



*Jornada  
“Automatización y control  
de canales de riego”  
Madrid, 12 de marzo de 2020*

# **El control automático de canales en el contexto de la modernización del regadío**



*Luciano Mateos  
Instituto de Agricultura Sostenible, CSIC, Córdoba*

# Control de canales y modernización del regadío

---

- “introducción de nuevos equipos e infraestructuras”
- “transformación fundamental de la gestión de los recursos hídricos del regadío con el objetivo de mejorar
  - ✓ la utilización de los recursos y
  - ✓ el servicio provisto a los agricultores”.
    - *eficiencia*      • *fiabilidad*
    - *adecuación*   • *flexibilidad*

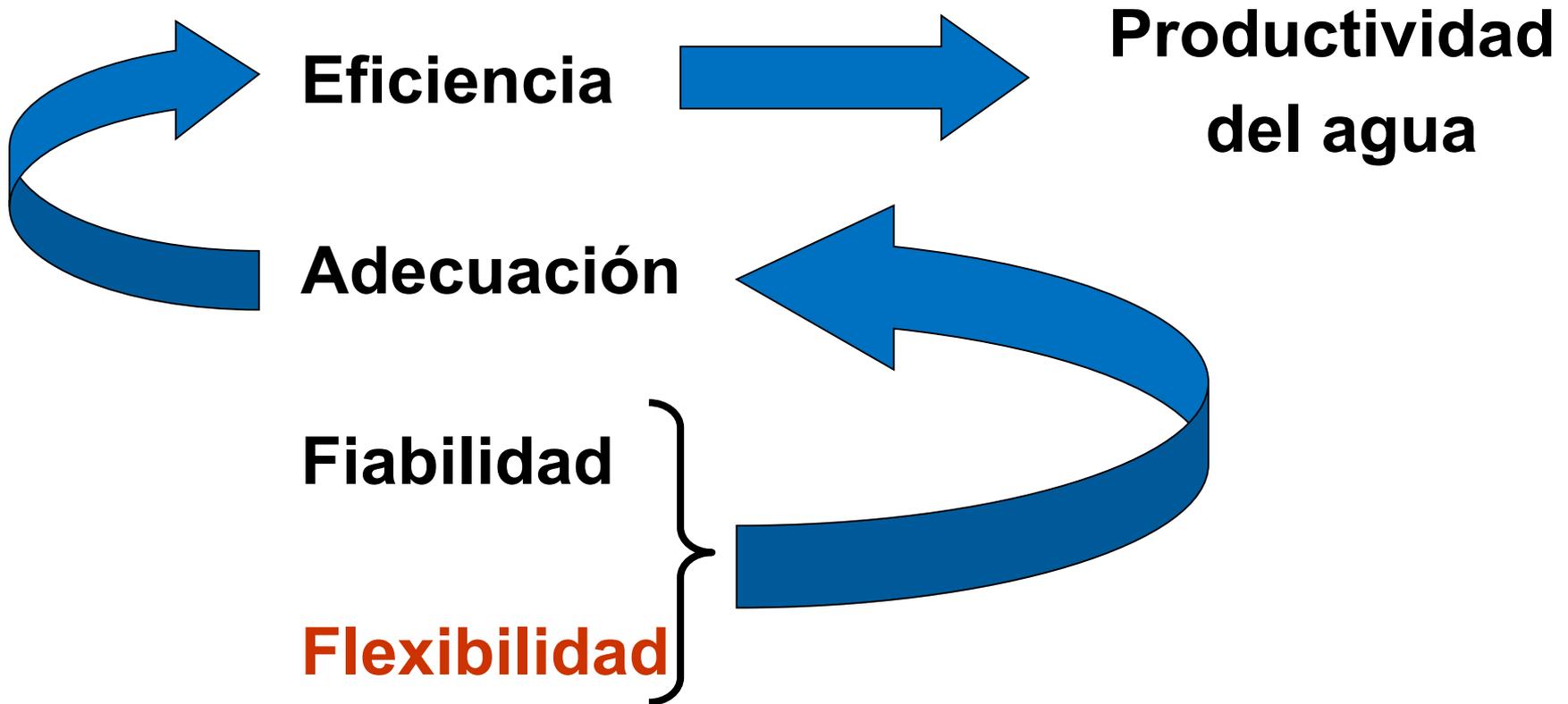
# Control de canales y modernización del regadío

---

## Conceptos de flexibilidad y servicio

- |                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| • <b>Frecuencia</b> | - <b>Libre</b>       |
| • <b>Duración</b>   | - <b>Restringido</b> |
| • <b>Caudal</b>     |                      |

