

COMITÉ NACIONAL ESPAÑOL DE GRANDES PRESAS

PRINCIPALES ASPECTOS DEL COMPORTAMIENTO DETECTADO EN LA PRESA DE RIALB (LERIDA), DURANTE EL LLENADO DEL EMBALSE ENTRE LAS COTAS 413,05 Y 420,50 (PENÚLTIMO ESCALÓN DE CARGA).

Raimundo José Lafuente Dios¹

Irene Domingo Comeche²

Jose Antonio Gesti Canuto³

Jesús Gomez Arruche⁴

Eduardo Echeverría García⁵

RESUMEN: La presa de Rialb, estructura de Gravedad construida en hormigón compactado, con una altura sobre cimientos de 101 m, una longitud de coronación de 605,9 m, y una cimentación constituida por materiales pertenecientes al Oligoceno Superior, litológicamente formados por capas alternadas de areniscas y limonitas calcáreas, ha sido objeto de un seguimiento especial durante el escalón de llenado entre las cotas 413,05 y 420,50, que se ha completado con la avenida ocurrida en junio del 2008, ocho años después de finalizar su construcción.

¹ Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Jefe del Área de Proyectos y Obras I. Confederación Hidrográfica del Ebro.

² Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos. Confederación Hidrográfica del Ebro.

³ Ingeniero Técnico de Obras Públicas.

⁴ Ingeniero Técnico Industrial. Ofiteco.

⁵ Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Ofiteco.

Durante este llenado parcial, la presa se ha comportado estructuralmente de forma satisfactoria, habiéndose apreciado únicamente pequeños movimientos en algún bloque de ladera, así como diversas filtraciones en su interior, que son reducidas, aunque gran parte de ellas tienen su entrada por las juntas, como suele suceder en muchas presas similares. Sin embargo, las filtraciones exteriores procedentes de la margen izquierda han sido altas, a pesar de los tratamientos de refuerzo y mejora de las pantallas de impermeabilización y drenaje realizados en esta margen, tanto desde las galerías como en el exterior, posteriormente a diversos estudios realizados.

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. DESCRIPCION DEL APROVECHAMIENTO

La presa de Rialb se halla en el término municipal de Barónia de Rialb (Lérida). Se trata de una presa de gravedad de planta recta con una altura máxima sobre cimientos de 101 metros y una longitud de coronación de 509 metros. El volumen total de hormigón en el cuerpo de presa asciende a 1.200.000 m³.

Su construcción ha creado un embalse con un volumen útil de 401 Hm³, que es usado para tres fines: riego, abastecimiento y producción de energía. En la imagen nº 1 se presenta una vista general de la presa.



Imagen 1: Presa de Rialb. Vista general desde aguas abajo.

El cuerpo de presa lo constituyen 17 bloques que están separados por 16 juntas verticales continuas, que van desde la cimentación a la coronación. El ancho de dichos bloques es en general de 40 m, aunque en siete de ellos esta comprendido entre 30m y 27,22 m.

La cota de coronación es la 436,00 msnm, siendo la cota más baja de cimentación la 335,00 msnm, lo que da como altura máxima total sobre cimientos los 101 metros ya referidos anteriormente.

1.2. SISTEMA DE AUSCULTACIÓN IMPLANTADO EN LA PRESA.

En la presa de Rialb, el control de las variables exteriores se realiza mediante una estación meteorológica conectada a la red SAIH, como es habitual en las presas de la Confederación Hidrográfica del Ebro. Adicionalmente, el hecho de la altura y ubicación geográfica de la presa ha implicado la instalación de una red de control sísmico, compuesta de tres acelerómetros triaxiales ubicados en distintas localizaciones del cuerpo de presa y un sismógrafo triaxial de corto periodo, ubicado aguas abajo de la misma y en la margen izquierda.

