suelo será afectado por la evapotranspiración, reduciendo su volumen a  $S_2$ . El nuevo volumen se calcula de la siguiente manera:

$$S_2 = \frac{S_1(1 - \psi)}{1 + \psi \left(1 - \frac{S}{X_1}\right)} \quad (3)$$

$$\text{donde: } \psi \text{ es igual a: } \psi = \tanh\left(\frac{E}{X_1}\right)$$

Parte de este nuevo volumen  $S_2$  será transferido al reservorio de agua gravitacional y el remanente se convertirá en el volumen inicial  $S$  para el siguiente período de análisis. El nuevo valor de  $S$  será:

$$S = \frac{S_2}{\left(1 + \left(\frac{S_2}{X_1}\right)^3\right)^{\frac{1}{3}}} \quad (4)$$

luego, el volumen de agua que percola  $P_2$  se estimará como la diferencia entre  $S_2$  y  $S$ :

$$P_2 = S_2 - S \quad (5)$$

### 3.2. Función de Transferencia

Conocido el volumen de agua que percola, la precipitación efectiva que ingresa al reservorio de agua gravitacional ( $P_3$ ), será:

$$P_3 = P_1 + P_2 \quad (6)$$

Debido a que el reservorio de agua gravitacional contaba con un volumen inicial  $R$ , su nuevo volumen será:

$$R_1 = R + P_3 \quad (6)$$

Sin embargo, debido a que existe un intercambio de volúmenes a nivel subsuperficial, el volumen del reservorio se corrige por el factor  $X_2$ :

$$R_2 = X_2 R_1 \quad (7)$$

Finalmente el reservorio de agua gravitacional se vacía siguiendo una función cuadrática, dándonos como resultado el caudal de salida:

$$Q = \frac{R_2^2}{R_2 + 60} \quad (8)$$

Como puede observarse, todos los volúmenes estimados dependen de dos variables a optimizar:

- $X_1$ : capacidad del reservorio suelo en milímetros
- $X_2$ : coeficiente de intercambios subterráneos (adimensional)

### 4. Ejemplo de Aplicación

El modelo fue aplicado a la misma cuenca utilizada en el ejemplo del modelo abcd y para el período 1962-2006. Se usaron series de precipitación total mensual de la cuenca, temperaturas medias mensuales y caudales medios mensuales. Para el cálculo de la evapotranspiración, se utilizó la ecuación de Blaney y Criddle afectada por un factor de corrección “k” el cual fue también ajustado durante el proceso de calibración.

El proceso de calibración se realizó utilizando la herramienta SOLVER de EXCEL. Los parámetros obtenidos son:  $X_1 = 8.45$  y  $X_2 = 0.60$ . Para evaluar la eficiencia del modelo se utilizó el criterio de Nash (N), el cual arrojó un valor de 0.61 que es indicativo de una muy buena calibración. La Figura 2

muestra el gráfico comparativo entre caudales observados y simulados.

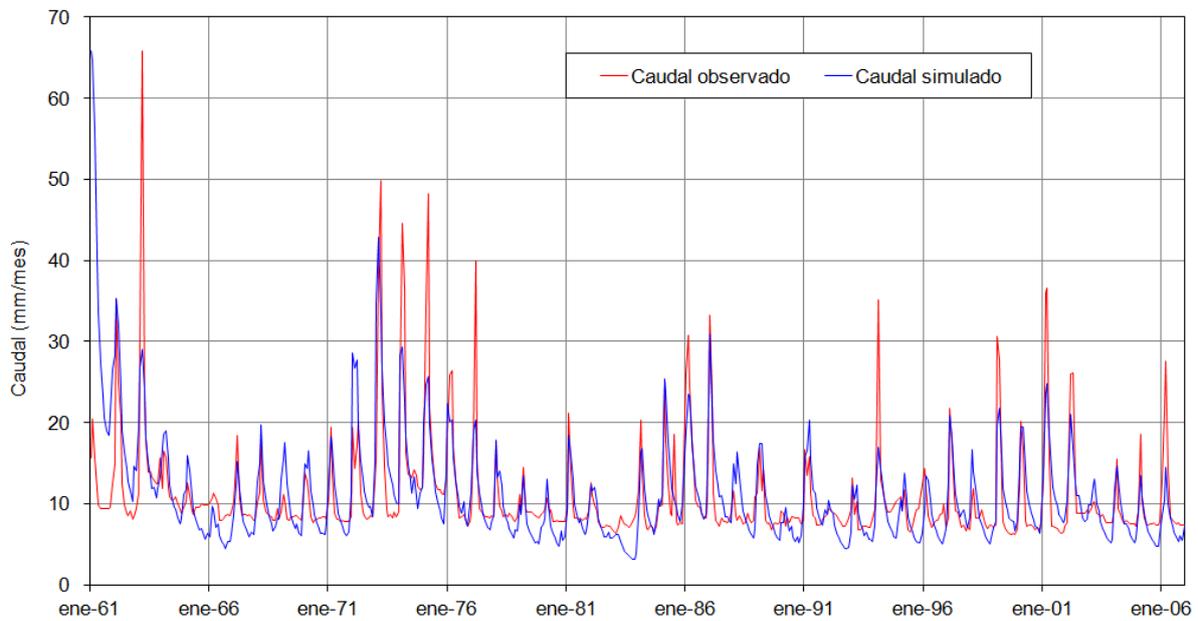


Figura 2 : Comparación entre caudales observados y caudales simulados para la cuenca experimental. Período 1961 – 2006.

*Fuente: Autor.*

Como puede observarse, el modelo muestra un importante ajuste respecto a los caudales pico pero ha perdido eficiencia en la representación del flujo base. Es importante mencionar que este modelo utiliza un “período de inicialización” en el cuál ajusta los volúmenes iniciales para la calibración; en nuestro caso este período corresponde al año 1961, motivo por el cual se observa una alta distorsión.

## 5. Referencias

**Cemagref, (2009).** GR: Modèles Hydrologiques du Génie Rural. <http://www.cemagref.fr/webgr/Historiquegb.htm>

**INRENA, (2007).** Evaluación De Los Recursos Hídricos De La Cuenca Del Río Ocoña. Ministerio de Agricultura. Ocoña, Perú.

**Mouelhi, S., Michel, C., Perrin, C. y Andréassian, V. (2006).** Stepwise development of a two-parameter monthly water balance model. *J. Hydrol.* 318(1-4), 200-214.