# Control de canales y modernización del regadío





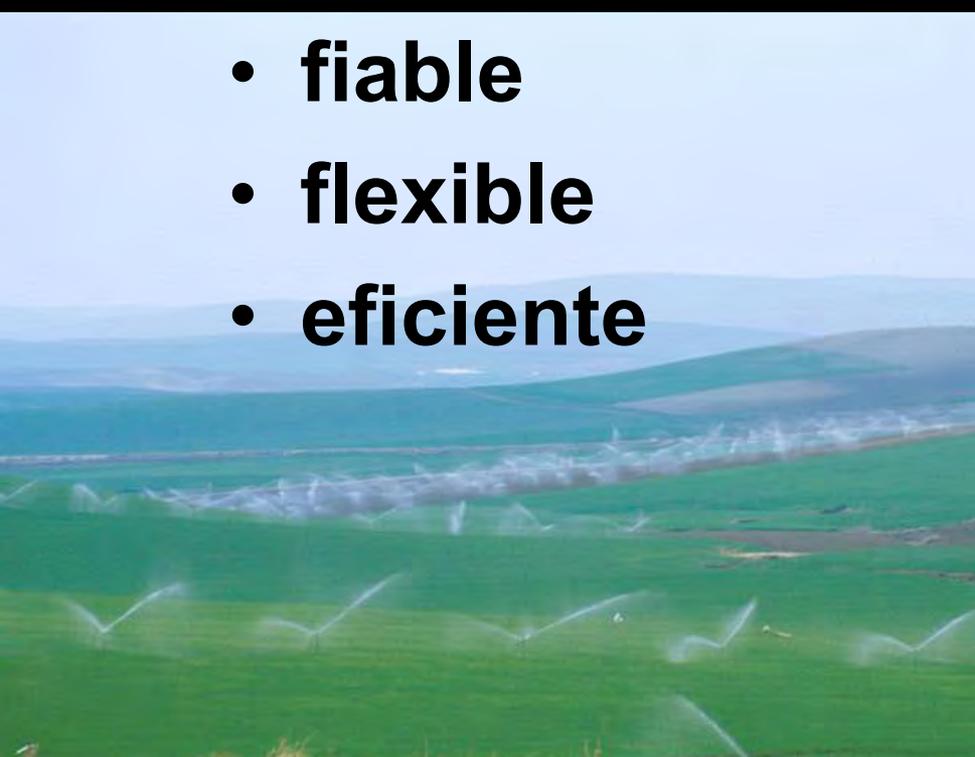


- **fiabile**
- **inflexible**
- **“ineficiente”**

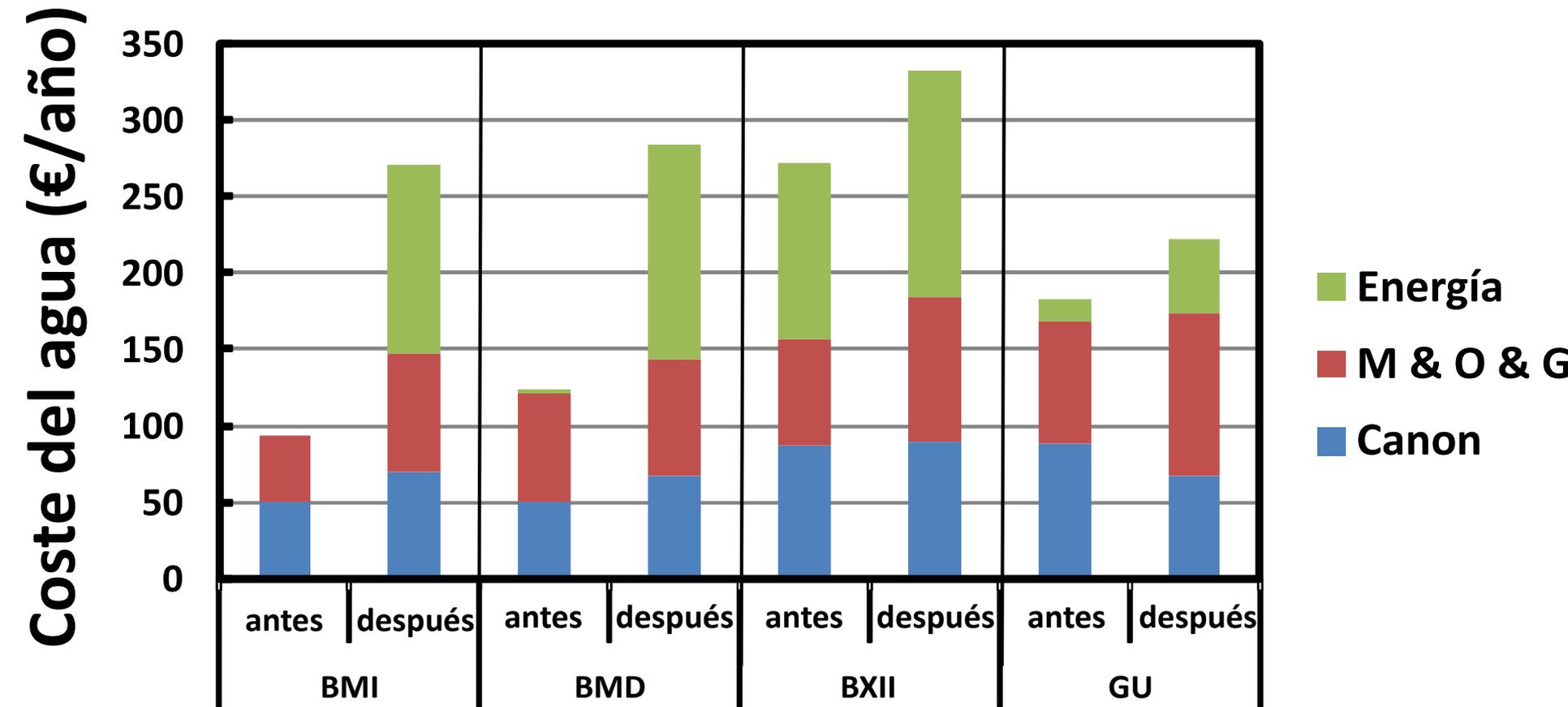




- **fiabile**
- **flexibile**
- **eficiente**



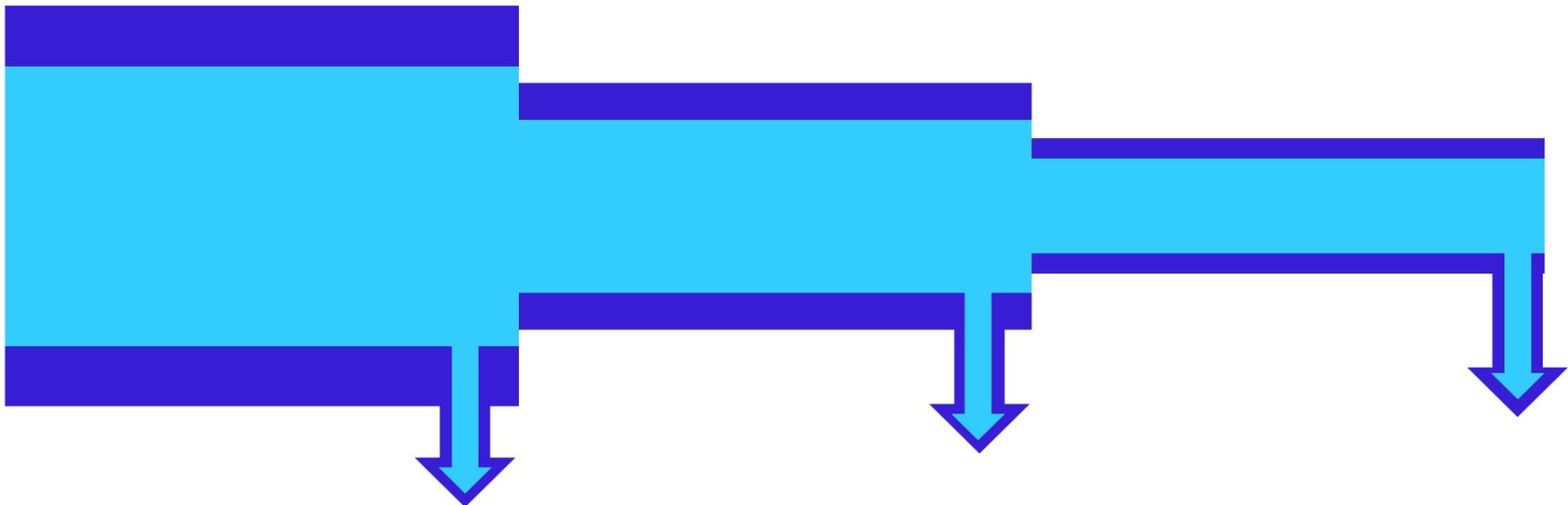
# Control de canales y modernización del regadío



# Control de canales y modernización del regadío

## Cálculo de la capacidad según el tipo de reparto

- **Flujo continuo o rotación: necesidades de agua de los cultivos en el período de máxima demanda**
- **Demanda, concertado: la probabilidad de peticiones o demandas de agua simultáneas aumenta, luego la capacidad debe incrementarse**



