



camins.cat

JORNADA SOBRE PRESAS Y GESTIÓN INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS

OBRAS DE REHABILITACIÓN DE BLINDAJES DE LOS DESAGÜES DE FONDO EN LA PRESA DE SAU

Antoni Píriz
Departamento de Proyectos y Obras
Área de Ejecución de Actuaciones
Agència Catalana de **l'Aigua**

ÍNDICE

1. La presa de Sau
2. Estado desagües de fondo
3. Resumen de problemas y alternativas de solución
4. Descripción obras ejecutadas en desagües
5. Obra finalizada

LA PRESA DE SAU (1). DESCRIPCIÓN GENERAL

Situada sobre el río Ter, es una presa de gravedad con las siguientes características:

- 83 metros de altura sobre cimentación
- 260 metros de coronación
- 165 Hm³ de capacidad
- Abastecimiento Barcelona, Girona, riego y CH



LA PRESA DE SAU (2). DESCRIPCIÓN DESAGÜES

Órganos de Desagüe de la presa de Sau

- Aliviadero de coronación
- Captaciones para abastecimiento
- Toma Central Hidroeléctrica
- Desagües de fondo: Central y Laterales

Desagüe de fondo Central

- 2 conductos
- Sección circular diámetro 800

Desagües de fondo Laterales

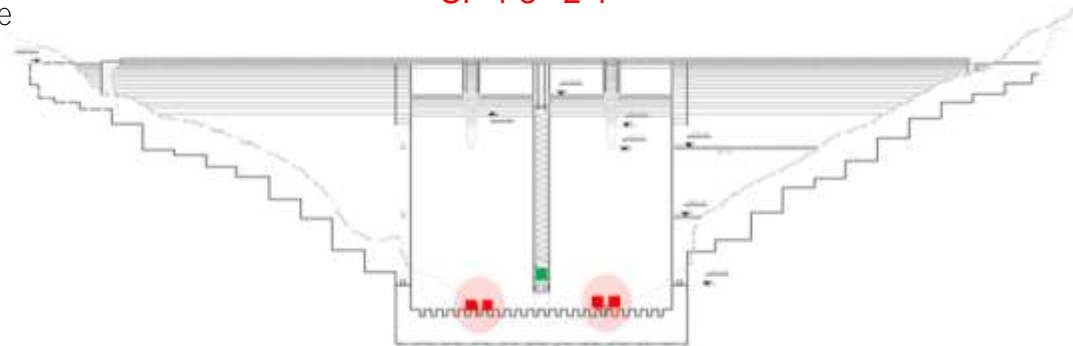
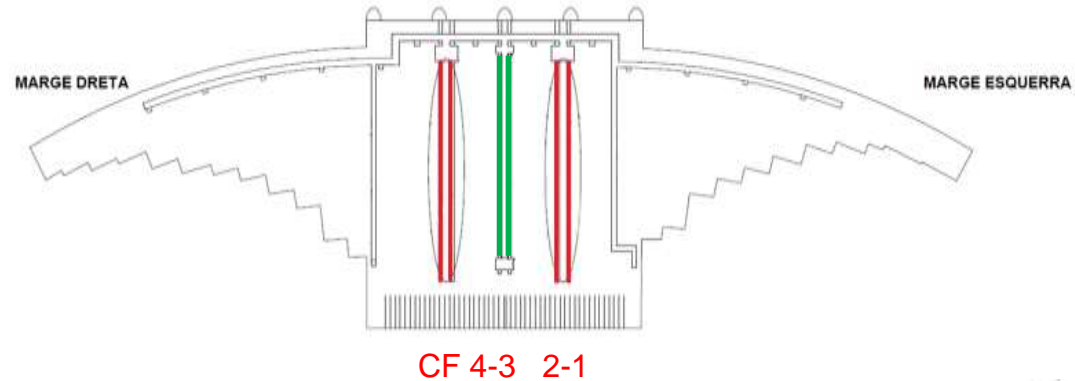
- 2 conductos de fondo (CF) en cada margen de la presa:

Margen Izquierdo (MI): CF1 y CF2

Margen Derecho (MD): CF3 y CF4

Cada Conducto de fondo:

- Sección rectangular de 1m de ancho y altura variable, entre 2 y 3 metros
- Longitud total media de 55 metros
- 2 compuertas Bureau



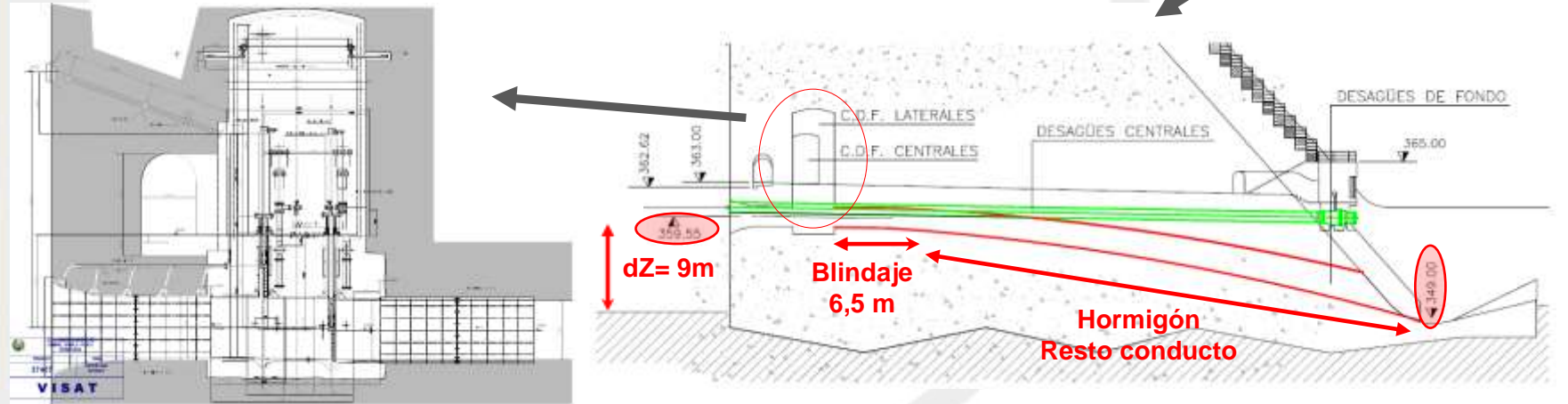
LA PRESA DE SAU (3). DESCRIPCIÓN DESAGÜES

Cada Conducto de fondo:

- Blindaje en acero de los primeros 6,5 metros con chapa sobre entramado de refuerzo
- Resto del conducto hasta salida acabado en hormigón

Sistema de aducción de aire en las compuertas Bureau de aguas abajo

- Compuertas de CF1 y 2 (MI): 2 tuberías DN150, sin ventosa
- Compuertas de CF 3 y 4 (MD): 2 tuberías DN150 unidas a 1 ventosa 300



ESTADO DESAGÜES DE FONDO (1)

En las inspecciones realizadas se ponen de manifiesto desperfectos diversos:

- Erosiones y desaparición de la capa superficial de hormigón.



ESTADO DESAGÜES DE FONDO (2)

En las inspecciones realizadas se ponen de manifiesto desperfectos diversos:

- Vacíos y cavidades importantes en el hormigón (del orden de decenas de centímetros).



ESTADO DESAGÜES DE FONDO (3)

En las inspecciones realizadas se ponen de manifiesto desperfectos diversos:

- Zonas de blindaje de acero muy erosionado, incluso totalmente eliminado y con los refuerzos vistos.



