

COMITÉ NACIONAL ESPAÑOL DE GRANDES PRESAS

PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN DE LA GUÍA TÉCNICA 2, TOMO 1 EN LO REFERENTE A HORMIGONES COMPACTADOS CON RODILLO

Juan Carlos De Cea Azañedo¹

Rafael Ibáñez de Aldecoa Lorente²

Carlos Jofré Ibáñez³

Francisco Ortega Santos⁴

RESUMEN: La tecnología de proyecto y construcción de presas de HCR ha evolucionado sustancialmente desde sus inicios hace una treintena de años. En concreto en la última década, y dado que hoy en día puede seguirse considerando la técnica de las presas de HCR como una técnica joven, la misma ha sufrido importantes innovaciones y avances, que en el momento de la redacción de la Guía Técnica de Seguridad de Presas N° 2, en su Tomo 1, Segunda Parte, la correspondiente a presas de fábrica, no eran conocidas.

Por otra parte, los autores entienden que los subcapítulos dedicados al HCR en la citada Guía Técnica, tanto en lo referente a criterios de diseño, como a definición de los hormigones en el proyecto, quedan escasos en contenido, amén de la necesaria actualización anteriormente comentada.

Es por ello que se propone la puesta al día de la Guía Técnica N° 2 en lo referente a hormigones compactados con rodillo, acorde con el estado del arte de esta técnica, incluyendo las novedades presentadas en los últimos Simposios Internacionales de Presas de HCR celebrados en Madrid y en Guiyang, en los meses de Noviembre de 2003 y 2007, respectivamente.

¹ Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Vocal Titular del CNEGP.

² Dragados S.A. Vocal Titular del CNEGP.

³ IECA. Vocal Colaborador del CNEGP.

⁴ FOSCE Ingenieros Consultores. Vocal Titular del CNEGP.

1. INTRODUCCIÓN

La presente Ponencia, y por razones obvias de espacio, se estructura de forma que, respetando al máximo la numeración de los actuales capítulos y subcapítulos de la Guía Técnica de Seguridad de Presas N° 2 (en adelante GT-2), solamente se incluyen las partes o párrafos de la actual redacción de la GT-2, en lo referente a hormigones compactados con rodillo (en adelante HCR), que los autores consideran procedente modificar o ampliar. Se ha considerado oportuno agregar algún nuevo subcapítulo.

Si en su momento se acepta la actualización que aquí se propone, lo más adecuado en ese caso será llevar a cabo una reestructuración de cada capítulo y subcapítulo afectados por las modificaciones/ampliaciones, con objeto de dejarlos con una secuencia lo más lógica posible. Adicionalmente, podría añadirse algún concepto más que en el momento de escribir esta Ponencia haya podido quedarse en el tintero, o que sea echada en falta o sugerida por otros especialistas en la materia.

Por tanto, el objetivo de la Ponencia es el de reflejar los conceptos fundamentales a actualizar/ampliar, para lo cual, tras una breve introducción de en que consiste el cambio o ampliación que se plantea, o en que afecta a la correspondiente redacción actual de la GT-2, se presenta el nuevo texto que se propone, incluyéndolo entre comillas y en cursiva.

2. ACTUALIZACIÓN DEL CAPÍTULO 4 CRITERIOS DE DISEÑO

2.1. ACTUALIZACIÓN DEL SUBCAPÍTULO 4.3 PRESAS DE GRAVEDAD DE HCR, EN SU INTRODUCCIÓN GENERAL

➤ **Texto a actualizar:** Párrafo 5, pág. 88.

Motivo de la actualización: Puntualizaciones sobre la forma de la cerrada y las cintas transportadoras.

Texto que se propone: Añadir al final del párrafo:

“Si bien también se han realizado presas de HCR en cerradas muy angostas, siendo para estos casos muy adecuados los equipos de cintas transportadoras con sistemas autotrepantes, como el empleado en la presa de La Breña II, que permiten con una única implantación del equipo el hormigonado de toda la presa (con la excepción, en algunos casos, de uno de los castilletes de coronación de los estribos, que puede requerir un alargamiento del equipo, o bien realizarlo con transporte integral con camión desde la planta de hormigón). En este tipo de cerradas angostas, fuera de España (por ejemplo en Jahgín, Irán) se han empleado sistemas alternativos a las cintas tan simples como el “vacuum chute” (canaleta por vacío) que son adecuados si la mezcla es rica en pasta, cohesiva y no se segrega.”