# Control de canales y modernización del regadío

Capacidad relativa del canal:  $Q_n = \frac{Q}{Q_t}$

Caudal ficticio continuo de una toma:  $Q_t$

Caudal en el canal:  $Q$

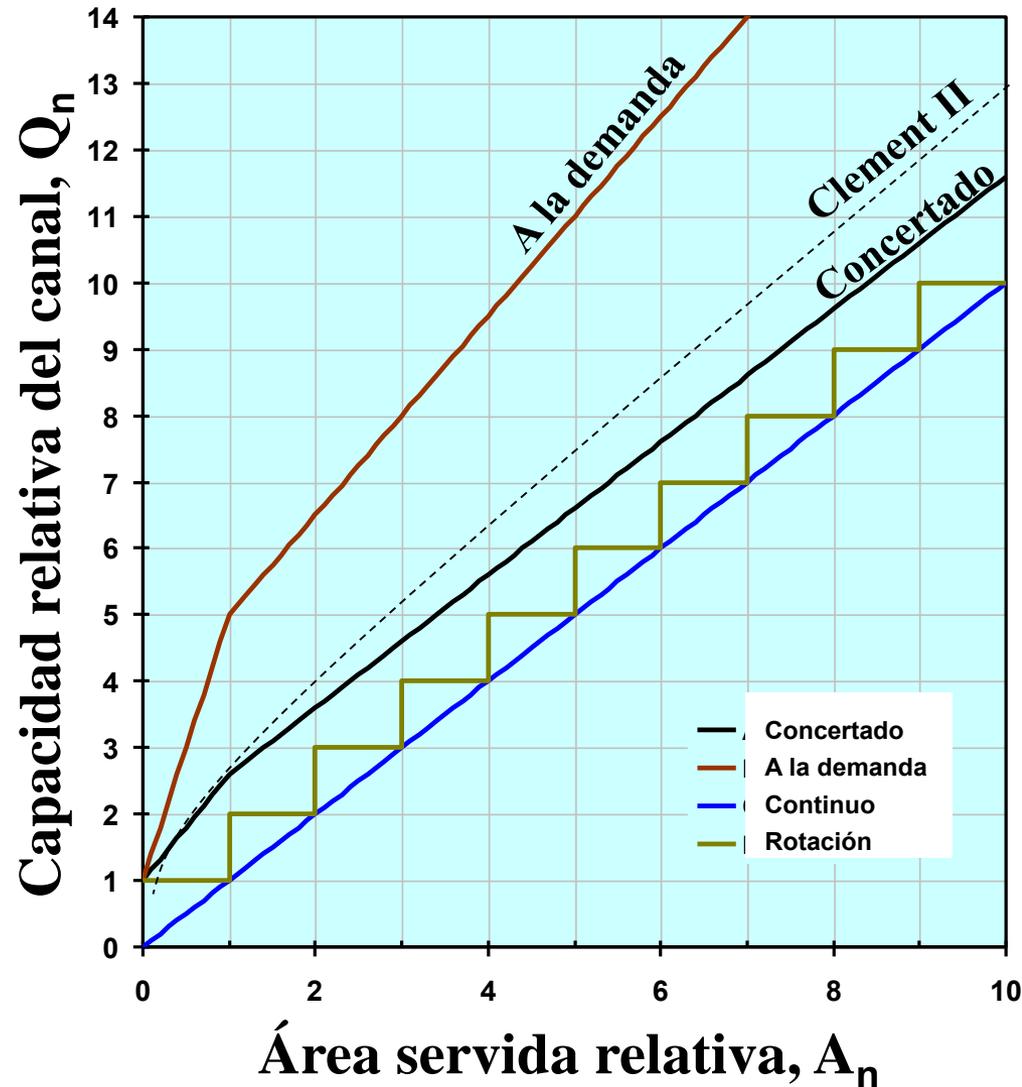
Área servida relativa:  $A_n = \frac{A}{A_t}$

Área que puede regarse con  $Q_t$ :  $A_t$

Área que puede regarse con  $Q$ :  $A$

**Calidad de la operación: 90%**

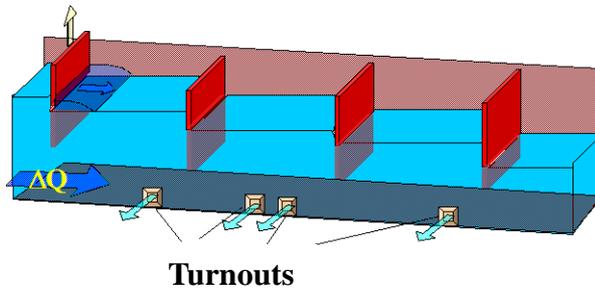
From Clemmens (1986). JIDE, ASCE



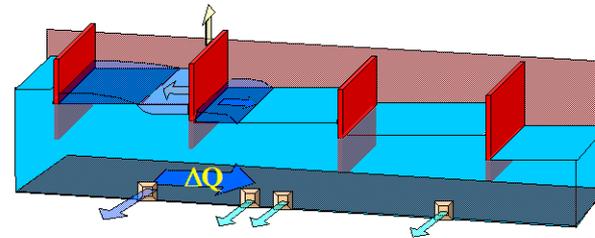
# Conceptos de operación y control de canales

## ● Operación convencional de canales

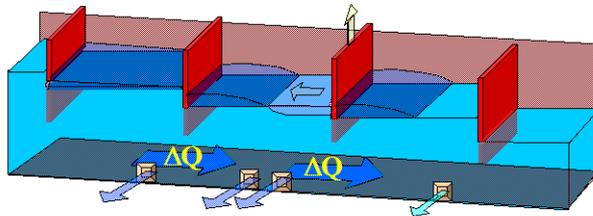
1. El caudal aumenta en cabecera



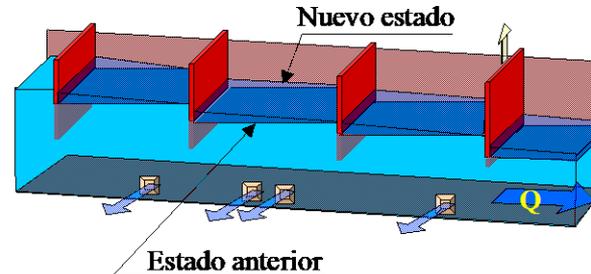
2. Se abre la compuerta junto a la 1ª toma



3. El caudal aumenta en las compuertas y tomas sucesivas



4. Nuevo régimen permanente



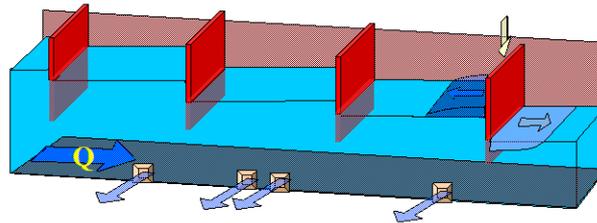




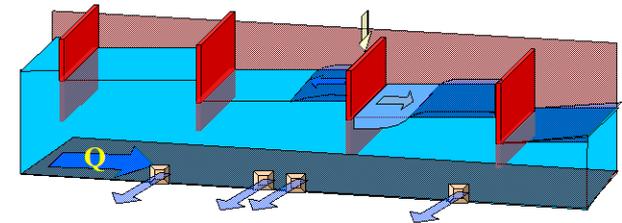
# Conceptos de operación y control de canales