Dadas las dimensiones de la presa, el sistema de auscultación de las variables de control interno implantado en ella consta de numerosos sensores (en torno a seiscientos), que controlan las variables de comportamiento más importantes en las principales secciones de la misma, y en el caso de las filtraciones y niveles piezométricos, también en sus proximidades. A continuación se enumeran los sensores existentes:

- 147 termómetros de resistencia eléctrica (termorresistores de platino) para el control térmico del hormigón del cuerpo de presa.
- 3 conjuntos coordinados de péndulo directo e invertido para control de los desplazamientos horizontales absolutos de los bloques más altos.
- 37 medidores internos de junta y 43 ternas de bases de defórmetro para el control de las juntas entre bloques.
- 25 extensómetros de varilla de tres anclajes para el control de las deformaciones de la cimentación de la presa.
- 3 cadenas de fisurómetros, (en total 51 extensómetros de cuerda vibrante de dos metros de base de medida), para el control de la fisuración del bloque central de la presa (bloque 0).
- 59 extensómetros de cuerda vibrante, instalados en grupos de 2 ó 3 sensores activos y uno más que actúa como corrector, para el control de las deformaciones unitarias del hormigón.
- 95 piezómetros de cuerda vibrante y 27 de tubo con manómetro, ubicados en la cimentación de la presa para el control de las subpresiones.
- 10 aforadores Thomson para el control de filtraciones en el interior de la presa y 8 de tubo instalados en el exterior de la misma.

- Adicionalmente, también se controla el nivel freático en la margen izquierda aguas abajo de la presa en 18 sondeos.

El porcentaje de sensores en operativos en la actualidad se sitúa en torno al 80% de los inicialmente instalados. La gran mayoría de sensores eléctricos están automatizados, transmitiendo datos de las variables controladas a un ordenador ubicado en la propia presa y a las oficinas centrales de la Confederación Hidrográfica del Ebro en Zaragoza

2. DESCRIPCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA PRESA DURANTE EL TERCER ESCALON DE LA PUESTA EN CARGA.

2.1 EVOLUCIÓN DE LAS VARIABLES EXTERIORES.

La construcción de la presa finalizó en el mes de marzo del 2000 y desde entonces se han sucedido los ciclos anuales de carga y descarga, en los que se ha ido incrementando la cota del embalse en el ciclo anual que el complicado equilibrio entre reservas y demandas lo ha permitido. Así, como muestra el gráfico nº1, el anterior máximo histórico en la cota del embalse tuvo lugar en el año 2004, concretamente el 23 de junio (cota 413,50).

