



Simulación de cuencas hidráulicas mediante Programación Orientada a Objetos

**Jesús María Latorre, Santiago Cerisola, Andrés Ramos (IIT-UPCo)
Alejandro Perea, Rafael Bellido (Iberdrola Generación)**

Índice

- Introducción
- Representación de los datos
- Método de simulación
- Resultados
- Conclusiones



Introducción (I)

- La gestión de las cuencas hidráulicas es de gran importancia:
 - Fuente de energía con **coste reducido**.
 - Proporcionan una gran **capacidad de regulación**.
 - Suponen una manera de **almacenar energía eléctrica**.
- Producción hidráulica en España es un 15% ó 20% de la producción energética total.



Introducción (II)

- Aspectos clave de los modelos de simulación:
 - **Tiempo**: Estático vs. dinámico.
 - **Aleatoriedad**: Determinista vs. estocástico.
 - **Avance temporal**: Continuo vs. discreto.
- Este modelo de simulación de cuencas hidráulicas es un modelo **dinámico**, **estocástico** en **aportaciones** y **discreto**.

Introducción (III)

- Funciones del modelo:
 - Planificación económica de la explotación hidráulica:
 - Previsión anual de la operación.
 - Actualización de la previsión anual:
 - Planificación de la explotación hidráulica hasta el final del año.
 - Operación detallada en el corto plazo:
 - Análisis de la explotación detallada antes avenidas, cambios en los riegos, etc.

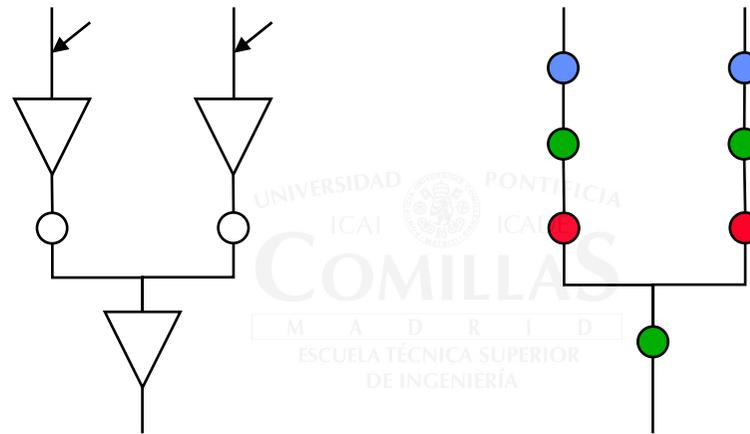
Índice

- Introducción
- Representación de los datos
- Método de simulación
- Resultados
- Conclusiones



Representación de los datos (I)

- Se representa la cuenca mediante un grafo de nodos. Cada nodo es un elemento:



- Las conexiones entre nodos simbolizan las uniones físicas a través del río.
- Esta organización aconseja el uso de **Programación Orientada a Objetos**.

Representación de los datos (II)

- Embalse:
 - Se encarga de la **gestión del agua**.
 - Tiene asociado:
 - Caudal mínimo de salida.
 - Curvas de volumen que guían su gestión:
 - Curva de garantía.
 - Curva de resguardo.
 - Tabla de gasto.
- Canal:
 - No hace gestión del agua.
 - Limita el **caudal máximo**.

Representación de los datos (III)

- Central:
 - Genera energía eléctrica a partir del caudal.
 - Coeficiente energético que depende del salto.
 - Puede hacer bombeo.
- Punto de aportación:
 - Introduce agua en el sistema.
 - Usa series de aportaciones históricas o sintéticas.

Representación de los datos (IV)

- Unión de ríos:
 - Agrupa elementos en la confluencia de ríos.
 - Impone una limitación al **caudal conjunto máximo**.
 - Gestión determinada en dos fases:
 1. Decisión inicial independiente.
 2. Reduce ésta siguiendo el orden de prioridad hasta alcanzar el caudal máximo.

Representación de los datos (V)

- Tipos de gestión de los embalses:
 - Decisión óptima tomada de **tabla de gasto**.
- Datos de entrada:
 - Semana del día simulado.
 - Índice hidrológico de la cuenca.
 - Volumen del propio embalse.
 - Volumen del embalse de referencia.
- Gasto de **caudal de entrada**.
- Ajustarse a la **curva de garantía**.
- Ajustarse a la **curva de resguardo**.

Índice

- Introducción
- Representación de los datos
- Método de simulación
- Resultados
- Conclusiones



Método de simulación (I)

- Principal objetivo:
 - Maximizar la producción hidráulica mediante **consignas de gestión** de los embalses.
- Otros factores:
 - Evitar los vertidos.
 - Garantizar caudales mínimos.
- Método dividido en **tres pasadas**:
 1. Decide la gestión inicial.
 2. Modifica esa gestión para evitar vertidos y dar caudales mínimos.
 3. Calcula las producciones.