- **Operación convencional de canales: reajustes de cola a cabeza**

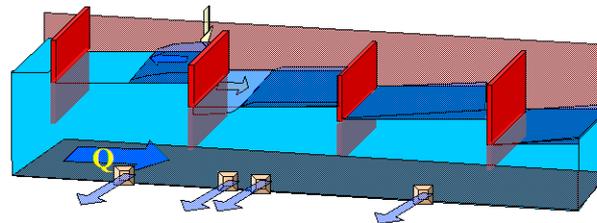
1. El flujo decrece aguas abajo



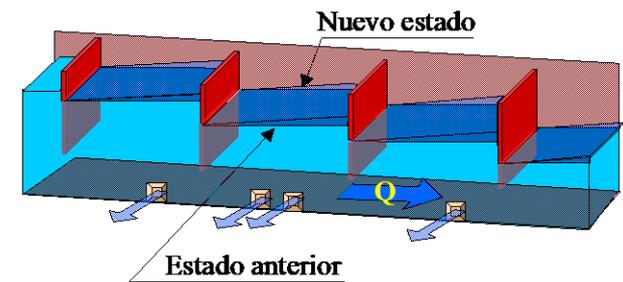
2. Reajuste de compuertas



3. Reajuste de compuertas y tomas sucesivas



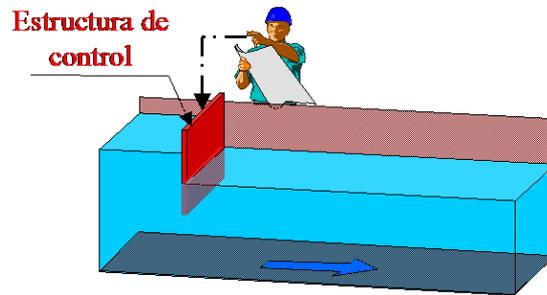
4. Nuevo régimen permanente



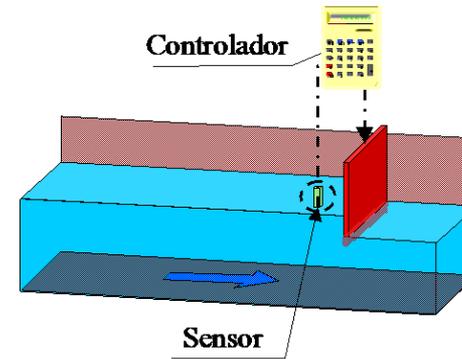
# Conceptos de operación y control de canales

- Clasificación de los métodos de control de canales

a) Control manual local



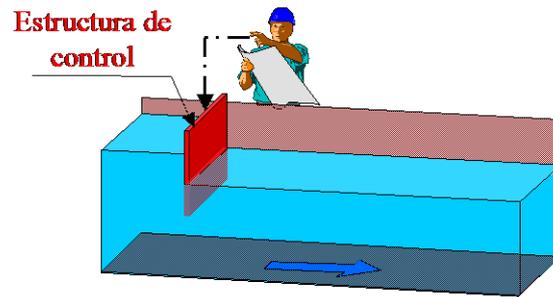
b) Control automático local



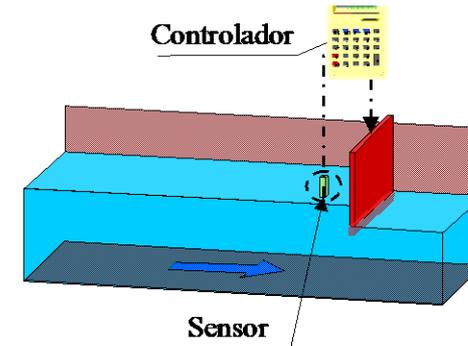
# Conceptos de operación y control de canales

- **Clasificación de los métodos de control de canales**

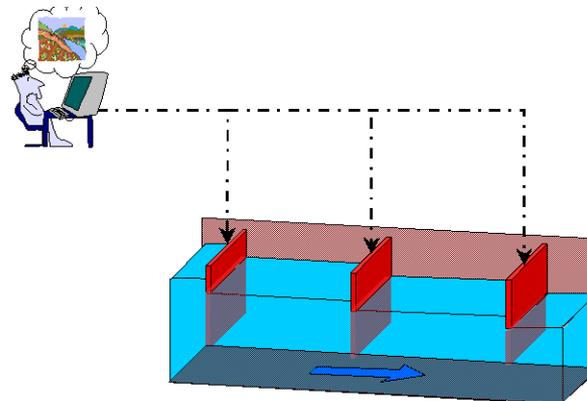
a) **Control manual local**



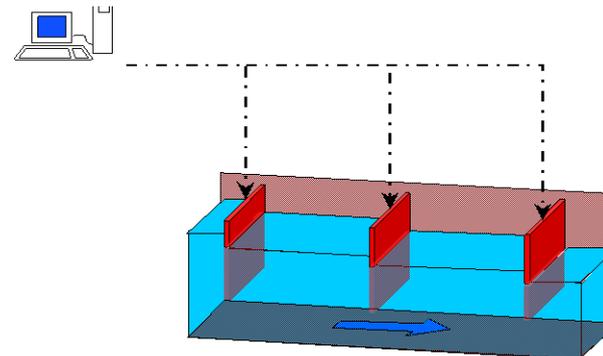
b) **Control automático local**



c) **Control centralizado**

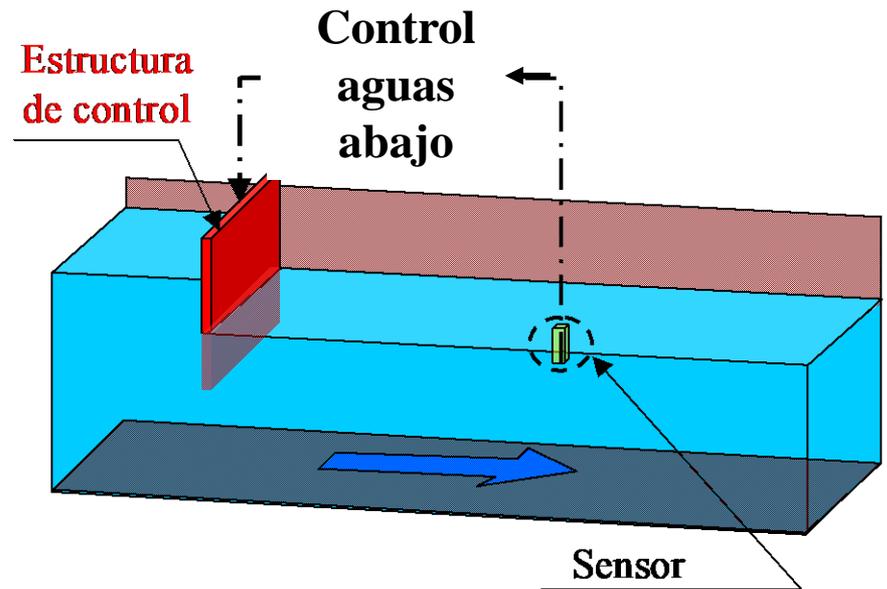
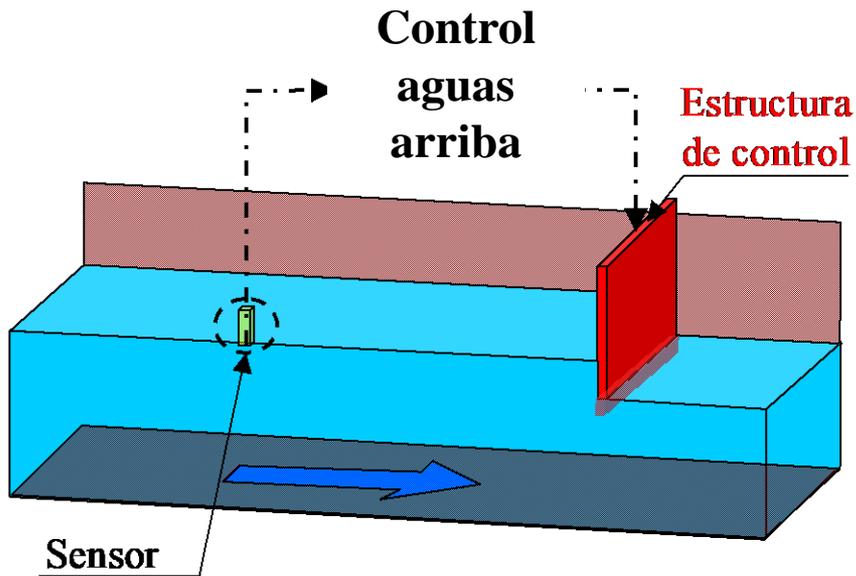


d) **Control centralizado (SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition)**