2.2. ACTUALIZACIÓN DEL EPÍGRAFE 4.3.1 ENCAJE DE LA PRESA EN LA CERRADA

➤ **Texto a actualizar:** Párrafos 3 y 4, pág. 89.

Motivo de la actualización: Eliminar desventaja en presas de planta curva pequeñas pues no es una afirmación que se pueda admitir como genérica (párrafo 2) y ampliación en lo referente a la disposición de los órganos de desagüe (párrafo 3).

Texto que se propone: Intercalar en el párrafo 4 y añadir un párrafo al final:

Conviene disponer los órganos de desagüe (desagües de fondo, medio fondo y tomas) fuera del tajo de hormigón compactado para favorecer la posibilidad del hormigonado continuo “, tanto en una sección longitudinal de la presa como en cualquier sección transversal. En el caso de los conductos que atraviesan la presa, empotrándolos o adosándolos a la roca de cimentación y alojándolos en una estructura de hormigón vibrado, en un mismo conjunto con la cámara de control. En el caso de las torres de toma, adosándolas al paramento aguas arriba, construyéndolas con antelación o con posterioridad al cuerpo de presa de HCR, o totalmente exentas. En el caso de centrales hidroeléctricas, el edificio de la central es preferible colocarlo en caverna subterránea en uno de los estribos, o bien adosarlo al pie de aguas abajo de la presa. En algún caso se ha situado bajo el trampolín del aliviadero (presa de Platanovryssi, en Grecia)”. La distinta concepción de los órganos de desagüe.....

“Cualquier otra estructura: pilas y puente sobre el aliviadero, cajeros del aliviadero, losa de revestimiento de la rápida del aliviadero (cuando sea necesaria), etc., debe diseñarse para poder ser construida sin afcción a la colocación lo más continua posible del HCR.”

2.3. ACTUALIZACIÓN DEL EPÍGRAFE 4.3.2 SECCIÓN TIPO

➤ **Texto a actualizar:** Párrafo 1, pág. 90.

Motivo de la actualización: El ancho de coronación que se cita de 6 m es insuficiente para los equipos habituales de puesta en obra en presas de HCR.

Texto que se propone: Modificar el final del párrafo

.....En general anchuras de más de “8 m (en grandes presas es habitual una anchura de 10 m),” facilitan la ejecución.

➤ **Texto a actualizar:** Párrafo 2, pág. 90.

Motivo de la actualización: Añadir una referencia a los aliviaderos escalonados.

Texto que se propone: Añadir al final del párrafo:

“Esto ha abierto la puerta a la solución de aliviaderos con rápida escalonada en muchas presas. De las ventajas y limitaciones de esta solución, se tratará posteriormente en 4.3.6.”

➤ **Texto a actualizar:** Párrafo 3, pág. 90.

Motivo de la actualización: Puntualización al pegado de juntas.

Texto que se propone: Intercalar en el párrafo:

.....pues no se requiere su impermeabilidad. *“Pero la utilización de sistemas de impermeabilización en el paramento aguas arriba, si bien puede solucionar el problema de la permeabilidad, no resuelve el de la necesaria correcta soldadura entre capas, lo cual puede dejar en precario el monolitismo de la estructura, aspecto especialmente delicado en zonas sísmicas.”* En España ha sido.....

➤ **Texto a actualizar:** Párrafos 2 y 3, pág. 91.

Motivo de la actualización: Acentuar los inconvenientes funcionales y constructivos de las camisas de hormigón vibrado en el paramento de aguas arriba.

Texto que se propone: Modificar y ampliar los párrafos 2 y 3:

a) En un primer momento se utilizaron hormigones vibrados (HV) para formar el paramento de aguas arriba, con espesores de *“1 a 4 m, con la equivocada pretensión de que la zona de HV actuase a modo de pantalla impermeable para evitar la filtración a través de las juntas entre capas del HCR, caso de que la unión entre las mismas fuera defectuosa, además de conferir un buen acabado estético al paramento.”*

Esta disposición crea inconvenientes funcionales y constructivos.