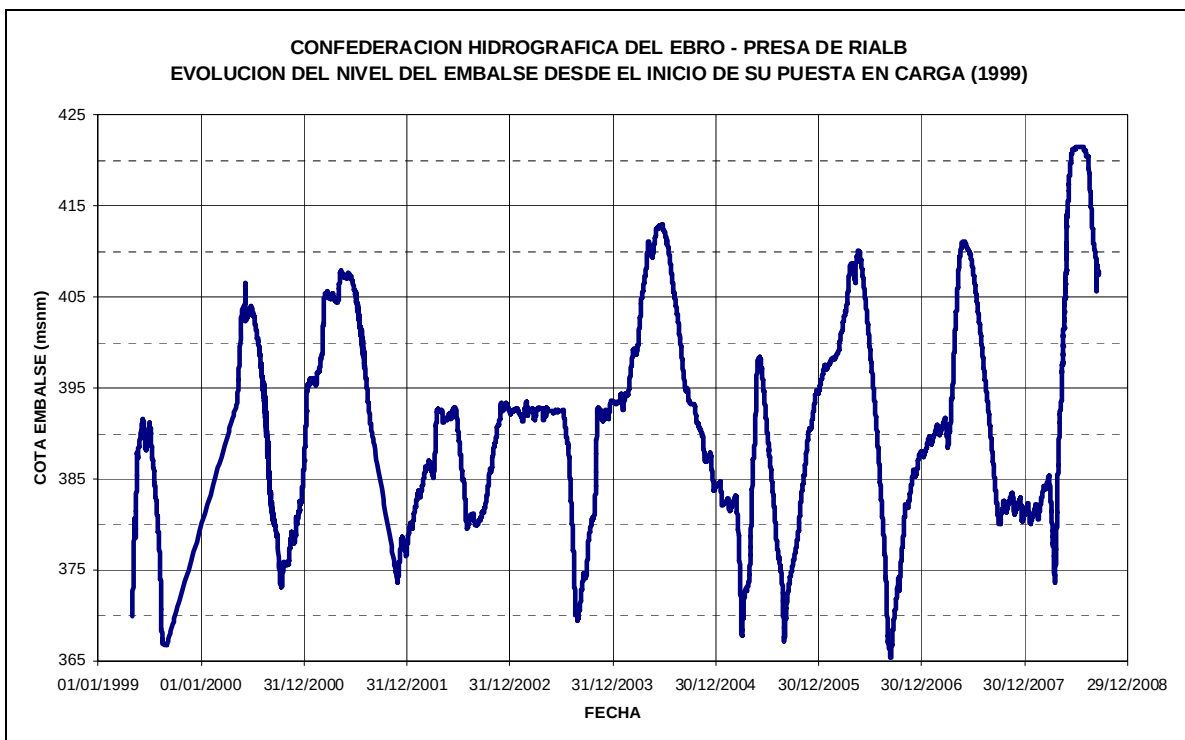


Gráfico 1: Evolución de la variable exterior nivel de embalse de la presa de Rialb (datos hasta 20/09/2008)

El tercer escalón del programa de puesta en carga consistía en ascender de la cota 411,00 hasta llegar a la 420,50. Esta cota se ha conseguido alcanzar sobre las 20:00 horas del día 12 de junio de 2008, como consecuencia de las importantes aportaciones que ha recibido el embalse durante los meses de abril a junio del 2008. El máximo nivel histórico del embalse se alcanzó el 13 de julio de 2008, fecha en la que se registró la cota 421,54 msnm. Posteriormente se inició un descenso paulatino hasta la actualidad (cota 407,39 en el día 20/09/2008).

2.2 EVOLUCIÓN DE LAS VARIABLES DE CONTROL.

Durante esta tercera fase de la puesta en carga de la presa de Rialb se ha seguido con el control exhaustivo del comportamiento de la presa, a través de los datos obtenidos por los aparatos en ella instalados. Se han realizado análisis de los datos de auscultación obtenidos, modelación estadística de los datos temporales suministrados por los sensores más críticos, y por supuesto, inspecciones a pie de presa de la estructura.

A continuación se citan los aspectos más relevantes del comportamiento de la presa de Rialb durante esta tercera fase de su puesta en carga, a través de la información obtenida con su sistema de auscultación.

2.2.1. Evolución del comportamiento térmico de la estructura.

De la observación de los datos de auscultación obtenidos en este periodo se tiene, como hecho más relevante, el que ocho años después de finalizar su construcción, la estructura ha alcanzado la mínima temperatura de estabilización con el medio ambiente, lo que indica la finalización de la pérdida total de calor desprendido por el hormigón en la fase de fraguado por la hidratación del cemento.

Este hecho se ha podido comprobar con las modelizaciones estadísticas, realizadas de las temperaturas medidas en el interior del hormigón con termómetros situados a mitad de distancia entre paramentos y en las cotas 377 (ver gráfico n°2) o 352.