# Conceptos de operación y control de canales

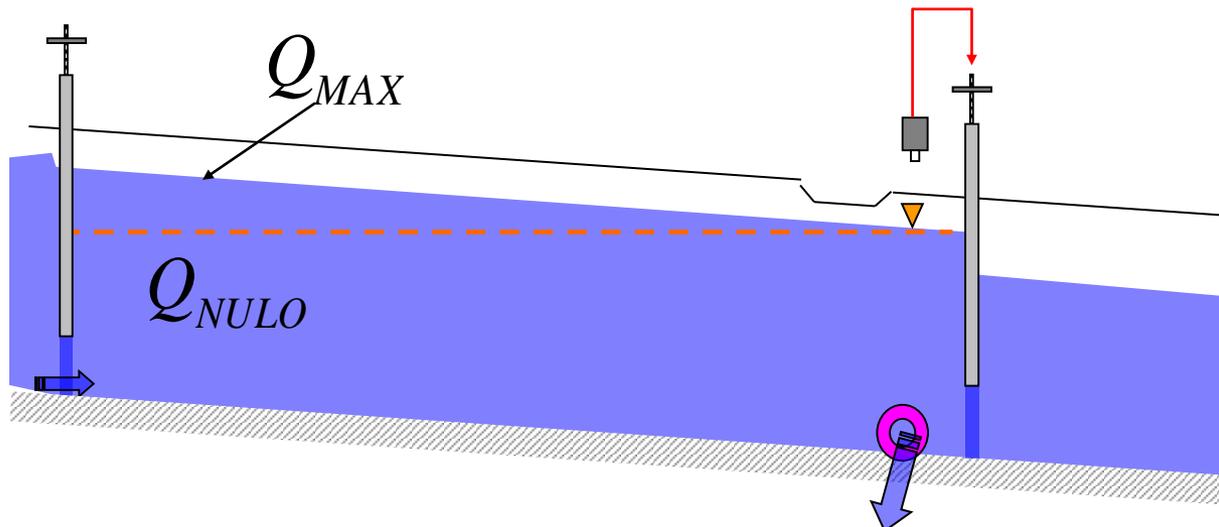
- **Conceptos de control**



# Conceptos de operación y control de canales

## Control local aguas arriba

- Regido por el suministro
- Las pérdidas operacionales son inevitables
- Capacidad de transporte máxima



# Compuerta Amil







CAFE

BASCULA

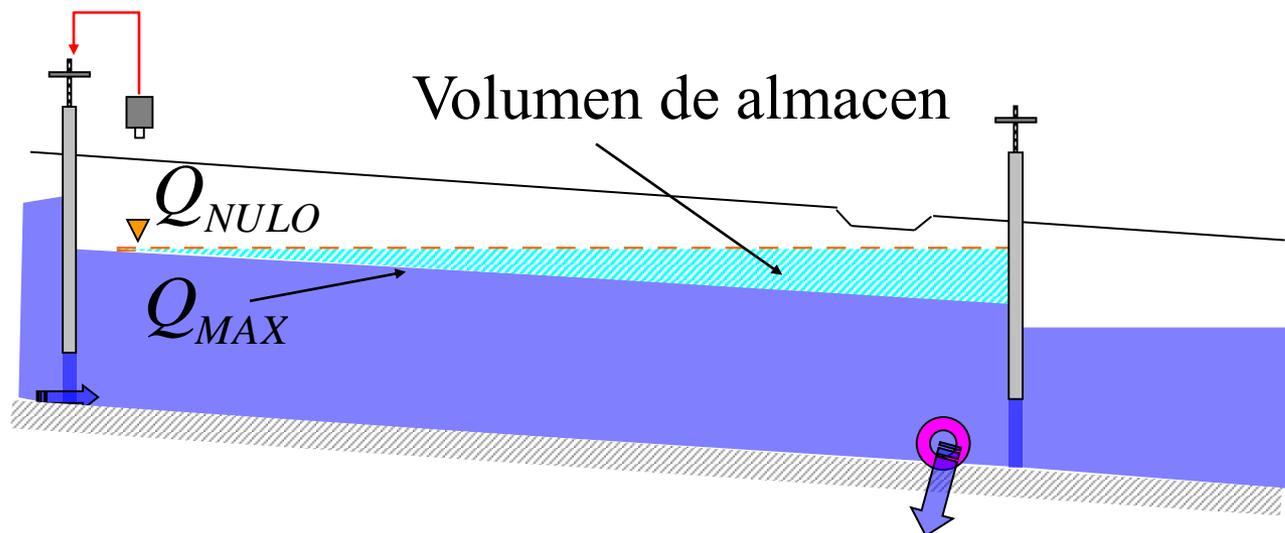




# Conceptos de operación y control de canales

## Control local aguas abajo

- Regido por la demanda
- No hay pérdidas operacionales
- La capacidad de transporte se reduce
- Tiempo de respuesta largo