Inconvenientes funcionales: El alto tiempo de recubrimiento que admiten las juntas calientes entre capas de HCR, que puede ser (dependiendo de múltiples factores, entre los que prima la temperatura ambiente) de digamos entre 8 y 24 h, no es compatible con el bajo tiempo de recubrimiento de un HV, que normalmente es de 1 a 3 h. Por tanto, todas las juntas entre capas del HV son juntas frías, cuyo perfecto tratamiento como junta fría es poco compatible con la velocidad de avance de las capas de HCR, además de la contaminación que se genera sobre el HCR adyacente, por lo que potencialmente tienen una permeabilidad bastante superior a la de las juntas calientes de un HCR bien ejecutado. Adicionalmente, el gran espaciamiento de juntas transversales que suele disponerse en las presas de HCR, típicamente 20 a 40 m, no es adecuado para la camisa de HV, y más dado su carácter bidimensional, por lo que sufre la aparición de fisuras verticales erráticas, con espaciamientos típicos entre 5 y 10 m (en función de su dosificación y la climatología). Por tanto, además de disponer una camisa con una cuadrícula de vías preferenciales de filtración, las fisuras verticales pueden llegar a transmitirse al HCR y generar juntas transversales espontáneas en medio de un bloque, llegando a las galerías, e incluso atravesando todo un bloque de presa.

Inconvenientes constructivos: difícil” adecuación entre tajos de HV y HCR, supeditando uno a otro en perjuicio de la necesaria continuidad de la compactación. “Al aumentar los tiempos de recubrimiento entre capas de HCR, la soldadura entre estas disminuye en calidad, y por tanto también disminuye el potencial de impermeabilidad de la presa (inconveniente funcional adicional).” En algunos casos se requieren instalaciones independientes para fabricar, transportar y colocar ambos hormigones, con la correspondiente carestía. (Fig.

2.23). “Los inconvenientes mencionados son extensivos para el hormigón de contacto con las laderas.”

➤ **Texto a actualizar:** Completar la última parte del epígrafe 4.3.2.

Motivo de la actualización: Completar la evolución de la distribución de hormigones en las presas españolas y extranjeras.

Texto que se propone: Añadir un párrafo al final del epígrafe 4.3.2:

“d) La tendencia en los últimos años (Presas de El Esparragal y La Breña II, entre otras), ha sido a la presa con un único HCR, como se comentaba en b) anteriormente, denominada en inglés “All RCC Dam”. Para resolver el obtener un buen acabado estético en el paramento, y para resolver el contacto del HCR con la roca en las laderas, se emplea la técnica denominada en inglés GEVR ó GERCC (Grout-enriched vibratable RCC) que en Español sería HEL (HCR enriquecido con lechada), consistente en aportar junto al encofrado en los paramentos, y junto a la roca en las laderas, una cierta cantidad de lechada que permite hacer “vibrable” el HCR. Hay dos técnicas posibles, la de aportar la lechada previamente al extendido del HCR que se va a vibrar, o posteriormente a su extendido. El primer caso es más adecuado para hormigones compactados húmedos, mientras el segundo lo es para hormigones compactados secos. En vez de lechada, en algunos casos se ha empleado mortero, en este caso siempre extendiendo el mortero previamente al HCR que se va a vibrar. Con altas temperaturas, es conveniente añadir un aditivo retardador al mortero.

Un cuerpo de presa exclusivamente de HCR (“All RCC Dam”), con una mezcla bien diseñada, y trabajando convenientemente con tiempos de recubrimiento en juntas calientes adecuados a las condiciones climatológicas de cada momento, es una estructura monolítica (entre juntas transversales entre bloques) e impermeable por sí misma.

