



# REGULACIÓN A LA DEMANDA EN LÁMINA LIBRE

JORNADA AHORRO DE AGUA EN CANALES Y GRANDES  
INFRAESTRUCTURAS DE RIEGO

ISO 9001:2015  
ISO 14001:2015  
ISO 45001:2018  
BUREAU VERITAS  
Certification



# Regulación a la demanda en lámina libre

## Cuando un canal se comporta como una tubería



### Planteamiento

- La demanda del cultivo
- Método de riego: agua, energía, mano de obra
- Caudal y volumen

### Posibles alternativas

- Redes presurizadas
- Control de las ondas de crecida y receso
- Regulación a la demanda

### Regulación a la demanda

- Aprovechar la sección del canal
- Regulación de balsas
- Regulación de salidas de presa
- Casos de éxito

# Regulación a la demanda en lámina libre



## Planteamiento del problema

### DEMANDA DE LOS CULTIVOS:

- Cada parcela de cultivo, en función del estado de avance fenológico, de las características del suelo, del abonado o tratamientos recibidos,... demanda un riego en un momento dado, que, de no recibirlo, significará una merma en la producción
- El suelo tiene una cierta capacidad de retención en función de su granulometría, contenido en materia orgánica,... y cada cultivo, en cada estado fenológico tiene una capacidad de aprovechar esa agua retenida. Esto provoca que no sea un almacenamiento eficiente. Por lo tanto, saturar el suelo cuando la planta no lo necesita, supone una pérdida de recurso
- Cada vez hay mejores herramientas para que el agricultor conozca las necesidades de su cultivo: SIAR, sensores de humedad para el suelo, drones con sensores especiales para detectar la EvapoTranspiración, temperatura,...
- **El reto: llevar el agua hasta el cultivo cuando éste lo necesita**

# Regulación a la demanda en lámina libre



## Planteamiento del problema

### AHORRO DE AGUA:

- Mucho se ha hablado de las ventajas del riego localizado, del ahorro de agua que supone frente al “ineficiente riego por gravedad”. Sin embargo, el problema va mucho más allá de la eficiencia de aplicación en parcela, si no que hay que mirar el problema a nivel cuenca
- Realmente, ahorro de agua se consigue cuando se practica el riego deficitario, manejando el estrés hídrico del cultivo o escogiendo cultivos con menores necesidades de riego, que es lo que hacen los regantes en épocas de escasez
- Si el cambio climático va a acentuar los periodos de sequía que en España suceden periódicamente, deberemos apuntar a dar el menor volumen disponible cuando más lo necesite el cultivo, optimizando su productividad
- Un riego eficiente en parcela, con una distribución eficiente en la red terciaria, si no va acompañado de un manejo eficiente del canal principal y de los desembalses, no se traducirá en el ahorro potencial que debería ser, pues no se perderá agua por escorrentías o infiltración profunda en parcela ni en la red terciaria de drenaje, pero puede dar lugar a mayores vertidos en la red principal