Método de simulación (II) – Pasada 1

- Desde las cabeceras de la cuenca **aguas abajo**.
- Decide la **gestión** de cada elemento **individualmente**.
- Recoge **información adicional**:
 - En los embalses:
 - Vertidos y falta de caudal mínimo.
 - Volumen adicional a gastar y a retener.
 - En todos los elementos:
 - Acumula esos valores para el propio elemento y los situados aguas arriba.

Método de simulación (III) – Pasada 2

- Desde la desembocadura de la cuenca **aguas arriba**.
- Modifica la gestión de la primera pasada.
- Para **evitar vertidos** obliga a los embalses a retener agua.
- Para **dar los caudales mínimos** aumenta el gasto de los embalses.
- Reparte las modificaciones proporcionalmente a la capacidad de cada elemento respecto al resto de la cuenca situada aguas arriba.

Método de simulación (IV) – Pasada 3

- Calcula las producciones de las centrales:
 - Necesita conocer el coeficiente energético.
 - Depende del salto de agua.
- Reparto de la producción entre punta y valle:
 - Coloca toda la producción posible en horas de punta.
 - Coloca el resto en horas de valle.



Índice

- Introducción
- Representación de los datos
- Método de simulación
- **Resultados**
- Conclusiones

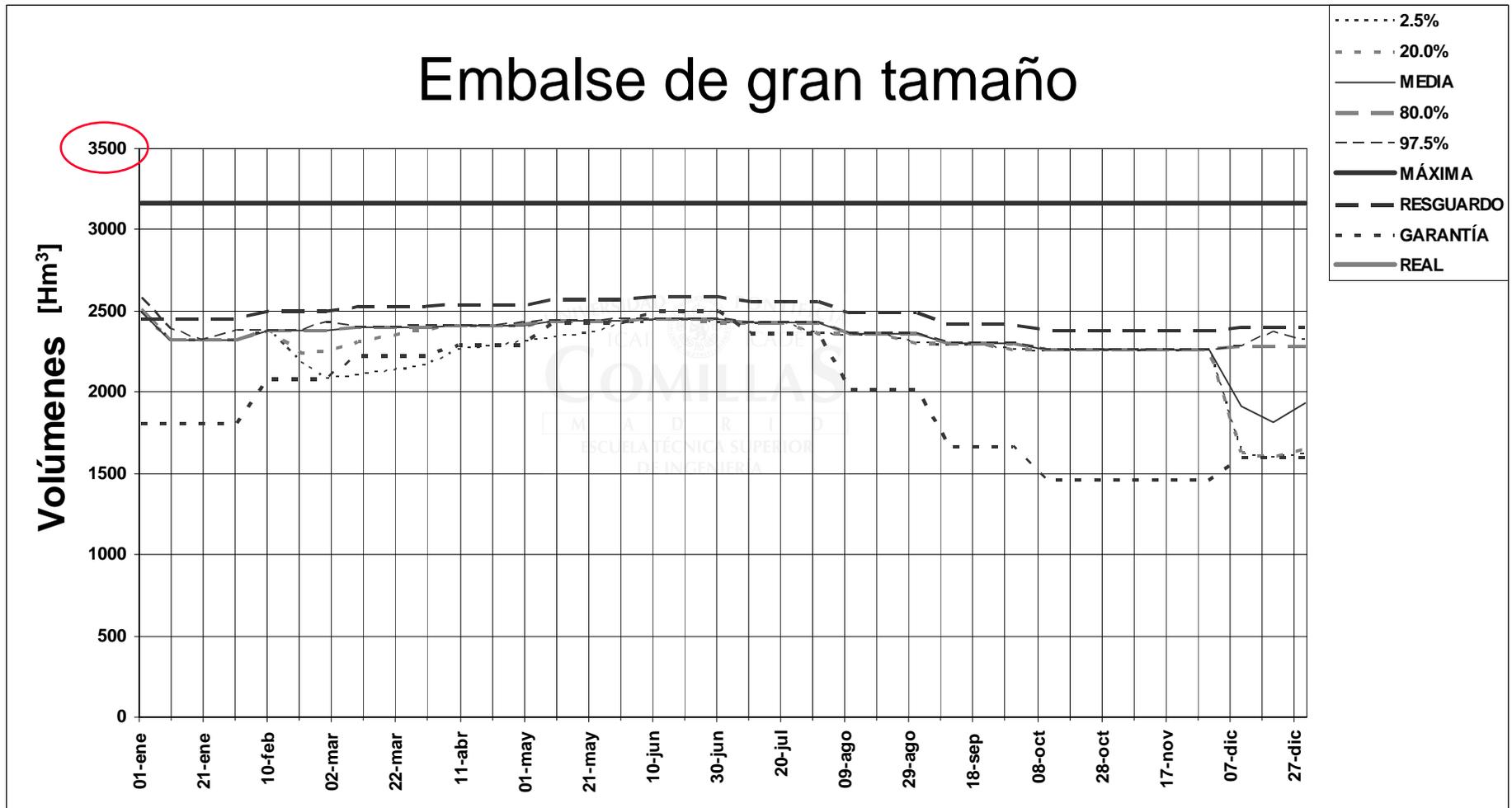


Caso de estudio

- Cuenca real de Iberdrola con:
 - 9 embalses de tamaño diverso.
 - 8 centrales hidráulicas.
 - 6 puntos de aforo.
 - 27 series históricas de aportaciones anuales.