# Compuerta AVIS



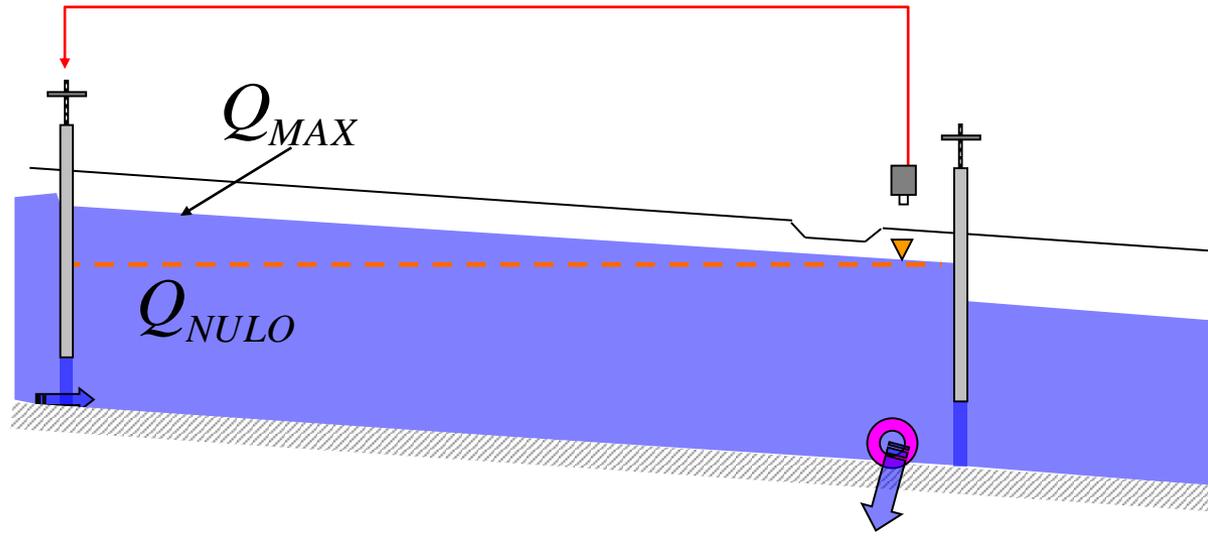
# Compuerta AVIS



# Conceptos de operación y control de canales

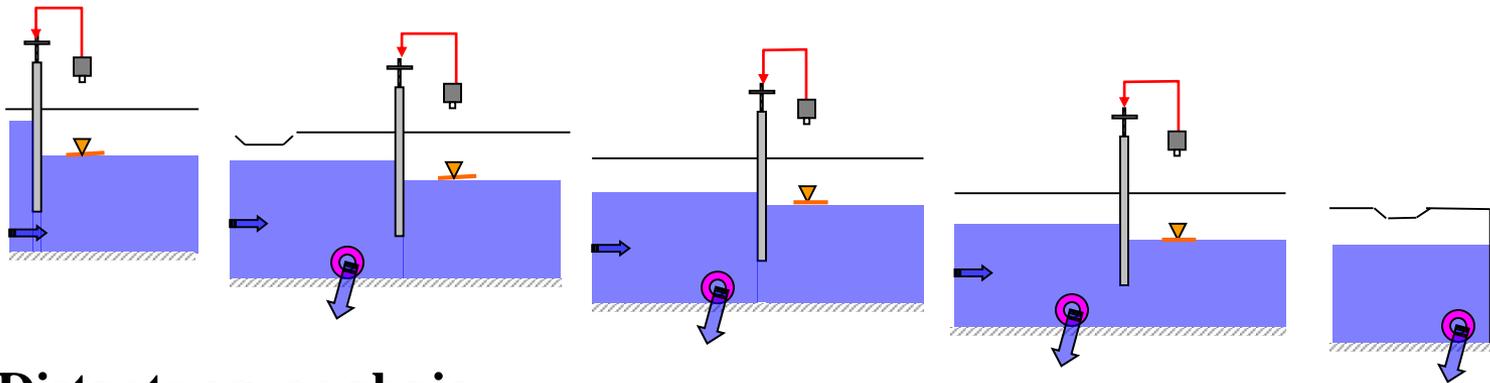
## Control distante aguas abajo

- Regido por la demanda
- Puede haber algunas pérdidas operacionales
- Capacidad de transporte máxima
- Anticipa la respuesta

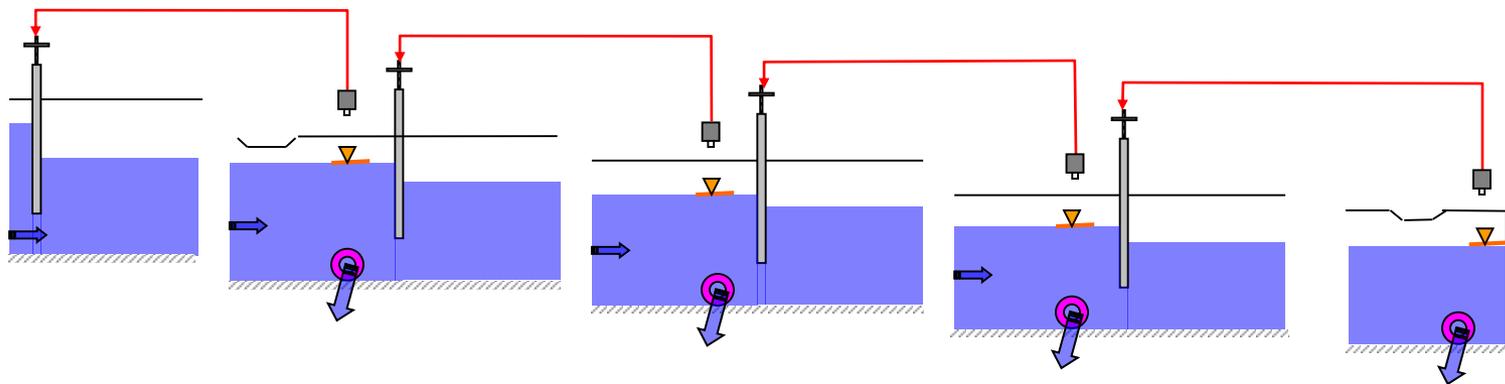


# Conceptos de operación y control de canales

## Local aguas abajo



## Distante aguas abajo





# Conceptos de operación y control de canales

---

- **Elementos de un sistema de control:**
  - » software
  - » hardware
  - » sensores
  - » equipo de comunicación
- **Tipos de sistemas de control:**
  - » estructuras autoregulables con algoritmos implícitos
  - » controladores automáticos con feedback (i.e., PI)
  - » control centralizado