# Regulación a la demanda en lámina libre



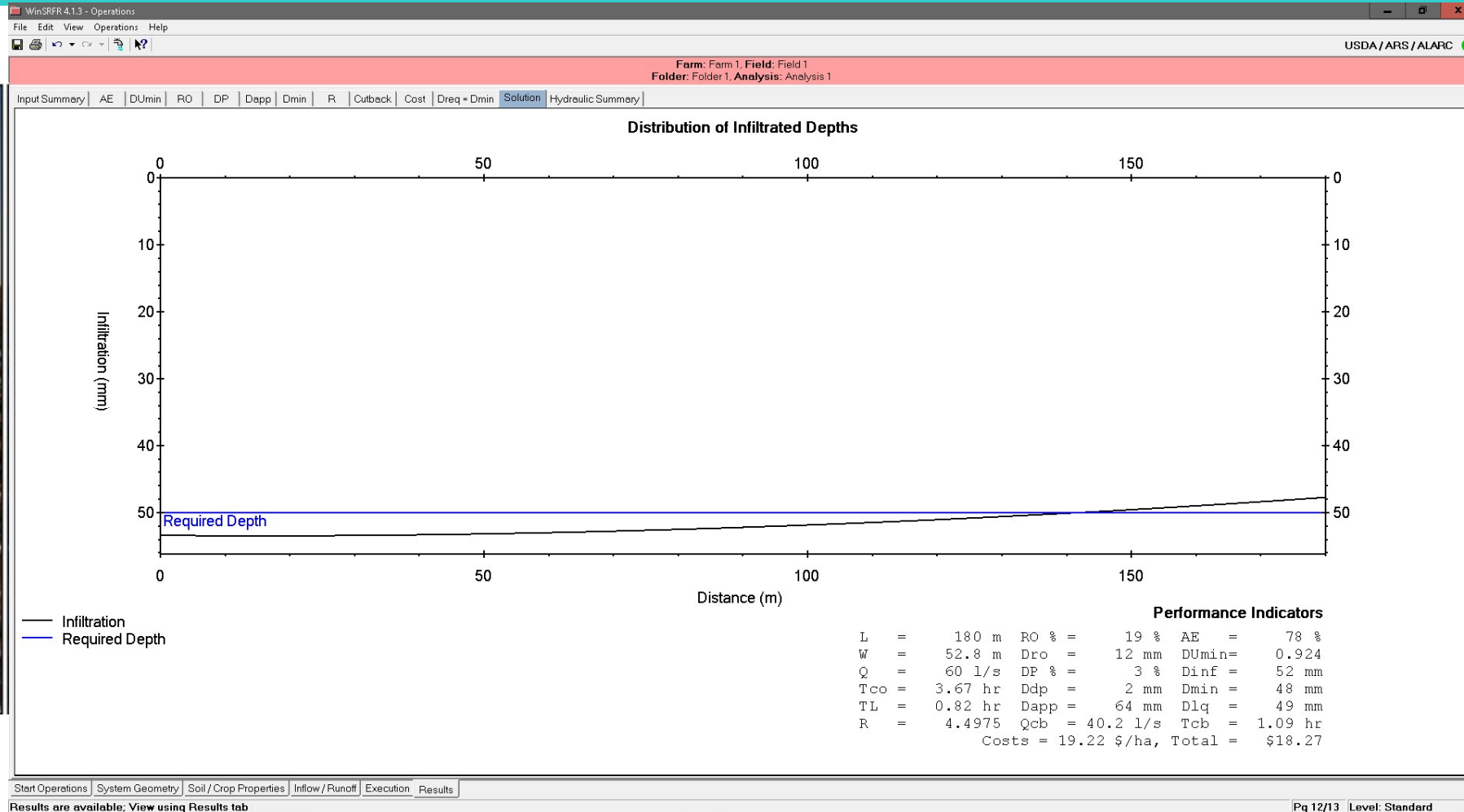
## Planteamiento del problema

### VOLUMEN = CAUDAL X TIEMPO .... Y AMBOS SON IMPORTANTES

- El riego gravitacional tecnificado, con caudales instantáneos en cada surco o cantero adaptados a la geometría de los mismos, pendiente, longitud, tasa de infiltración,... permite conseguir eficiencias de entre un 75 y un 85%, sin coste de energía. El uso de mangas de riego permite no sólo dar el mismo caudal de agua en cada surco, cuestión que es importante cuando la azada es la herramienta alternativa, si no también hacer planificación de riego usando electroválvulas accionadas a distancia o de forma programada con ahorro de mano de obra y de agua
- El problema se traslada a ser capaz de dar al regante el caudal que demanda con precisión, pues para poder dar 1,5 l/s a 30 surcos, el caudal en la toma debe ser de 45 l/s mientras dure la jornada de riego, independientemente de la fluctuación de nivel en la acequia
- El problema por lo tanto no es sólo entregar 300 m<sup>3</sup> para hacer un riego, si no que los 300 m<sup>3</sup> se entreguen con un caudal adecuado a las necesidades del cultivo y al método de riego, sin variaciones durante el tiempo de riego.
- Los medidores volumétricos sólo dan el dato de volumen consumido, por lo que es necesario un elemento que sea capaz de controlar el caudal. **Los Módulos de Orificio de simple o doble máscara de TEMEC** permiten controlar el caudal y mantenerlo constante incluso cuando el nivel en la acequia varía en un rango suficientemente amplio

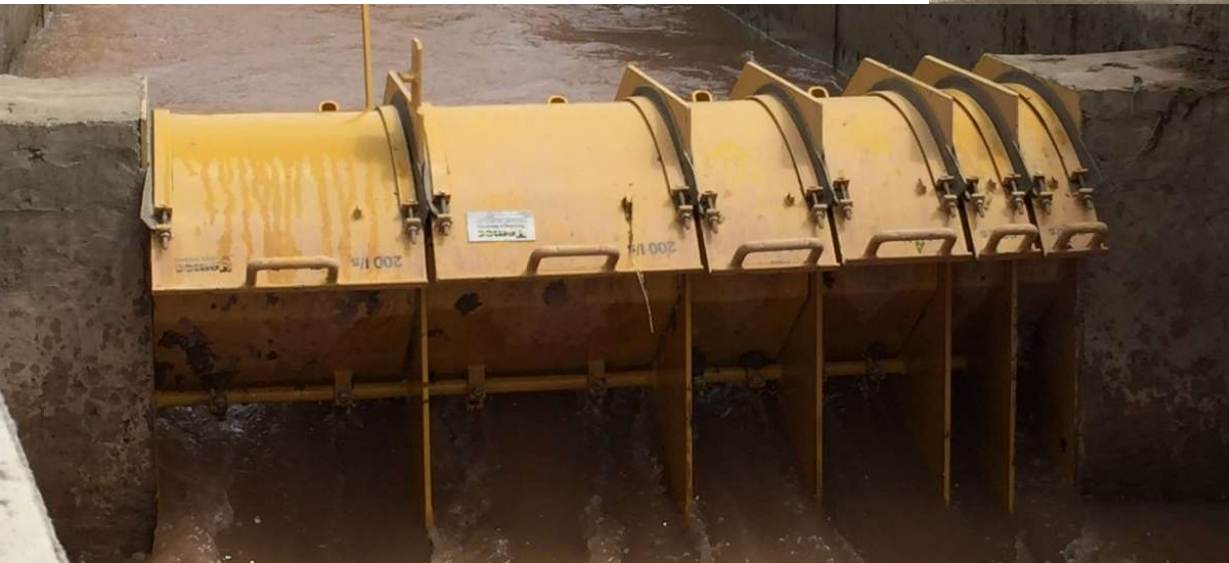
# Regulación a la demanda en lámina libre