RESUMEN DE PROBLEMAS Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN (1)

CONDICIONANTES

Condiciones de descarga agua:

- $H_{w,máx} = 62\text{m}$ (NMN)
- $Q_w = 45\text{m}^3/\text{s} - 60\text{m}^3/\text{s}$
- $V_w = 30\text{m/s}$
($V_w < 15-20\text{m/s}$)

Procedencia aire (Longitud CF):

- $L = 55\text{m}$; $D_h = 1,33$;
- $L/D_h = 41 \gg 20$
(< 8 , aire desde salida)
(8 a 12 , aire doble origen)
(> 20 , Aportación de aire exclusivamente de la aducción)

Necesidades de aire óptimas:

- $Q_a = 6\text{m}^3/\text{s}$
- $2 \times \text{DN}150$
- $V_a = 170\text{m/s}$
($V_a < 50-70\text{m/s}$)

PROBLEMAS

- Velocidades elevadas del agua en el CF
- Sistema de aducción insuficiente
- Presiones negativas en el inicio del CF (-14mca)
- Fenómenos de cavitación

EFECTOS

- Alta agresividad sobre la superficie del CF
- Erosiones elevadas y generalizadas
- Vibraciones
- Ruido elevado
- Modificación de las condiciones teóricas de descarga
- Riesgo estructural

RESUMEN DE PROBLEMAS Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN (2)

En resumen, la solución a proyectar debía solucionar:

1. Reestablecer la forma y superficie de los conductos de fondo.
2. Garantizar un revestimiento de los conductos con altas prestaciones mecánicas y de durabilidad.
3. Mejorar la aportación de aire en la descarga (justo en la aducción de la compuerta Bureau o en algún otro punto de los **CF's**).

ALTERNATIVAS PARA REVESTIMIENTO

- Blindaje acero 6,5m + HAP resto
- Blindaje acero 30m + HAP resto
- Blindaje acero total + Revestimiento elastomérico
- Blindaje acero total, con acero antidesgaste
(HAP= Hormigón Altas Prestaciones)

CRITERIOS

- Durabilidad / Resistencia abrasión (50%)
- Complejidad Ejecución (10%)
- Coste inversión (20%)
- Coste mantenimiento (20%)



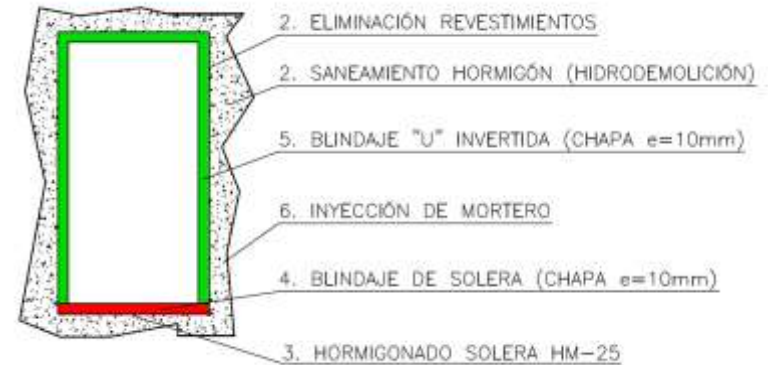
Blindaje total con chapa de acero antidesgaste (Dureza media 400 HB) y espesor 10mm

Mejora aportación de aire: Instalación en cada compuerta de 2 aducciones (tubería DN300+ventosa 300)

DESCRIPCIÓN OBRAS EJECUTADAS EN DESAGÜES (1)

Las actividades realizadas en cada CF son, en orden de ejecución:

1. Implantación, comprobación y mejora de la estanqueidad de la compuerta
2. Eliminación de revestimientos existentes y saneamiento del hormigón
3. Hormigonado de la solera
4. Blindaje de la solera
5. Blindaje con sección de **“U”** invertida (colocación, anclaje y soldadura)
6. Inyección de mortero entre blindaje y hormigón saneado



DESCRIPCIÓN OBRAS EJECUTADAS EN DESAGÜES (2)

Eliminación de revestimientos existentes y saneamiento del hormigón (1)

Saneamiento del hormigón por hidrodemolición. Espesor variable (>8cm) Uso de cabezal de hidrodemolición sobre bastidores (motor 550 CV, presión 1000 bar, 190 l/min).