Los morteros entre capas, citados anteriormente en c) pueden mejorar la resistencia a cortante y a tracción en la junta para unas condiciones dadas. Pero con un HCR trabajable, bien diseñado, con un suficiente exceso de pasta, se puede alcanzar un comportamiento equivalente. De hecho, las juntas en las que se ha encontrado un mejor comportamiento al ensayar testigos, han sido todas en presas de HCR de alto contenido en pasta y sin morteros entre capas, pues se ha comprobado que el mortero hace de amortiguador durante la compactación, dificultando la interpenetración de la capa en proceso de compactación con la inferior. Sin embargo, para las presas de HCR con bajo contenido de conglomerante, y para la mayoría de presas de HCR con contenido medio de pasta, el mortero entre capas es un factor esencial para la mejora de las propiedades de la junta. En presas en las que se trabaja con dosificaciones de HCR con bajo volumen de pasta se ha observado también una tendencia a la segregación de la mezcla que afecta negativamente a la unión entre capas y al monolitismo de la estructura en sentido vertical, y este efecto no se consigue controlar con el empleo de mortero entre capas.”

2.4. ACTUALIZACIÓN DEL EPÍGRAFE 4.3.3 JUNTAS

➤ **Texto a actualizar:** Dentro de JUNTAS DE BLOQUE, Párrafo 3, pág. 93.

Motivo de la actualización: Puntualizaciones varias.

Texto que se propone: Intercalaciones/correcciones varias en el párrafo:

.....Son habituales separaciones de ~~40 a 70~~ “20 a 40” metros.....

.....a) las juntas hincadas se forman mediante hinca de chapas metálicas en cada tongada “, o bien formando una ranura mediante hinca e introduciendo a continuación una lámina de plástico”; b) las juntas cortadas se forman cortando mediante radial cada una de las tongadas “e introduciendo a continuación, por ejemplo, emulsión asfáltica en la entalladura creada; este sistema solamente se empleó en la Presa de Maroño y ha caído en desuso”. Por uno u otro procedimiento.....

.....alcanzándose en ocasiones longitudes de más de ~~200 m~~ “500 m”.....

.....procedimiento. (Fig. 2.26). “Si bien lo ideal es construir la presa de ladera a ladera en un único bloque de trabajo, evitando las juntas encofradas y realizando todas las juntas transversales mediante hincado, para lo cual hacen falta unos medios potentes de fabricación, transporte y colocación del HCR, adecuados al tamaño de la presa”.

➤ **Texto a actualizar:** Dentro de JUNTAS DE BLOQUE, Párrafo 1, pág. 94.

Motivo de la actualización: Modificar la última frase para citar el empleo de GERCC.

Texto que se propone: Corrección de la última frase del párrafo:

.....Se interfiere menos el proceso “constructivo si se hace “vibrable” el HCR mediante el empleo de la técnica del enriquecido con lechada citada anteriormente en el subcapítulo dedicado a la sección tipo.”

➤ **Texto a actualizar:** Dentro de JUNTAS DE TONGADA, Párrafo 5, Pág. 94.

Motivo de la actualización: Modificar dos frases que en la redacción actual dan lugar a confusión.

Texto que se propone: Corrección de las frases 3 y 4 del párrafo:

.....Esto se consigue si la relación “pasta/mortero (en volumen) es superior en un 5% al índice de huecos de la arena compactada. No obstante, cuando la resistencia e impermeabilidad exigida en las juntas es elevada, la relación pasta/mortero llega incluso a ser un 15% superior al índice de huecos de la arena compactada, o más. Éste último valor típicamente está comprendido entre 26% y 33%, por lo que es frecuente diseñar las mezclas de HCR con relaciones pasta/mortero de entre 0,36 a 0,44, o en algunos casos particulares incluso más, hasta 0,46. La importancia del concepto de pasta en el HCR se define posteriormente en el apartado 5.2.” Con la relación pasta/mortero indicada.....

➤ **Texto a actualizar:** Dentro de JUNTAS DE TONGADA, Párrafo 2, Pág. 95.

Motivo de la actualización: Modificar los límites para el factor de maduración.

Texto que se propone: Corrección y ampliación de la frase final del párrafo:

~~En general, este valor estará comprendido entre 150 y 200 horas x °C.~~ “No se pueden establecer unos valores absolutos para el factor de maduración límite, pues dependerá en cada caso de múltiples factores como son: la dosificación (contenido de agua, cantidad de pasta, tipos de materiales cementicios, empleo o no de retardador, etc.), la trabajabilidad, la tendencia a la segregación, los métodos y la maquinaria de compactación, la efectividad del curado, el empleo o no de sistemas de pre-enfriamiento en épocas calurosas, y en general de todo lo que afecte al principio y fin de fraguado. Lo recomendable es obtener el factor de maduración, para cada presa a construir, de una losa de ensayo bien planificada. Pero resulta mucho más operativo para el control en obra el establecer un tiempo límite de recubrimiento para cada mes del año, deducidos estos tiempos del anterior factor de maduración, que emplear este último capa a capa.