## Planteamiento del problema



# MÓDULOS DE ORIFICIO

Derivaciones de caudal constante para conducciones en lámina libre

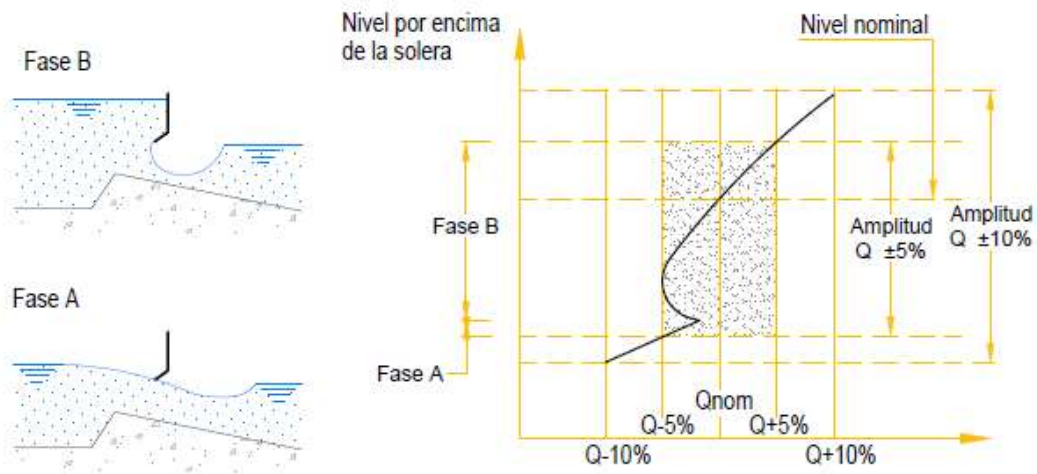


# MÓDULOS DE ORIFICIO

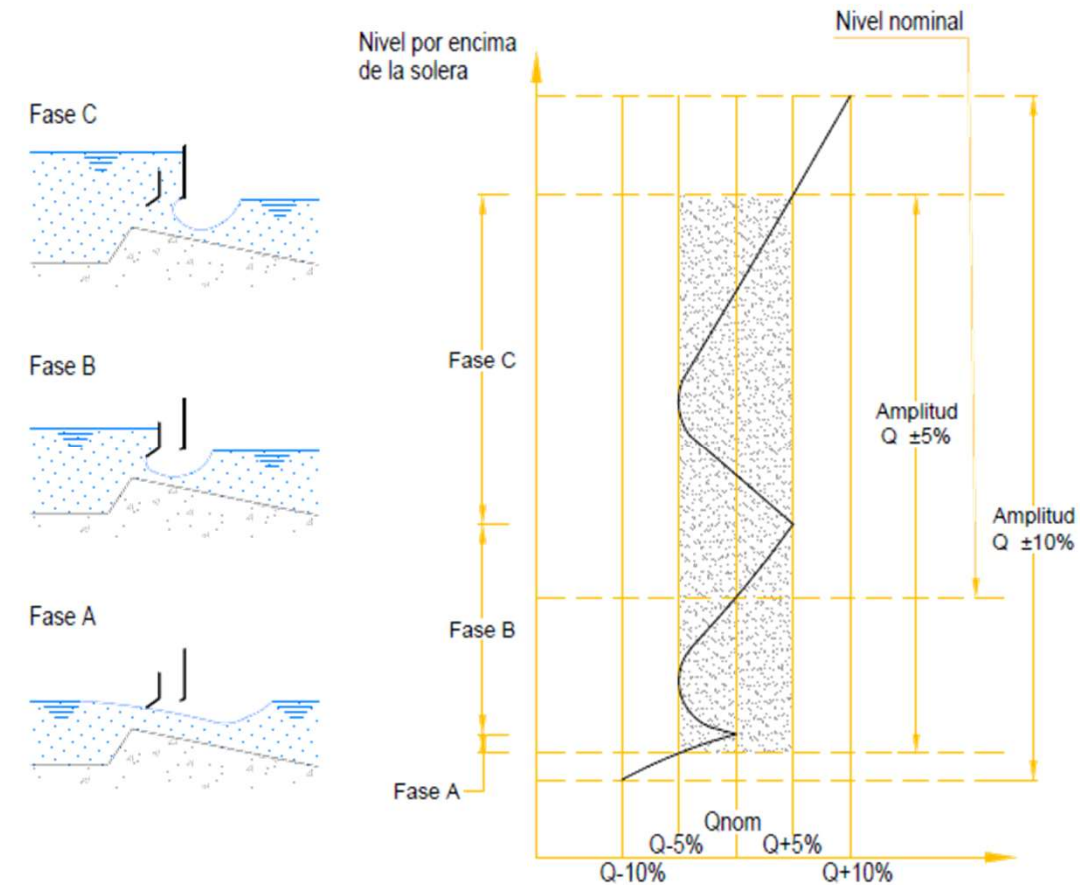
Derivaciones de caudal constante para conducciones en lámina libre



## Simple máscara



## Doble máscara





# MÓDULOS DE ORIFICIO

Derivaciones de caudal constante para conducciones en lámina libre



## FUNCIÓN

- Derivar un caudal constante, aunque varíe el nivel en el canal y con una pérdida de carga mínima
- Posibilidad de ajustar el caudal en múltiplos

## APLICACIONES

- Control de caudales
- Entregas a usuarios

## PROPIEDADES

- Transparencia al ser TODO o NADA
- Maniobra manual sencilla y rápida
- Posibilidad de monitoreo de los caudales instantáneos y de los volúmenes acumulados con data-logger / RTU
- Posibilidad de telecomando con actuador eléctrico 12V

# Regulación a la demanda en lámina libre



## Posibles soluciones

### REDES PRESURIZADAS:

- La solución mayormente adoptada en España para la modernización de regadíos ha sido la sustitución de la red de distribución terciaria, y en algunos casos secundaria, por una red presurizada alimentada por una estación de bombeo colectiva que entrega en cada parcela el agua por medio de un hidrante que tiene normalmente un filtro cazapiedras, un contador volumétrico y una válvula reductora de presión / limitadora de caudal
- Con el coste actual de la energía eléctrica (*a más de 200 euros el MWh*) realmente influye y mucho en la estructura de costes del regante, que se suma a la inversión necesaria en parcela y el pago a SEIASA (*amortización*), mantenimiento de equipos,...
- El coste de la energía eléctrica provoca que las horas de riego se tengan que limitar a las horas valle, cuando la electricidad es más barata. Por lo tanto, o se dispone de un elemento de almacenamiento de agua (privado o comunitario) o bien los caudales demandados serán mayores y luego la demanda será nula, planteando un problema de almacenamiento de volúmenes en el propio canal o en balsas colindantes y de incrementos en los caudales circulantes. Se hace por tanto imprescindible que las obras de modernización contemplen no sólo la mejora en la red terciaria, si no también en el canal principal y secundarios

# Regulación a la demanda en lámina libre



## Planteamiento del problema

### REDES PRESURIZADAS:

- Una red presurizada mejora la entrega a las parcelas, función del grado de libertad asignado, pero requiere de inversiones millonarias, crea una dependencia de la energía eléctrica y encarece el coste de mantenimiento de la infraestructura
- En muchos casos han surgido problemas derivados por la concentración de la demanda en unas pocas horas, pues la capacidad de transporte de los canales es limitada y no siempre se han asociado las estaciones de bombeo a balsas
- Problemas añadidos: Fallo en el suministro de energía eléctrica, (*sacando fuera de servicio de forma intempestiva un consumo que deberá ser vertido si no hay un ajuste en el caudal circulante*), roturas por problemas con las ventosas, pérdida de carga en los elementos del hidrante,...
- El riego gravitacional tecnificado es un complemento perfecto para las horas diurnas, cuando la energía es más cara. El reto es como convivir con las redes presurizadas
- Las Comunidades de Regantes deben ir adoptando criterios de gestión de la calidad similar a la ISO 9001, manejando objetivos, no conformidades, buscando la satisfacción de los usuarios

# Regulación a la demanda en lámina libre



## Posibles soluciones

### CONTROL DE ONDAS DE CRECIDA EN LOS CANALES:

- Otra alternativa para dar el caudal cuando se necesita es hacer maniobras en las compuertas de regulación de la toma del canal con la antelación justa para que, a la hora exacta de iniciarse el riego, el canal transporte el agua que se necesita. Por la misma lógica, deberá existir una maniobra de cierre con la anticipación necesaria para no perder agua
- Existe un software desarrollado por una empresa española que resuelve las ecuaciones del tránsito inverso de ondas y que supone un Sistema Soporte de Ayuda a la Decisión (DSS en inglés). Los regantes hacen sus peticiones a través de una plataforma on-line y el sistema devuelve si es posible satisfacerla, una jornada de riego lo más ajustada a la petición y las maniobras necesarias a realizar en las compuertas de la toma del canal, para que las ejecuten los guardias del canal, o bien, si las compuertas están telecomandadas, éstas se abren y cierran de forma automática (deben además ser elementos de aforo)
- Las pequeñas ondas portadoras generadas en el canal implican variaciones de nivel en el mismo que no deberán ser absorbidas por las tomas que estén abiertas a lo largo del canal, por lo que deberán estar equipadas con elementos de control. Para ello, equipos como los Módulos de Orificio de TEMEC son equipos idóneos pues el caudal se mantiene constante

# Regulación a la demanda en lámina libre



Posibles soluciones

## ESTADO DEL ARTE VS “TRÁNSITO INVERSO DE ONDAS”

MÉTODOS TRADICIONALES + MÉTODOS ESTADÍSTICOS:



TEORÍA DEL TRÁNSITO INVERSO DE ONDAS:

**VS**



# Regulación a la demanda en lámina libre



## Posibles soluciones

### CONTROL DE ONDAS EN LOS CANALES:

- VENTAJAS:
  - Inversión baja si la infraestructura del canal es adecuada. Con equipos simples como los **Módulos de Orificio** para las tomas laterales, las **compuertas de nivel constante aguas arriba** tipo AR1 y las **Compuertas de Sector Telecomandadas de TEMEC** se puede mejorar la eficiencia de distribución
  - Al no haber retenciones, se producen velocidades más altas de circulación en los canales lo que dificulta el crecimiento de algas y la sedimentación
- INCONVENIENTES:
  - Debe implementarse no sólo en el canal, si no también en el tramo de río hasta la presa de regulación, generando ondas de crecida también en el río, pues de lo contrario se perderá agua
  - Canon anual de mantenimiento del sistema

# COMPUERTAS AR1

Regulación de nivel aguas arriba constante

**Tamec**



# Regulación a la demanda en lámina libre



## Posibles soluciones

### REGULACIÓN A LA DEMANDA:

- Por último, otra alternativa es proyectar una regulación por mando desde aguas abajo, de tal forma que cada compuerta vigile el nivel aguas abajo de sí misma, para que, si el nivel tiende a descender por la apertura de alguna toma de riego, la compuerta abra para tratar de satisfacerla y, al contrario, si se cierra una toma de riego, la compuerta deberá cerrar para impedir el desbordamiento de ese tramo de canal
- ESTE TIPO DE REGULACIÓN ES MUY ADECUADA PARA LA PARTE BAJA DE LOS CANALES PUES ES DONDE MÁS SE VEN AFECTADOS POR LAS FLUCTUACIONES DE CAUDAL
- La regulación a la demanda puede aprovechar la capacidad de almacenamiento del propio canal. En la parte baja de los canales (aproximadamente en el último tercio) la sección del canal suele estar sobredimensionada a la demanda real, puesto que en ocasiones el canal puede transportar más agua de la estrictamente necesaria por desajustes entre oferta y demanda en la parte superior del canal



# Regulación a la demanda en lámina libre

Posibles soluciones



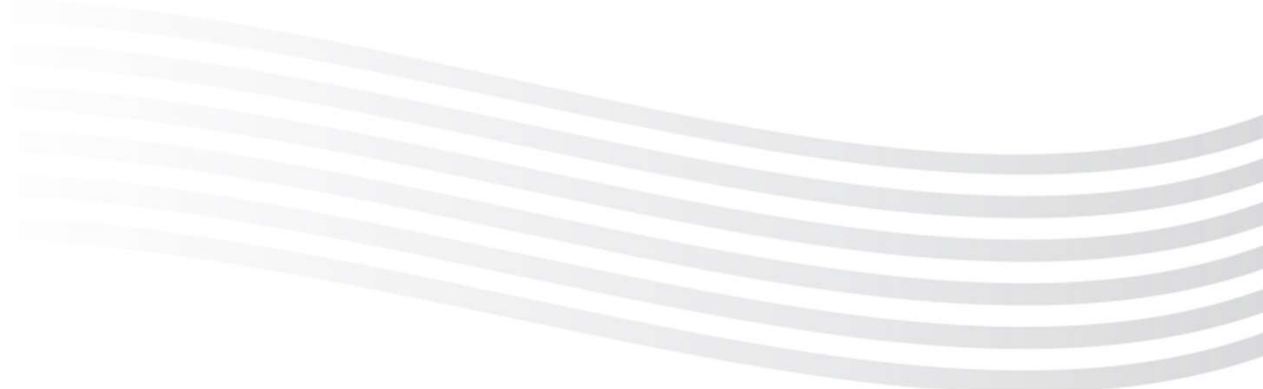
# Regulación a la demanda en lámina libre



## Posibles soluciones

### REGULACIÓN A LA DEMANDA:

- También es compatible con el diseño de balsas de regulación en línea con el canal aprovechando algún pequeño salto o rápido, o incluso empleando estaciones de bombeo de baja altura (bombas de flujo axial o tornillos de Arquímedes) para aquellos casos donde la topografía no sea favorable (*Un bombeo de 2 m de altura supone un consumo de energía de menos de 2 euros por cada 1000 m<sup>3</sup> (a un coste de 250 euros/MWh) y da mucha flexibilidad a la operación del canal*)
- Existe incluso la posibilidad de regular las aportaciones desde las presas para que todo el sistema funcione a la demanda. Por ejemplo, en el canal de Orellana, existe una aportación intermedia desde la presa de Búrdalo, cuyo canal de enlace podría funcionar a la demanda, sin necesidad de una programación en los desembalses.



# Regulación a la demanda en lámina libre



## Posibles soluciones

### REGULACIÓN A LA DEMANDA:

- Esta regulación puede hacerse por compuertas (o válvulas) motorizadas, con sondas de nivel, posición de compuerta y un PLC programado (con o sin comunicaciones) o bien mediante compuertas automáticas de regulación de nivel por contrapeso y flotador
- TEMEC dispone de ambas tecnologías:
  - Compuerta de Sector Telecomandada CST con cálculo de caudal (balance Energía - Momentum) y funcionamiento por telemando o autónomo de regulación
  - Compuertas de nivel constante aguas abajo AB1 y AB2 para caudales de 100 l/s a 45 m<sup>3</sup>/s
  - Compuertas de regulación mixta de niveles MXT con posibilidad de telecomandar la consigna de regulación para caudales de 1 a 59 m<sup>3</sup>/s
  - Obturadores de disco autocentrado para roturas de grandes cargas a la atmósfera para caudales de 5 l/s a 18 m<sup>3</sup>/s

# COMP. SECTOR TELECOMANDADA

Para regulación de niveles y caudales en canales y derivaciones



WebView desarrollado por Orionis Smart Water Networks S.L. **Temecc** ER50 - Toma Lima Lic: 1701010002 29/06/2021 17:19:31 **ORIONIS** smart water networks

### Estado compuerta

- Compuerta en Automático
- Compuerta en servicio
- Compuerta sin fallos
- Compuerta abierta
- Compuerta cerrada
- Fallo de apertura
- Fallo de cierre
- Caudal alto

Nivel aguas arriba: 0,000 m  
Posición: 0,000 m  
Caudal: 2 l/s

Contador maniobras: 60  
Contador fallos: 38253  
Contador fallos apertura: 7  
Contador fallos cierre: 1

### Configuración compuerta

Configurar velocidad

### Telemando compuerta

- Petición de apertura
- Petición de cierre
- Compuerta en movimiento

Forzar Apertura  Forzar Cierre

Feedback: 0,000  
Setpoint: 0,900  
Error: 79 %

Forzar Posición

Reset Fallos  Parar Actuaciones

### Estado RTU

última actualización: 01/06/2021 13:35:02

forzar comunicación:

cobertura: 75 %

temperatura: 00,0 C

estado batería: 0,00 V

tensión de red:

intrusismo:

protecciones:

Fecha	Zona	Comentario	Estado
09/12/2020 12:15:29	Temecc - ER50 - Toma Lima (D5-8.4.2G)AUT VAlamas	ALM09	Activa
09/12/2020 12:15:29	Temecc - ER50 - Toma Lima (D5-8.4.2G)AUT VAlamas	ALM07	Activa
10/05/2021 13:07:03	Temecc - ER50 - Toma Lima (D5-8.4.2G)AUT VAlamas	ALM02	Activa
09/12/2020 12:15:29	Temecc - ER50 - Toma Lima (D5-8.4.2G)AUT VAlamas	ALM05	Activa
09/12/2020 12:15:29	Temecc - ER50 - Toma Lima (D5-8.4.2G)AUT VAlamas	ALM05	Activa

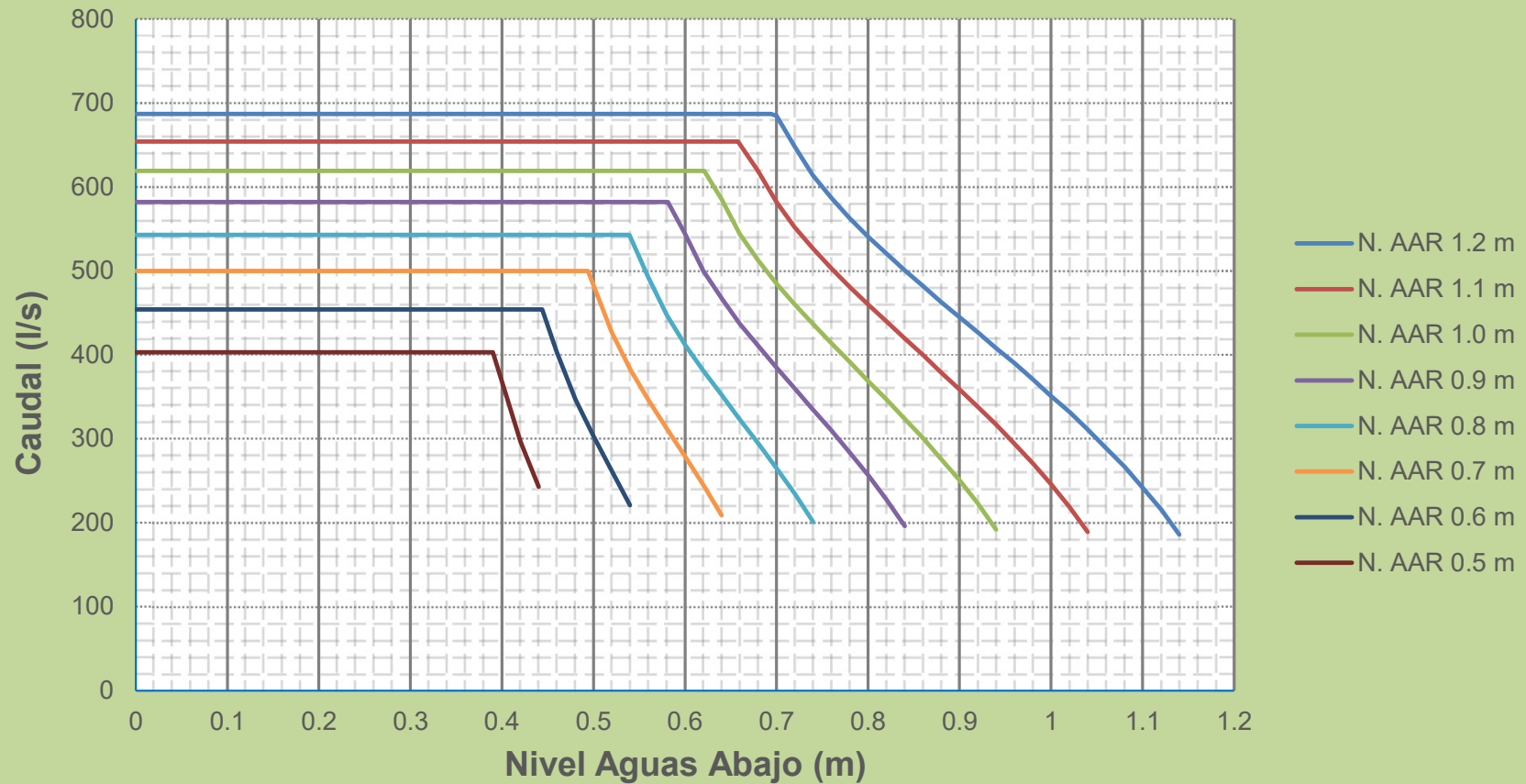
Nevegación y utilidades: Principal S. Hidráulico Informes Históricos Monitor