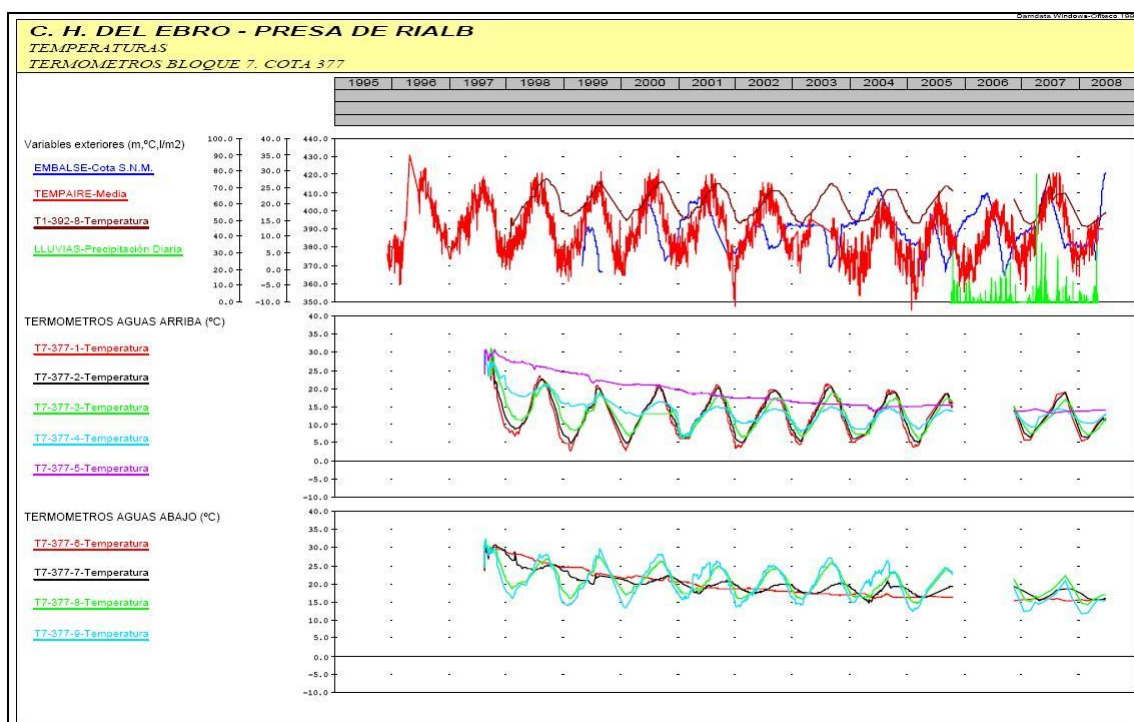


Gráfico 2: Evolución de los termómetros en el bloque 7. Cota 377.

2.2.2. Movimientos de las juntas de retracción.

Los medidores internos de junta detectaron en anteriores periodos una abertura más importante de 3 juntas de la presa (5-7, 6-8 y 8-10), debida al efecto térmico indicado en el punto anterior. Los movimientos irreversibles que se detectaron en dichas juntas han disminuido drásticamente a partir del año 2007, en consonancia con la estabilización térmica indicada por los termómetros.

2.2.3. Control de los desplazamientos mediante péndulos.

Los desplazamientos horizontales absolutos medidos con péndulos en este periodo son valores reducidos, tanto en la dirección longitudinal como en la transversal, que en ningún momento han sobrepasado los 3.5 mm.

El aumento de carga hidrostática iniciado a mediados del mes de abril del 2008, produce un desplazamiento hacia aguas abajo del bloque 6, con valor máximo de -1.38 mm (04.06.08), así como un desplazamiento longitudinal hacia la margen derecha de -2,58 mm, como se puede apreciar en el gráfico nº3. Posteriormente, por efecto del aumento térmico en el núcleo del bloque se produjo una recuperación de dichos desplazamientos.