La tendencia es a definir tres clases de tratamiento de juntas, para los que se indican unos valores orientativos (con todas las salvedades antes indicadas) del factor de madurez límite para el caso de mezclas de HCR ricas en pasta (para las mezclas pobres y de medio contenido en pasta los factores de maduración límite habría que reducirlos notablemente):

- Junta caliente o fresca. Factor de maduración $< 300 \text{ }^\circ\text{C} \times \text{h}$. Tratamiento: solamente buen curado y limpieza de la superficie de la capa. Este límite puede llegar a $400 \text{ }^\circ\text{C} \times \text{h}$ ó $500 \text{ }^\circ\text{C} \times \text{h}$ cuando se emplean aditivos retardadores que elevan el inicio de fraguado por encima de las 20 horas (presas de Yeywa en Birmania, Ghatghar en India, Jahgin en Irán o Pirrís en Costa Rica).
- Junta templada o preparada. Intermedia entre una junta caliente y una junta verdaderamente fría. Factor de maduración $300 \text{ a } 800 \text{ }^\circ\text{C} \times \text{h}$. Tratamiento: cepillado de la superficie de la capa y/o extendido de mortero de retoma previo a la siguiente capa.
- Junta fría. Factor de maduración $> 800 \text{ }^\circ\text{C} \times \text{h}$. Tratamiento: descarnado de la superficie de la capa, hasta dejar el árido visto, y extendido de mortero de retoma previo a la siguiente capa. Algunos expertos prefieren prescindir del mortero de retoma y enriquecer (o no) más en pasta la primera capa de HCR sobre la junta fría. Otros prefieren lechada en vez de mortero como interfase en la retoma”.

➤ **Texto a actualizar:** Dentro de JUNTAS DE TONGADA, Párrafo 3, pág. 95.

Motivo de la actualización: Puntualización sobre el empleo de bordilladora.

Texto que se propone: Añadir al final del párrafo:

“No obstante en cerradas amplias, y cuando tanto los bordillos como su secuencia de ejecución con las capas de HCR han sido correctamente diseñados, el encofrado de la presa con bordilladora ha resultado una magnífica solución, que en absoluto obliga a ninguna junta fría, ni retrasa el ritmo de colocación del HCR (salvo en zonas de la presa con capas de muy poco volumen, como ocurre en la coronación de los estribos, pero en estas zonas también se produce una

inevitable ralentización en la colocación del HCR cuando se emplean encofrados en vez de bordilladora). Como ejemplos pueden citarse las presas de Upper Stillwater (EEUU), Platanovryssi (Grecia) y Porce II (Colombia), entre otras.”

2.5. ACTUALIZACIÓN DEL EPÍGRAFE 4.3.4 GALERÍAS

➤ **Texto a actualizar:** Párrafo 4, pág. 96.

Motivo de la actualización: Puntualización sobre la separación de galerías al paramento de presa.

Texto que se propone: Intercalaciones/correcciones en el párrafo:

.....que permita “*un adecuado extendido y*” compactación.....

.....Conviene que la separación sea de unos ~~4 a 6 m~~ “6 a 8 m” al menos,...

➤ **Texto a actualizar:** Procedimientos utilizados para la formación de galerías, págs. 96 y 97.

Motivo de la actualización: Puntualizaciones a los diversos procedimientos empleados.