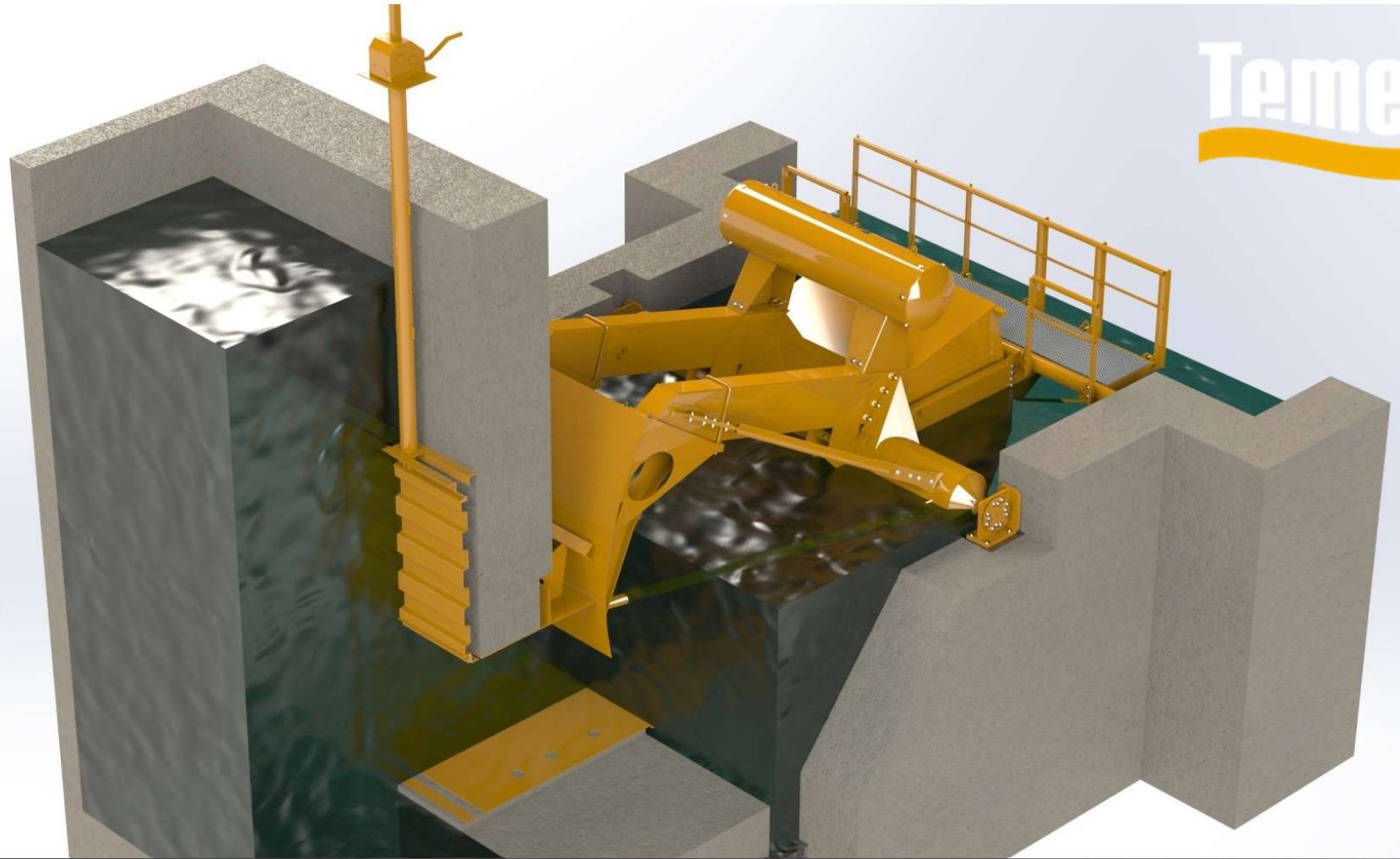
# COMP. SECTOR TELECOMANDADA

Para regulación de niveles y caudales en canales y derivaciones



Caudal de paso para CST\_1000 con apertura de 20 cm





# COMPUERTAS AB1

Regulación de nivel aguas abajo en embalses y tomas a presión



The image shows a 3D rendering of a yellow Temecc MXT gate installed in a concrete channel. The gate is partially open, allowing water to flow through. The gate is supported by a yellow metal frame. The Temecc logo is visible on the side of the gate. The background shows a concrete structure and a blue sky.