Cabezal Hidrodemolición



Demolición y residuo



Saneamiento finalizado

DESCRIPCIÓN OBRAS EJECUTADAS EN DESAGÜES (3)

Eliminación de revestimientos existentes y saneamiento del hormigón (2)

Corte y retirada del blindaje existente y del entramado de refuerzo. Combinado con la hidrodemolición.



Estado inicial diverso. Retirada plancha blindaje



Retirada entramado combinando Hidrodemolición y corte



DESCRIPCIÓN OBRAS EJECUTADAS EN DESAGÜES (4)

Hormigonado de solera

Solera de hormigón en masa HM25 para restablecer pendientes y crear superficie de trabajo.



DESCRIPCIÓN OBRAS EJECUTADAS EN DESAGÜES (5)

Instalación del blindaje en solera (acero 400 HB, e=10mm)

Piezas para el blindaje de solera de 1x3m. Colocación, anclaje a solera (3 anclajes/chapa) y soldado de chapas.



Cabestrante y colocación de piezas del blindaje



Ensayo soldadura



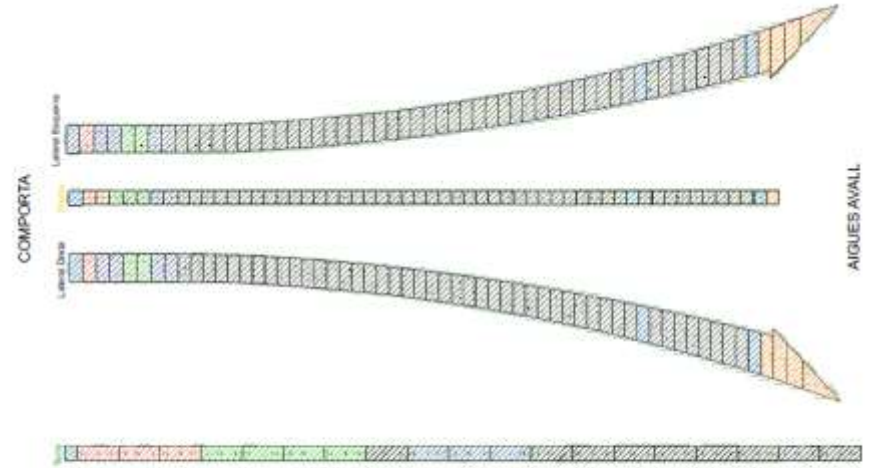
Blindaje solera finalizado

DESCRIPCIÓN OBRAS EJECUTADAS EN DESAGÜES (6)

Instalación de **“U”** invertida del blindaje (acero 400 HB, e=10mm) (1)

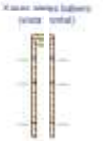
55 Tramos en **“U”** de 1 m de largo:

- Laterales de altura creciente, entre 2 y 3m
- Techo de 1m de ancho
- Soldaduras en taller para formar la **“U”**
- 3 anclajes en cada lateral (tan sólo 2 en las primeras 6 piezas)
- 1 anclaje en techo
- Aletas de salida del conducto de fondo y sobreeschifo para rematar en paramento



COLADES		
Nº Colada	Propietari	Color
27542	Sobremeta	Verdell
27543	Sobremeta	Blau
27544	Sobremeta	Verdell
27545	Sobremeta	Blau
27546	Sobremeta	Verdell
27547	Sobremeta	Blau
27548	Sobremeta	Verdell
27549	Sobremeta	Blau
27550	Sobremeta	Verdell
27551	Sobremeta	Blau
27552	Sobremeta	Verdell
27553	Sobremeta	Blau
27554	Sobremeta	Verdell
27555	Sobremeta	Blau
27556	Sobremeta	Verdell
27557	Sobremeta	Blau
27558	Sobremeta	Verdell
27559	Sobremeta	Blau
27560	Sobremeta	Verdell
27561	Sobremeta	Blau
27562	Sobremeta	Verdell
27563	Sobremeta	Blau
27564	Sobremeta	Verdell
27565	Sobremeta	Blau
27566	Sobremeta	Verdell
27567	Sobremeta	Blau
27568	Sobremeta	Verdell
27569	Sobremeta	Blau
27570	Sobremeta	Verdell
27571	Sobremeta	Blau
27572	Sobremeta	Verdell
27573	Sobremeta	Blau
27574	Sobremeta	Verdell
27575	Sobremeta	Blau
27576	Sobremeta	Verdell
27577	Sobremeta	Blau
27578	Sobremeta	Verdell
27579	Sobremeta	Blau
27580	Sobremeta	Verdell
27581	Sobremeta	Blau
27582	Sobremeta	Verdell
27583	Sobremeta	Blau
27584	Sobremeta	Verdell
27585	Sobremeta	Blau
27586	Sobremeta	Verdell
27587	Sobremeta	Blau
27588	Sobremeta	Verdell
27589	Sobremeta	Blau
27590	Sobremeta	Verdell