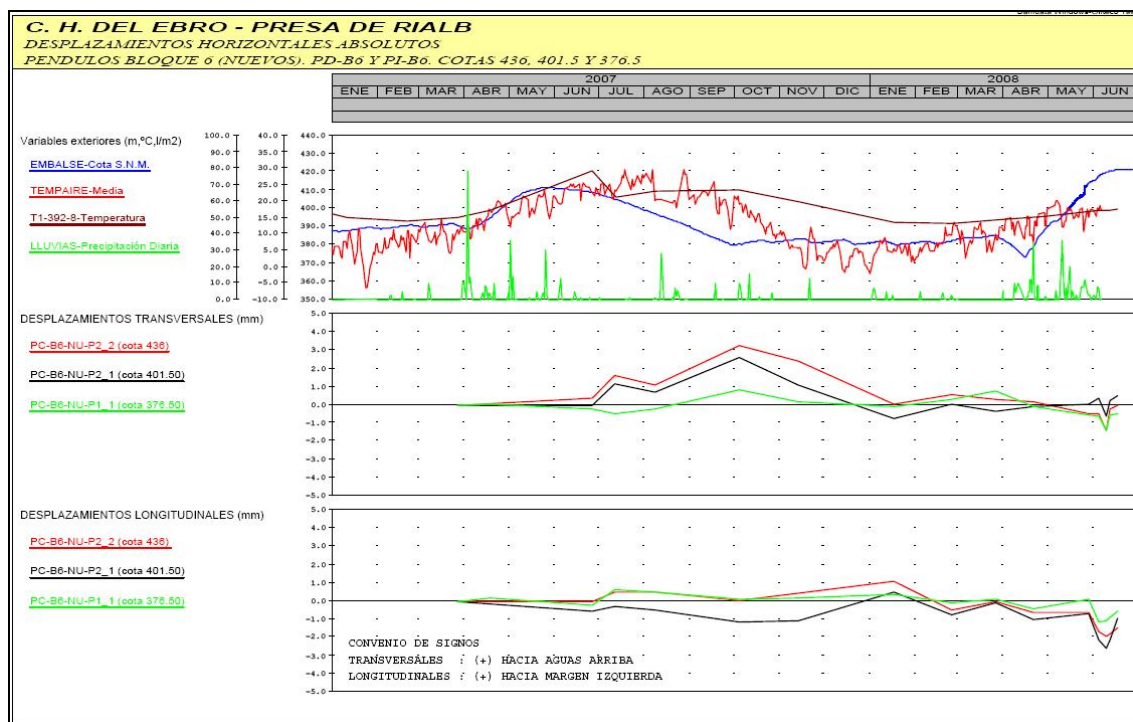


Gráfico 3: Evolución de los desplazamientos horizontales registrados por los péndulos del Bloque 6.

2.2.4. Control de las subpresiones en el contacto del cuerpo de presa con la cimentación.

Durante el año 2004, una vez el embalse superó la cota 410.90, se detectaron filtraciones aguas abajo de la estructura, localizándose en su margen izquierda. Estas filtraciones aparecieron nuevamente en el año 2005 cuando el embalse alcanzó la cota 397,69.

Como consecuencia de la existencia de estas filtraciones, en el mes de abril del 2004 se iniciaron los trabajos del proyecto de **“Reperforación parcial de la red de drenaje e impermeabilización adicional de la segunda puesta en carga de la presa de Rialb”**, finalizándolos en el mes de diciembre del 2005, por lo que en este año la cota del nivel de embalse se reguló para no superar la cota 398,43. Estos trabajos de impermeabilización se realizaron desde la galería perimetral y desde la coronación de la presa, habiéndose tratado la cimentación de los bloques de la margen izquierda comprendidos entre el 13 y el 21, ambos inclusive.

Las subpresiones existentes en el contacto presa-cimiento y los niveles piezométricos registrados en la cimentación de la presa durante los años 2007 y 2008 se han ajustado a lo ya observado durante el proceso de puesta en carga, destacando el funcionamiento satisfactorio de la reforzada pantalla de impermeabilización, frente al incremento de carga hidrostática que ha supuesto la subida de nivel de embalse en el tercer escalón del programa de puesta en carga. Por lo tanto, se detecta una mejora del comportamiento de las subpresiones como efecto de los trabajos de impermeabilización realizados, sobre todo en los bloques de la margen izquierda, como es el caso del bloque nº5, mostrado en el gráfico 4.