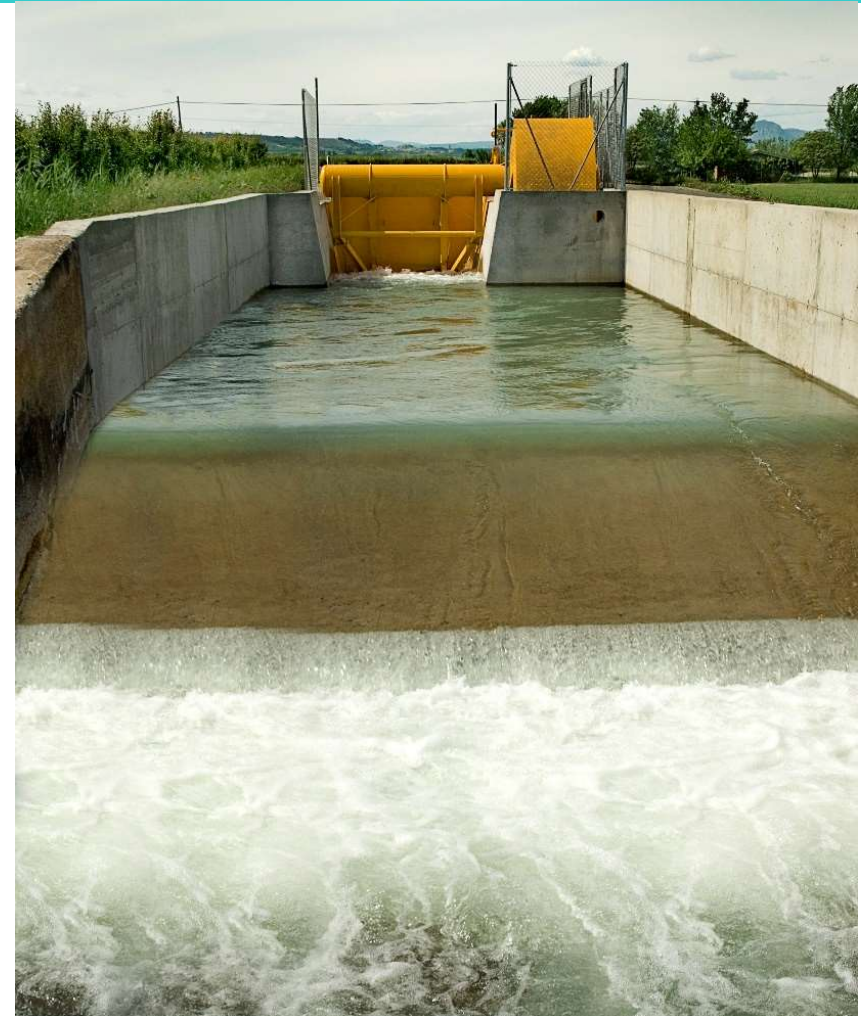
Temecc

# COMPUERTAS MXT

Regulación mixta de niveles aguas abajo y arriba con cambio de consigna

# COMPUERTAS MXT

Regulación mixta de niveles aguas abajo y arriba con cambio de consigna







# OBTURADOR DE DISCO AUTOCENTRADO

Regulación de nivel aguas abajo desde conducción presurizada

# OBTURADOR DE DISCO AUTOCENTRADO

Regulación de nivel aguas abajo desde conducción presurizada



# Regulación a la demanda en lámina libre



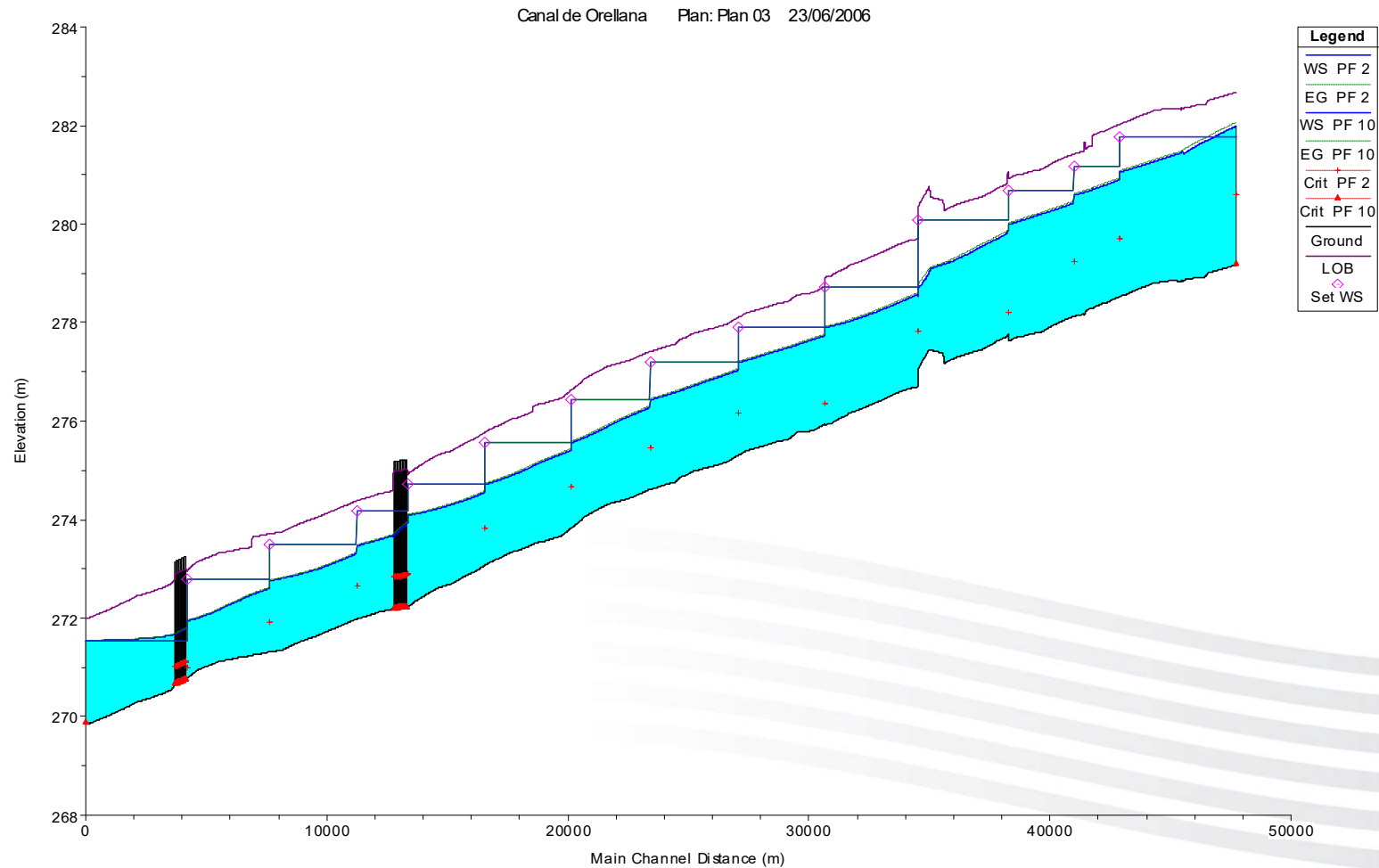
## Regulación a la demanda

### APROVECHANDO LA CAPACIDAD DE EMBALSE DEL PROPIO CANAL:

- En algunos canales, la sección de los últimos kilómetros de canal está sobredimensionada para el caudal que demandan los regantes, bien porque se ha reducido la superficie de riego, bien por la mejora en la eficiencia en la aplicación en parcela, bien porque el canal se diseñó con partición de zonas (turnos),...
- En estos casos, existe la posibilidad de instalando compuertas transversales, crear unas reservas en el propio canal para permitir ajustar los caudales demandados al caudal (en muchos casos fluctuante) que llega desde la parte alta del canal
- El agua almacenada está disponible para las tomas con un tiempo de tránsito mínimo, lo que mejora la eficiencia y simplifica el manejo del agua
- En el caso de las compuertas de contrapeso y flotador de regulación mixta de niveles tipo MXT, además de la regulación por control de aguas abajo, garantizan el nivel mínimo en el tramo aguas arriba para la correcta derivación de las tomas de riego y no es necesario aliviadero lateral para los pequeños transitorios pues la compuerta tiene una función de nivel máximo aguas arriba que impide desbordamientos

# Regulación a la demanda en lámina libre

## Regulación a la demanda



# Regulación a la demanda en lámina libre



## Regulación a la demanda

### REGULACIÓN A LA DEMANDA DESDE SALIDAS DE BALSAS:

- Las balsas de regulación no sólo son convenientes asociadas a las estaciones de bombeo, si no que aportan también una gran flexibilidad a la operación de los canales de riego
- Para que la salida se ajuste a la demanda es necesario instalar en la salida un elemento de control que o bien puede ser una compuerta de contrapeso y flotador o bien una compuerta de regulación motorizada, sensores de nivel y posición y con un PLC para controlar. De esta forma, cuando la demanda aguas abajo disminuye, se acumula agua en la balsa que se aprovechará cuando la demanda sea mayor que el caudal circulante
- Las compuertas de contrapeso y flotador permiten controlar y ajustar de forma automática el caudal a la demanda real (regulación con mando por aguas abajo) soportando alturas de balsa de hasta 10 mca

# COMPUERTAS AB1

Regulación de nivel aguas abajo en embalses y tomas a presión



# Regulación a la demanda en lámina libre



## Regulación a la demanda

### CASOS DE ÉXITO:

- Canal de Villagonzalo (Salamanca):

El canal de Villagonzalo se encuentra situado en la margen izquierda del río Tormes. La toma de agua se ubica en el azud de Villagonzalo, en el que existe una central hidroeléctrica que mantiene el nivel de agua más o menos constante y a una cota suficiente como para garantizar la derivación del caudal necesario en los canales que de él se alimentan

El consumo máximo diario es de 355.000 m<sup>3</sup>/día, que equivalen a 4,1 m<sup>3</sup>/s

El Instituto Tecnológico Agrario de la Junta de Castilla y León (ITACyL) junto con SEIASA promovieron en el año 2006 una modernización de la zona, consistente, por un lado, en la sustitución de la red secundaria y terciaria de acequias de distribución por una red de tuberías presurizadas repartida en tres sectores de riego, y por otro, en la construcción de tres balsas colindantes de almacenamiento desde las que se alimentarían tres estaciones de bombeo para cada uno de los sectores de riego. Se diseñó la regulación del propio canal de Villagonzalo, para optimizar el volumen de las balsas y conseguir un funcionamiento a la demanda, creando un tramo interactivo desde el azud de inicio de canal hasta la balsa nº 3, de tal forma que el mismo canal tuviese un funcionamiento similar a una tubería. Se complementaría así el ahorro de agua derivado de la sustitución de la red de acequias por una red presurizada, al reducirse a mínimos los vertidos en los aliviaderos laterales y en cola de canal. Se instalaron 7 compuertas que llevan funcionando 15 años sin prácticamente mantenimiento.