- Despiece completo en cada CF
- Trazabilidad del material
- Control calidad



DESCRIPCIÓN OBRAS EJECUTADAS EN DESAGÜES (7)

Instalación de “U” invertida del blindaje (2)

Colocación y punteado con soldadura para fijación de los tramos.

Anclajes en laterales y techo (taco químico de adhesivo epóxico y perno de 480 mm de longitud y 20 mm de diámetro).

Soldaduras en todos los tramos (laterales, y techo entre tramos y a solera). Dificultad añadida por puntal intermedio e inferior.



Entrada piezas en “U” por arrastre. Colocación



Anclaje



Blindaje anclado y soldado

DESCRIPCIÓN OBRAS EJECUTADAS EN DESAGÜES (8)

Inyección de mortero

Mortero clase R4 y resistente a los sulfatos.

Bocas de inyección repartidas en altura. Inyección de abajo a arriba.

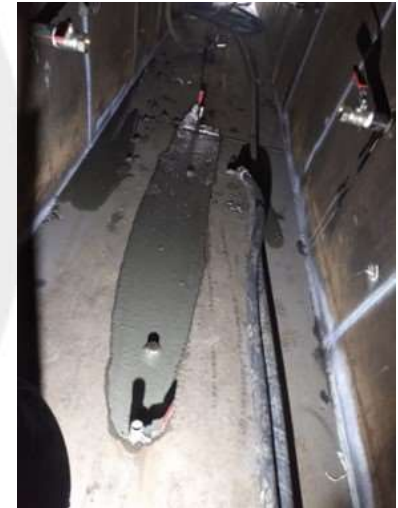
Desmontaje bocas de inyección.



Preparación mortero



Válvulas de bola para inyección



Inyección en solera

DESCRIPCIÓN OBRAS EJECUTADAS EN DESAGÜES (9)

Acabados del blindaje en la salida y el paramento de presa

Laterales anclados al hormigón y soldados entre sí y a solera.

Inyección de mortero y remates a paramento.



Salida CF4



Remates CF 1 y 2

OBRA FINALIZADA (1)



Salidas CF1 y CF2 (MI)



Salidas CF3 y CF4 (MD)

Resumen ejecución

- Mediciones principales:
 - Hidrodemolición: 1.450 m²
 - Acero de blindaje: 115 Tn
 - Inyección de mortero: 140 m³
 - Anclajes: 1.740 unidades
- Ejecución de margen derecho a izquierdo (CF 4, 3, 2 y 1). Trabajos simultáneos.

OBRA FINALIZADA (2)



Salida CF4



Prueba CF4



Prueba CF2

OBRA FINALIZADA (3)



NO HUBIERA SIDO POSIBLE...



Proyecto



Obra



Asoc. Obras e Infraestructuras, S.A. - ARIOTSA

UTE SAU ACSA-AQUAMBIENTE

Dirección Obra



Coordinación SyS



GRACIAS!

Agència Catalana de l'**Aigua**

Web: aca.gencat.cat

Twitter: @aigua_cat

Instagram: @aigua_cat

Antoni Píriz: ajpiriz@gencat.cat