Texto que se propone: Añadir al final de cada procedimiento y al final de todos ellos:

a) Paneles prefabricados..... “*Este procedimiento apenas se ha utilizado en España.*”

b) Tubo metálico..... “*Sistema en desuso.*”

c)arena..... “*Sistema en desuso.*”

d) Encofrado..... “*A diferencia de como se suele colocar en las presas de hormigón vibrado, en las presas de HCR el encofrado se debe instalar horizontal sobre una capa. Para dar la necesaria pendiente longitudinal a las cunetas de las galerías, se materializarán estas, junto con la solera de la galería, con un hormigón convencional en 2ª fase (Fig. 2.29).*”

“*Los métodos de construcción de galerías deben ser consistentes con el propósito de la galería. Una galería que sólo proporciona acceso al interior de la presa puede construirse con cualquier método. Pero en galerías que tengan como una de sus misiones principales la inspección del comportamiento del HCR (observar eventuales grietas y filtraciones), deben evitarse los procedimientos que enmascaren el HCR, p. ej. paneles prefabricados, tubos metálicos si se dejan perdidos, etc.*”

➤ **Texto a actualizar:** Ampliación del epígrafe 4.3.4.

Motivo de la actualización: Incluir diversos procedimientos que se pueden emplear para los tramos inclinados de galerías.

Texto que se propone: Añadir al final del epígrafe:

“En cuanto a los procedimientos para la construcción de los tramos inclinados de las galerías perimetrales, o bien de tramos de conexión entre diferentes niveles de galerías horizontales, los más utilizados son los siguientes:

a) Realizándolos en una trinchera excavada en la roca de las laderas, con hormigón vibrado. Solución en general más cara, pero que evita la interferencia con la posterior colocación del HCR (análogo a lo comentado para el tramo inferior de la galería perimetral, Fig. 2.28).

b) Realizándolos simultáneamente con el HCR. En este caso deben alejarse suficientemente de las laderas, para poder extender y compactar con comodidad el HCR entre la galería y la roca. Conviene uniformizar lo más posible las pendientes de los diferentes tramos. Los complicados entronques entre los tramos inclinados y los horizontales se pueden resolver mediante piezas prefabricadas especialmente diseñadas. En algunas presas se han situado las galerías horizontales e inclinadas en el mismo plano, facilitando mucho la construcción simultánea del entronque con el HCR, y resolviendo la comunicación entre aquellas mediante escaleras y pasarelas metálicas inoxidables (presa de La Breña II).

c) Algunos proyectistas son partidarios de disponer en las presas de HCR solamente galerías horizontales comunicadas por pozos verticales. En estos pozos se colocan escaleras de caracol, bien a base de prefabricados, bien metálicas inoxidables. Se deja siempre algún pozo libre por el que poder transportar trasladar maquinaria y equipos, o bien se diseñan las escaleras de caracol metálicas de manera que se pueden desmontar y montar fácilmente desde el nivel superior (presa de Platanovryssi en Grecia).”

2.6. INTRODUCCIÓN DE UN NUEVO EPÍGRAFE: 4.3.6 ALIVIADEROS

“4.3.6. Aliviaderos

Los diseños de aliviadero utilizados para presas de hormigón vibrado son también válidos para presas de HCR. La forma más común de aliviadero utilizada en las presas de HCR es un perfil de labio fijo, por la economía de esta tipología de estructura y su facilidad de construcción. Sin embargo, también se han construido presas de HCR con aliviaderos con compuertas de más de 20 m de altura.

En cuanto a la rápida, la forma escalonada del paramento de aguas abajo típica de las presas de HCR es muy adecuada para darle este uso, con la ventaja de que la gran disipación de energía que se obtiene en la rápida conduce a cuencos amortiguadores de muy poca longitud, amén del ahorro en el revestimiento del escalonado con una losa de hormigón armado anclada al paramento de aguas abajo. Si bien hay un límite razonable para este tipo de aliviaderos con rápida escalonada, que es el de que el caudal unitario no supere los 20 m³/s/m, si bien en algún caso han sido diseñados para caudales unitarios de hasta 30 m³/s/m. Más de un 30% de las presas de HCR construidas en el mundo han adoptado la solución de aliviadero escalonado, entre ellas varias de las ejecutadas en España.”

2.7. INTRODUCCIÓN DE UN NUEVO SUBCAPÍTULO: 4.7 PRESAS ARCO DE HCR

“4.7. PRESAS ARCO DE HCR

La tipología de presa arco construida con HCR se ha venido desarrollando de manera creciente, principalmente en China, y con secciones tanto de simple como de doble curvatura. Los aspectos específicos del diseño estructural y las consideraciones respecto a la cimentación de este tipo de presas son similares a los que se han mencionado en los apartados correspondientes a las de hormigón convencional.