# Ejemplo de control automático integral. Sector BXII del Bajo Guadalquivir



# Ejemplo de control automático integral. Sector BXII del Bajo Guadalquivir



# Ejemplo de control automático integral. Sector BXII del Bajo Guadalquivir



# Ejemplo de control automático integral. Sector BXII del Bajo Guadalquivir

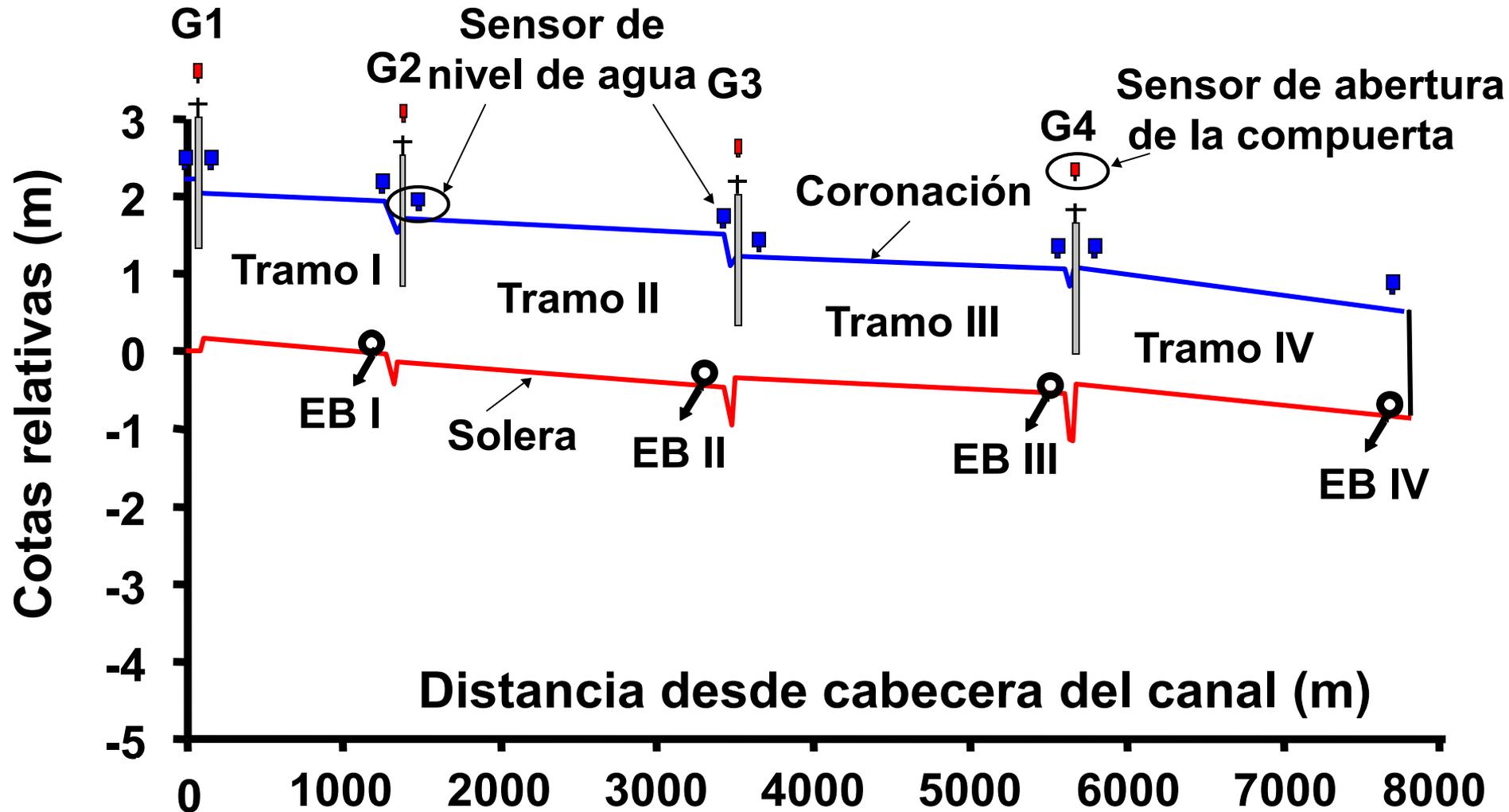






# Ejemplo de control automático integral.

## Sector BXII del Bajo Guadalquivir

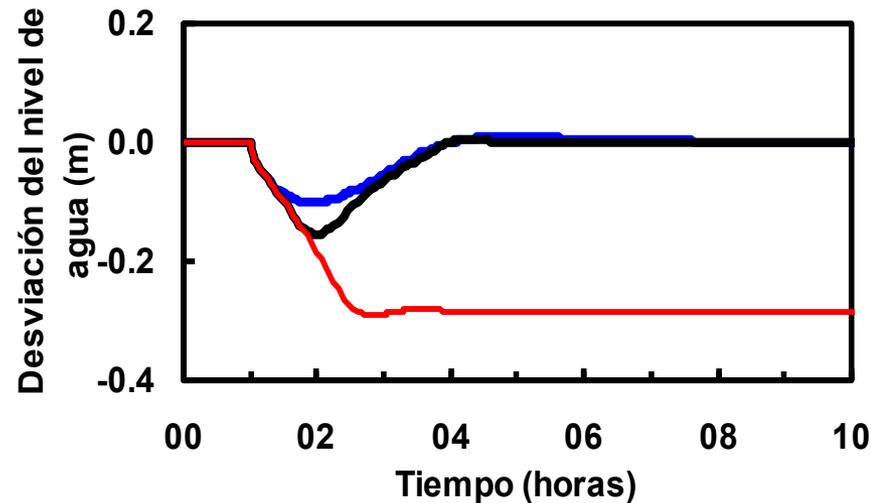
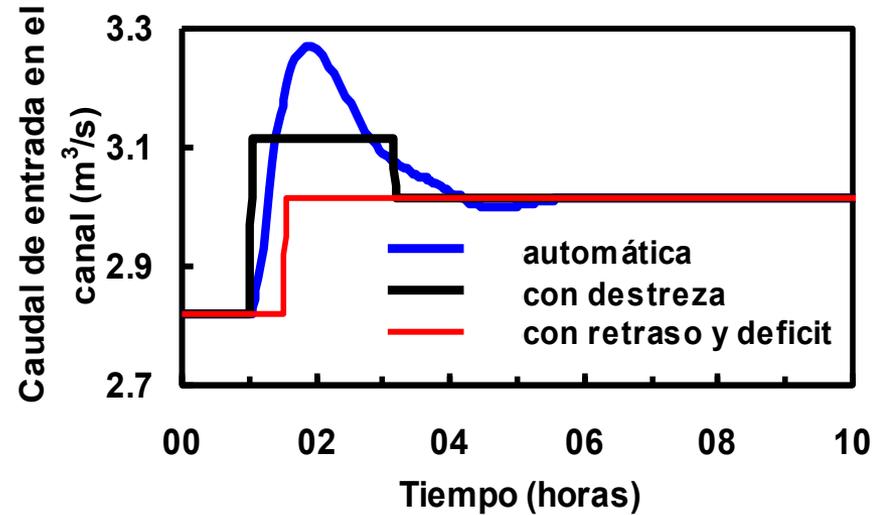
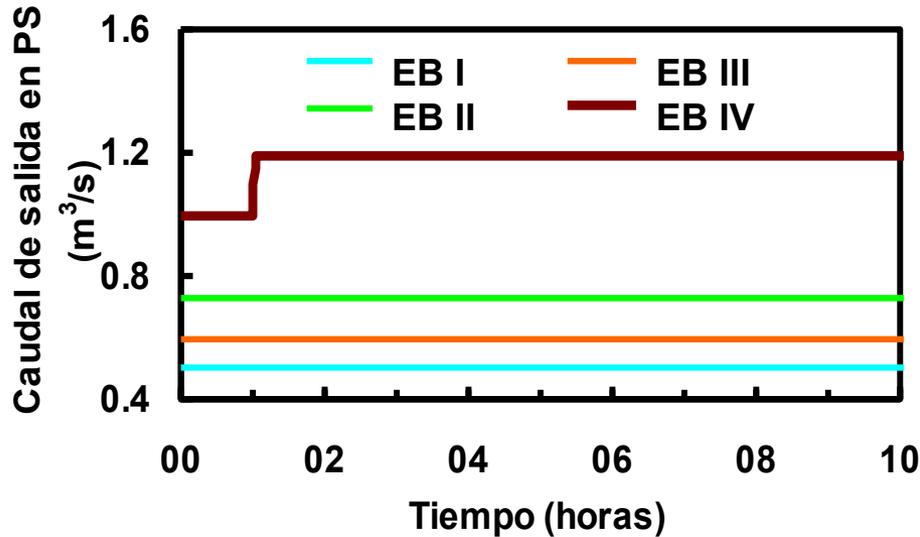