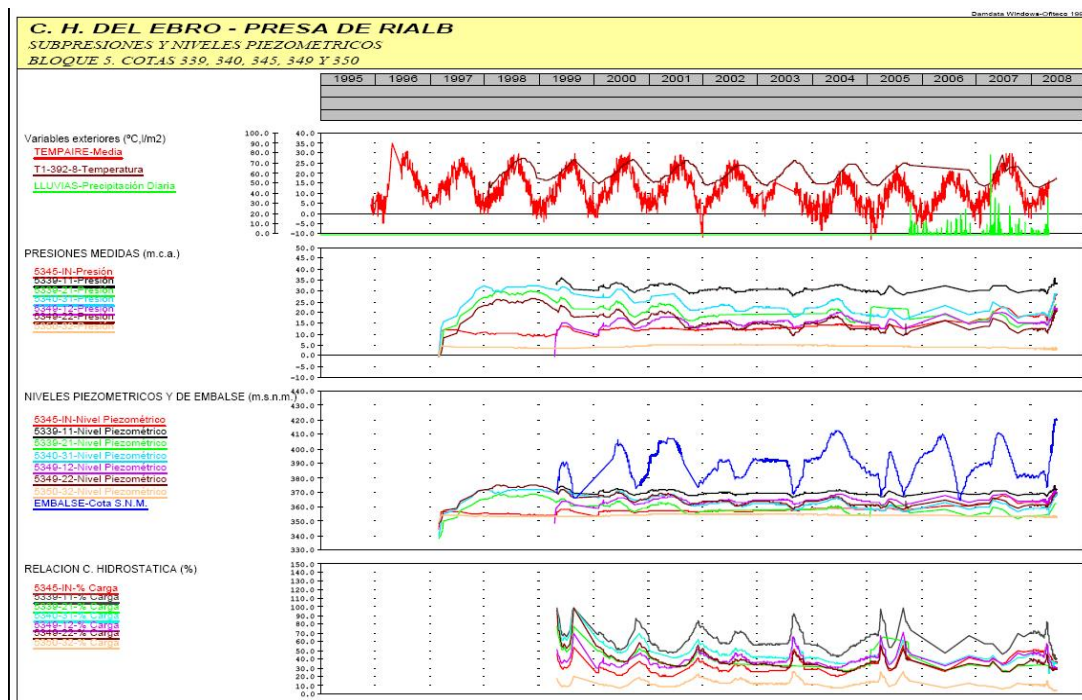


Gráfico 4: Control de subpresiones en la presa de Rialb. Piezómetros en el bloque nº5.

2.2.5. Evolución de los caudales de filtración.

Como era de esperar, los caudales de filtración aforados en el interior de la estructura han aumentado con el ascenso del nivel del embalse. Se ha intentado obtener una ley fiable que relacionara las variables nivel de embalse-filtraciones interiores, como se puede ver en el gráfico 5, No pudiéndose establecer por ahora y de forma totalmente satisfactoria dicha ley.