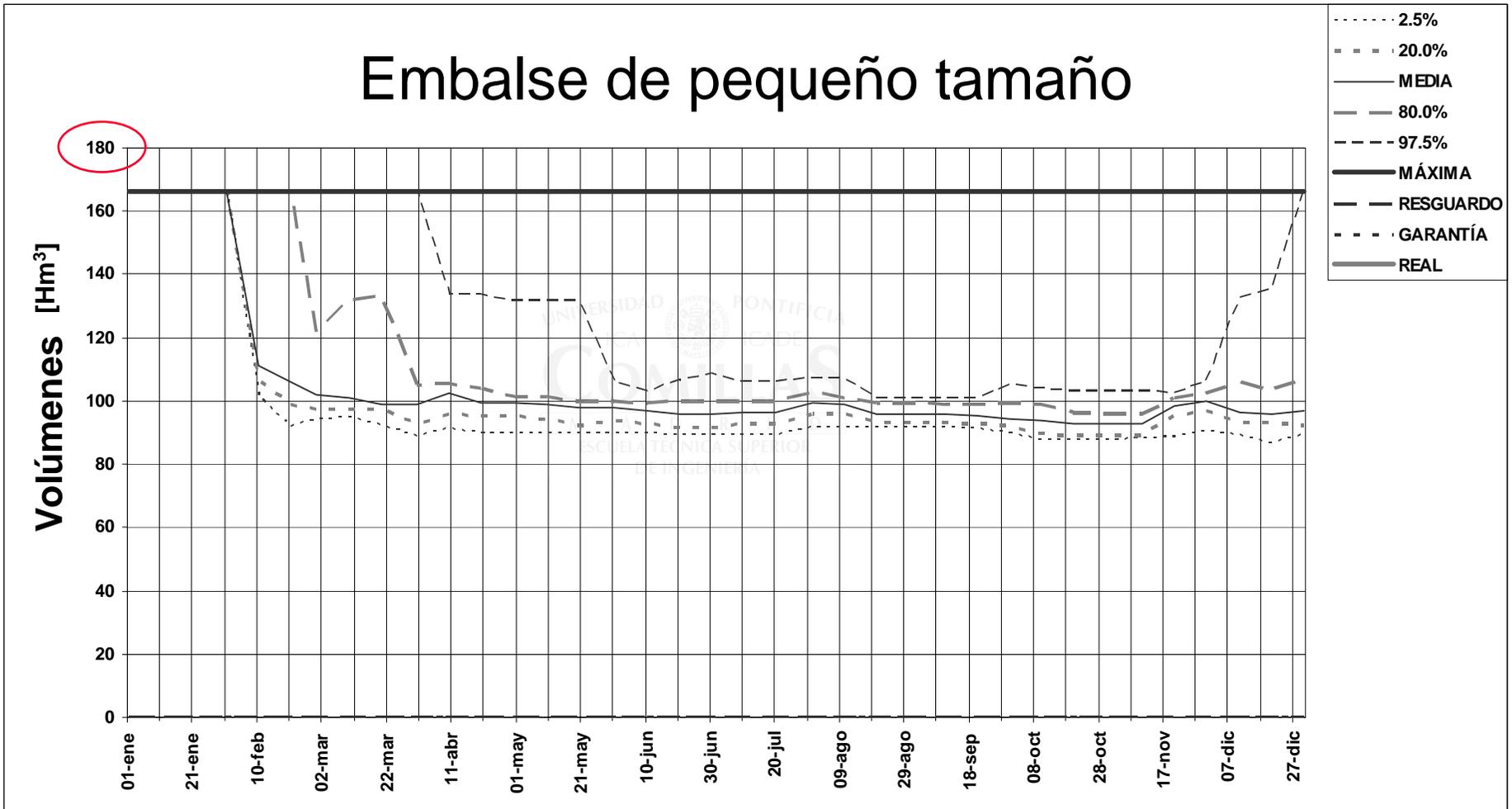


Resultados (I)



Resultados (II)

Embalse de pequeño tamaño



Índice

- Introducción
- Representación de los datos
- Método de simulación
- Resultados
- Conclusiones



Conclusiones

- Se ha propuesto un **método general de simulación** de cuencas hidráulicas.
- Se ha usado el enfoque de **Programación Orientada a Objetos**.
- Se ha preparado una **aplicación informática flexible** que implanta ese método.
- Se ha **validado con un caso de estudio** para una cuenca real.



Simulación de cuencas hidráulicas mediante Programación Orientada a Objetos

**Jesús María Latorre, Santiago Cerisola, Andrés Ramos (IIT-UPCo)
Alejandro Perea, Rafael Bellido (Iberdrola Generación)**