# Ejemplo de control automático integral. Sector BXII del Bajo Guadalquivir

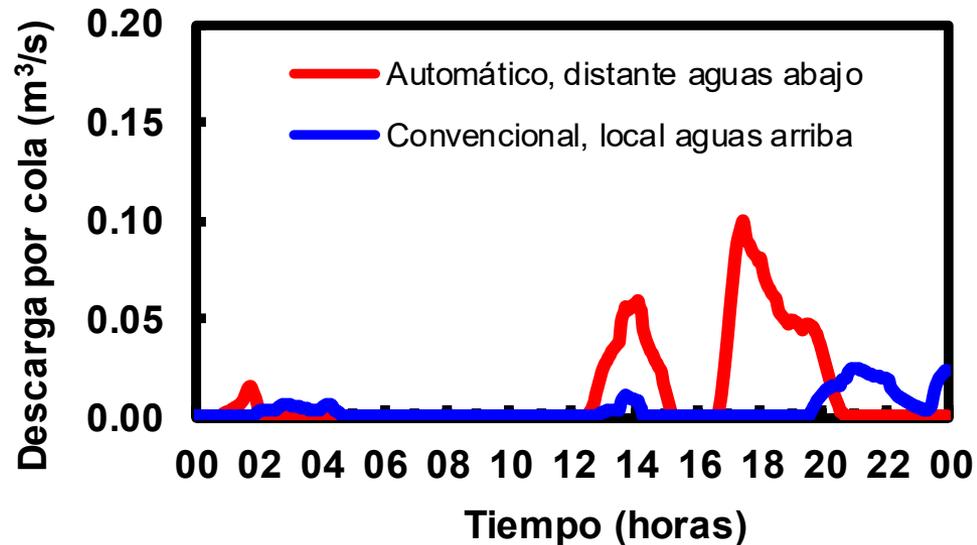
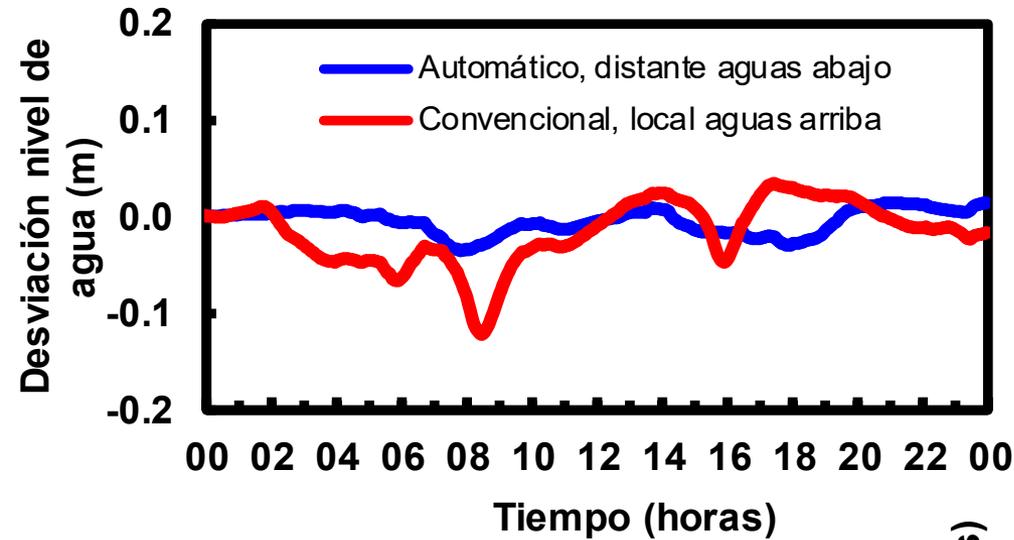


- Para simular el flujo en canales con flujo variable
- Para evaluar métodos de control

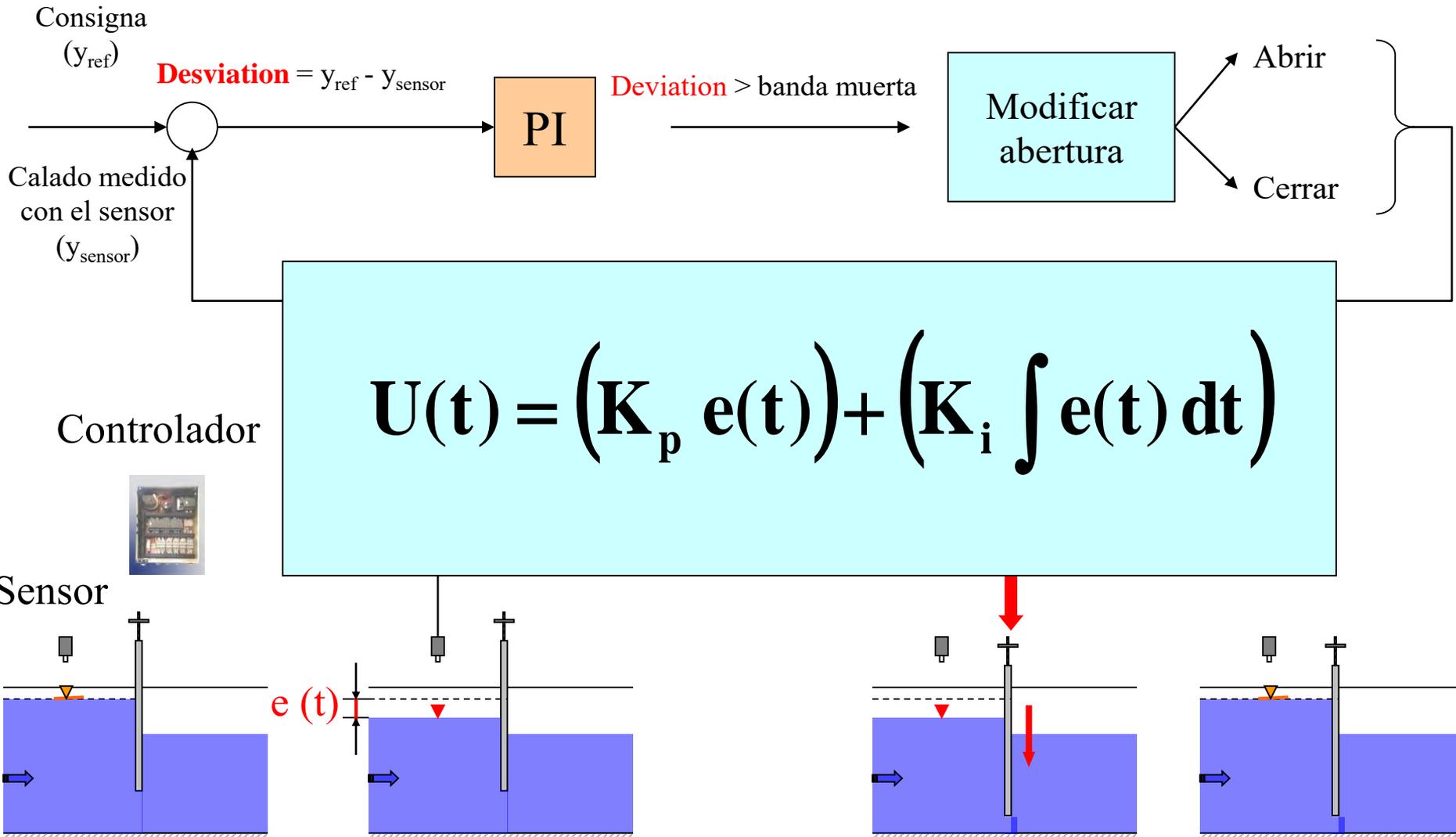
# Ejemplo de control automático integral. Sector BXII del Bajo Guadalquivir



# Ejemplo de control automático integral. Sector BXII del Bajo Guadalquivir



# Ejemplo de control automático integral. Sector BXII del Bajo Guadalquivir



***¡Gracias!***