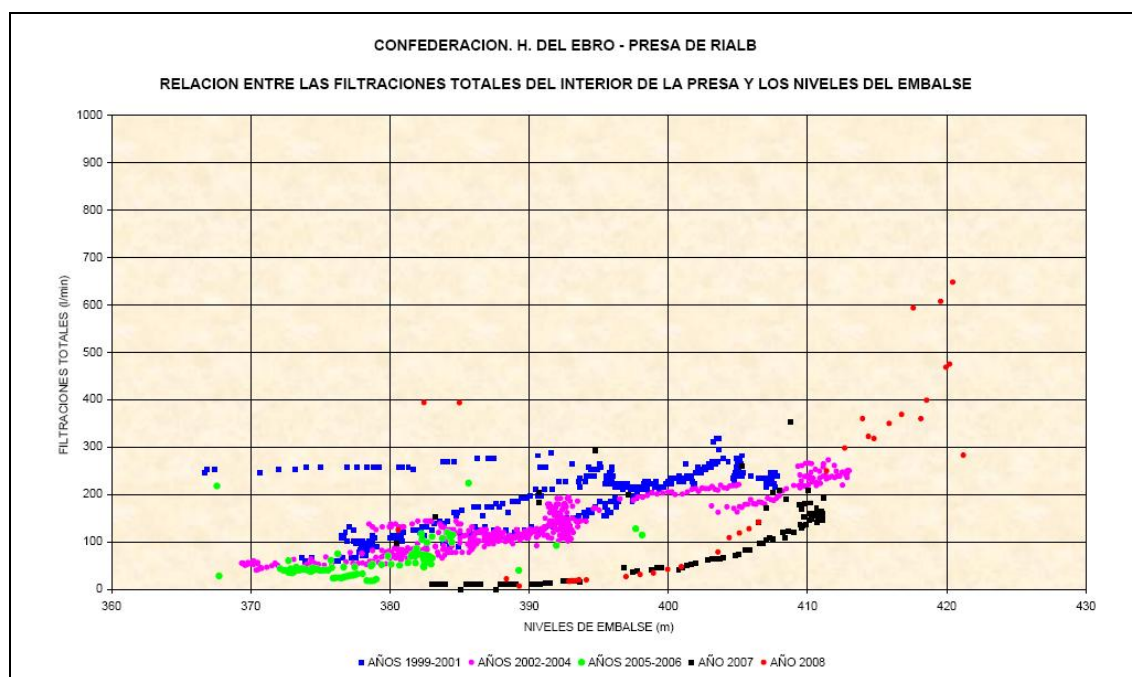


Gráfico 5: Relación entre las filtraciones totales en el interior de la presa de Rialb y el nivel del embalse.

Las filtraciones exteriores al cuerpo de presa también han sufrido un incremento con el aumento de la carga hidrostática del embalse, sobre todo en la ladera de la margen izquierda. De hecho, durante la avenida de mayo del 2008, una vez que el nivel de embalse superó la cota 413,05 se detectó una nueva filtración exterior en la margen izquierda, que esta siendo aforada y seguida desde el primer momento.

De las observaciones realizadas con los 18 piezómetros de tubo abierto instalados en la margen izquierda y aguas abajo de la presa, se ha podido observar que las filtraciones existentes provienen básicamente de la zona alta de esta margen, que es además la zona en la que ha sido registrada la nueva filtración.

Se han puesto en relación las filtraciones exteriores a la presa en esta margen izquierda y el nivel de embalse, al igual que se había hecho con las filtraciones interiores, siendo en este caso el resultado mucho más fructífero, ya que se ha encontrado un ajuste bastante aceptable para esta relación, como se muestra en el gráfico 6.