# Regulación a la demanda en lámina libre

Regulación a la demanda





# Regulación a la demanda en lámina libre



## Regulación a la demanda

### CASOS DE ÉXITO:

- Canal del Páramo (León)

El tramo medio del canal del Páramo, funciona igualmente como una tubería. Al final de dicho tramo hay un partidor importante donde se fija el caudal para cada uno de los dos canales en que se divide el canal principal. Al inicio de dicho tramo interactivo (aproximadamente 5 km aguas arriba) hay una balsa de regulación de gran capacidad que permite almacenar el agua cuando hay exceso y aportar caudal cuando hay déficit. Esta regulación se hace de forma totalmente hidráulica y lleva 20 años funcionando sin problemas

- Canales secundarios 6 y 7 del Valle Inferior del Rio Chubut (Argentina):

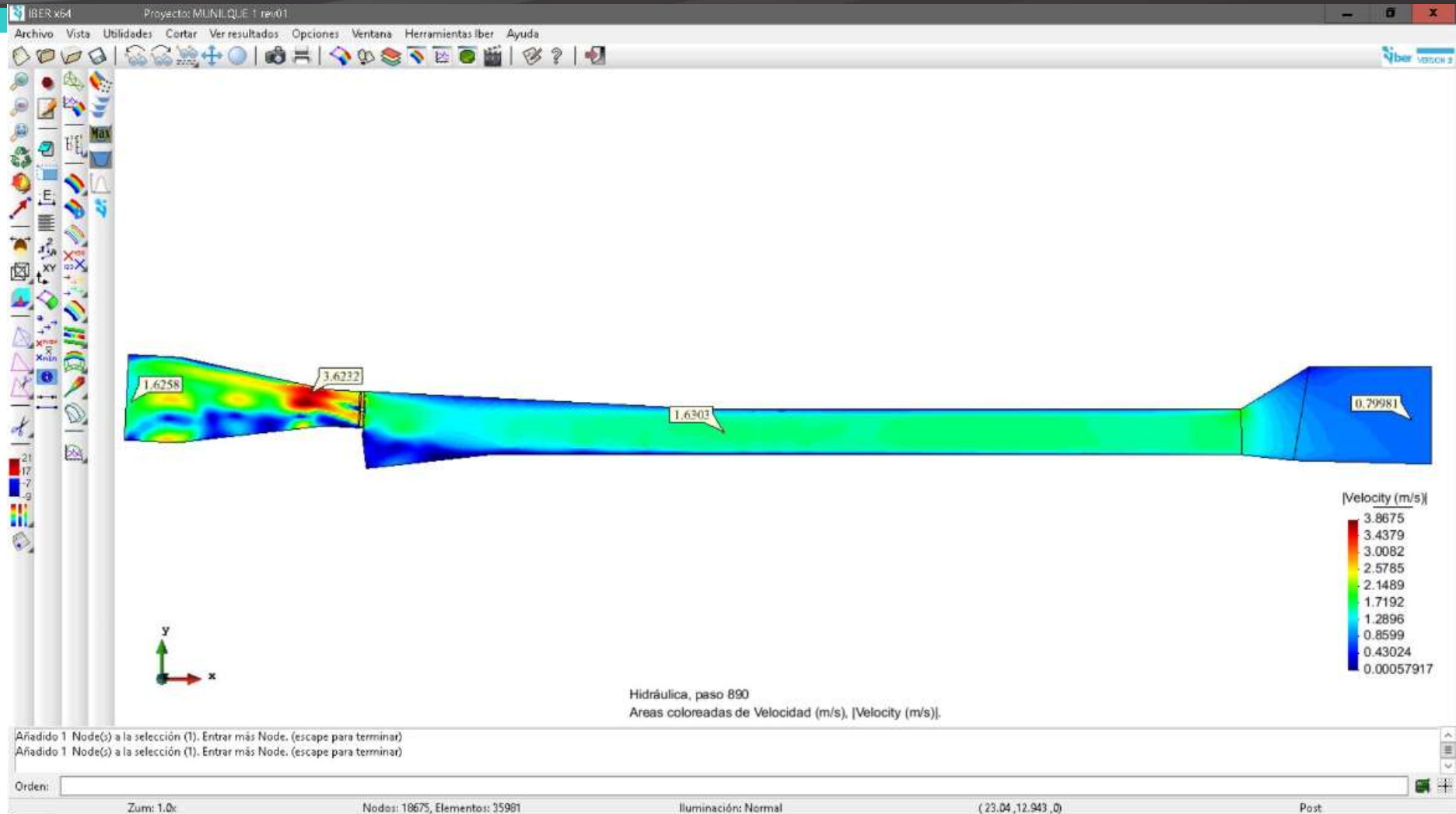
Los canales del Valle Inferior del Rio Chubut permiten el riego de unas 15.000 hectáreas, ubicadas a una latitud aproximada de 43° Sur

Para una zona de unas 1000 ha con graves problemas de suministro, pues al estar ubicadas en la cola del canal, o bien llegaba mucho caudal o bien quedaban en seco.

Se diseñaron canales de riego nuevos, telescópicos, puesto que no existen excesos posibles, horizontales con pequeños saltos para reducir el movimiento de suelos con regulación por mando de aguas abajo y el propio canal sirve de almacenamiento, pues a primera hora de la mañana, cuando empieza el riego, las piscinas se encuentran llenas, descargándose a medida que avanza la jornada.

# TEMEC INGENIERÍA

Garantía de funcionamiento



# ESTRUCTURAS DE AFORO

Para medición de caudales en lámina libre



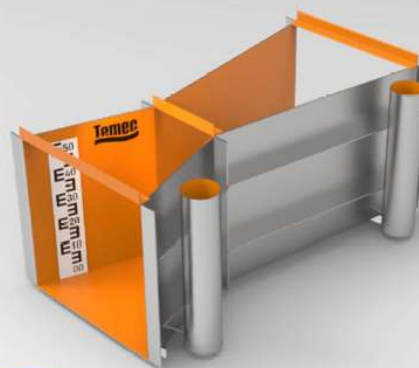
## CANALETA PARSHALL

Aforador estandarizado de uso extendido



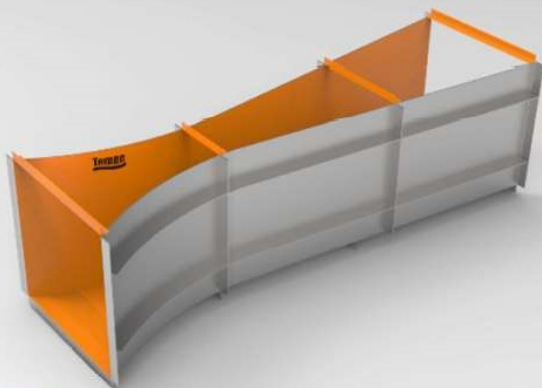
## CANALETA GARGANTA RECORTADA / CUT-THROAT

Simplicidad, economía y alto Ratio  $Q_{m\acute{a}x}/Q_{m\acute{i}n}$



## CANALETA VENTURI KHAFAGI

Diseño hidráulico eficiente (alta sumergencia)



## CANALETA VENTURI DISEÑO ISO 4359

Permiten adaptarse a las dimensiones de la conducción existente





*Soluciones integrales en proyectos  
hidráulicos e industriales*

**MUCHAS GRACIAS**

ISO 9001:2015  
ISO 14001:2015  
ISO 45001:2018

BUREAU VERITAS  
Certification



[temec.espana@grupotemec.com](mailto:temec.espana@grupotemec.com)



[www.grupotemec.com](http://www.grupotemec.com)