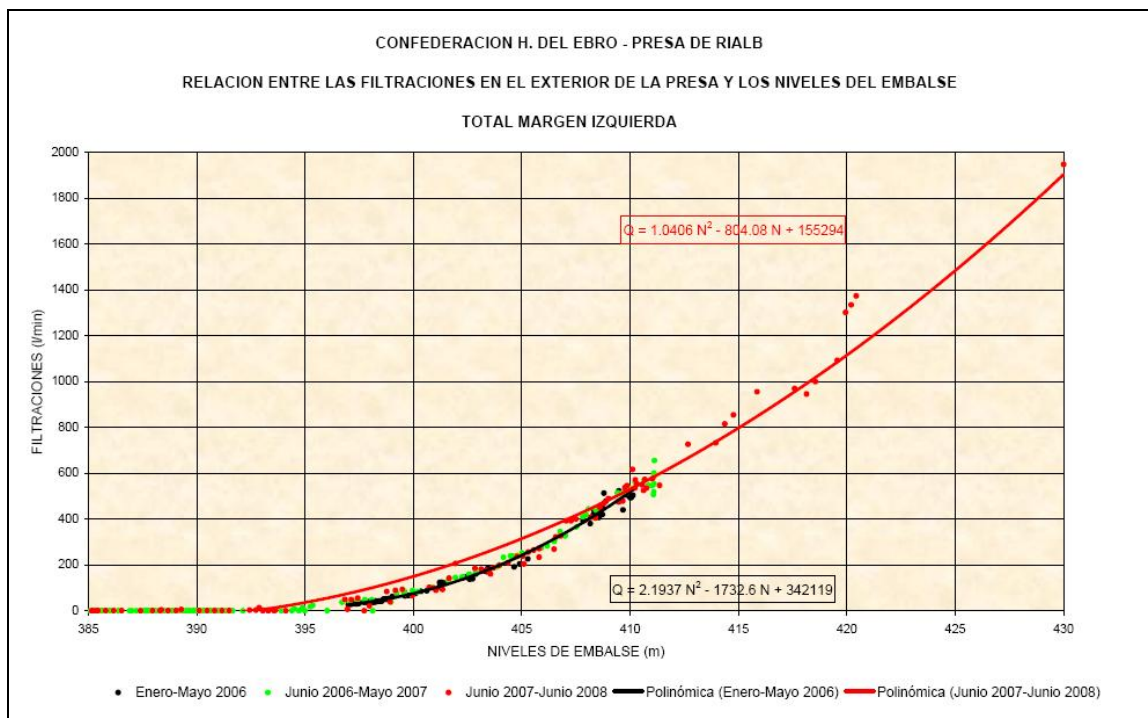


Gráfico 6: Relación entre los caudales exteriores aforados en la margen izquierda de la presa de Rialb y el nivel del embalse.

3. CONCLUSIONES.

Se ha presentado en esta comunicación de forma sucinta un análisis del comportamiento de la presa de Rialb durante el tercer escalón del programa de puesta en carga, que se ha completado en el mes de junio del 2008.

El comportamiento de la presa en este periodo ha sido en general satisfactorio, como se desprende del análisis de los datos de auscultación obtenidos en la propia presa, destacándose el buen comportamiento de la cimentación frente a la subpresión actuante, debido en gran parte a las campañas de impermeabilización realizadas.

En la ladera de la margen izquierda de la presa se aforan filtraciones desde que el embalse superó la cota 411,0. Esta situación se ha incrementado a medida que el embalse ha subido su cota, apareciendo una nueva filtración en esta ladera. Dado que el comportamiento de las subpresiones ha mejorado, la situación de las filtraciones registradas en esta ladera parece indicar la existencia de una comunicación entre aguas arriba y aguas abajo a través de dicha ladera, pero no por debajo el contacto presa-cimentación en los bloques de dicha margen izquierda.

4. REFERENCIAS

[1] J. Alcaraz Vela and F. Lacaste. "Aspectos constructivos de la presa de Rialb". Internacional Symposium on R.C.C. Santander 1995. Theme 3.

[2] A. Pérez Saiz and J. Gómez Arruche. “*La auscultación de las presas de hormigón compactado*”. *La presa de Sierra Brava*. Internacional Symposium on R.C.C. Santander 1995. Theme 4.

[3] “*Final phase of the cooling process of the Rialb RCC dam*”. Raimundo Lafuente Dios, Jose Antonio Gestí Canuto, Jesús Gomez Arruche y Stefan Hoppe. 5th International Symposium on Roller Compacted Concrete (RCC) Dams. Guiyang. China. 2-4 Noviembre 2007.

[4] “*The Role of Monitoring Systems in Operation and Maintenance of Nine Dams in the Jucar River Basin*”. Jose Luis Utrillas Serrano, Armando Molina Perez y Eduardo Echeverría García. Symposium about operation, rehabilitation and up-grading of dams. 76th annual meeting of ICOLD. Sofia (Bulgaria). 2-6 de junio de 2008.