No obstante existen algunos elementos característicos en el diseño de las presas arco de HCR que se derivan precisamente de la velocidad con la que se construyen estas presas. En particular, los esfuerzos de origen térmico llegan a ser más acusados que en las presas arco convencionales pues el calor generado en los procesos de hidratación del conglomerante no se disipa tan fácilmente como en aquellas. Este hecho es aún más crítico cuando se considera además la necesidad de puesta en carga antes de que se haya conseguido descender la temperatura interna hasta niveles próximos a la temperatura final de estabilidad de la presa. Este ha sido el caso más frecuente de las presas arco de HCR construidas hasta la fecha en China, y que han alcanzado alturas por encima de los 100 metros.

Ello ha generado un nuevo campo de investigación y desarrollo de las presas de HCR que se centra principalmente en cuatro aspectos:

- *profundización en los estudios térmico-tensionales tridimensionales, determinación de la distancia óptima entre juntas y apertura previsible de las mismas que permita su inyección en tiempo oportuno para conferir el efecto arco a la estructura,*
- *diseño de sistemas de post-enfriamiento específicos y compatibles con los sistemas de construcción de las presas de HCR,*
- *diseño y construcción de sistemas de inyección de juntas transversales que permitan una posible re-inyección posterior durante etapas de enfriamiento o ciclos carga/descarga posteriores al primer llenado. Estos sistemas de inyección deben además ser compatibles con el proceso de puesta en obra del HCR, sin limitar la colocación del mismo de una ladera a la otra, en un solo bloque, que es la práctica habitual en las geometrías de las cerradas donde se construyen este tipo de presas, y*
- *empleo de mezclas de HCR de altas prestaciones, con alto contenido de pasta y con altos porcentajes de sustitución del cemento por materiales puzolánicos/cenizas volantes.*

Respecto al control térmico y al análisis térmico-tensional es necesario que se disponga no solo de potentes instrumentos de cálculo numérico sino también del adecuado conocimiento de la variación con el tiempo de las propiedades tensionales del HCR y del entorno en el que se construye la presa. Los modelos tridimensionales de elementos finitos son obligados para el cálculo de este tipo de presas. La experiencia del equipo de diseño es también un aspecto importante.

Para la fabricación del HCR en estas presas es habitual el empleo de instalaciones de pre-enfriamiento como pueda ser la refrigeración del árido, el empleo de agua fría de amasado y el uso de escamas de hielo. El coste de estas instalaciones es habitualmente muy inferior a los beneficios derivados de la entrada anticipada en operación de la presa. Hasta el momento los sistemas de post-enfriamiento en presas arco de HCR, cuando se han empleado, han sido similares a los utilizados en presas tradicionales como son los serpentines embebidos en el hormigón por los que se hace circular agua fría. Es preciso no obstante seguir investigando en sistemas que interfieran menos en la colocación del HCR. En estas presas es muy beneficiosa la aportación de las galerías de inspección y drenaje como elemento refrigerador.

Las juntas transversales se crean mediante la inserción de elementos inductores de junta (chapas, plástico, etc.) tras la compactación de la capa. Los sistemas de inyección de estas juntas y de creación de los compartimentos de inyección compatibles con la puesta en obra del HCR es un capítulo que se encuentra aún en desarrollo. En Sudáfrica y en China se han investigado diferentes métodos con éxito desigual. Recientemente la introducción del HCR enriquecido con lechada está permitiendo el embebido de estos elementos junto a los paramentos y en los planos horizontales de separación de compartimentos con relativa facilidad. Las experiencias más recientes en China muestran no obstante que es preciso seguir profundizando en el diseño, fabricación y colocación de los conductos de inyección y de las válvulas re-inyectables, para que se garantice su funcionamiento y no queden dañados por los equipos de puesta en obra.

Dada la alta calidad que se le exige al material, las dosificaciones utilizadas en las presas arco de HCR se centran exclusivamente en mezclas con alto contenido de material puzolánico y dosis de conglomerante por encima de los 200 kg/m³. Dependiendo de la calidad de las cenizas volantes o puzolanas naturales su porcentaje puede llegar hasta el 70%. El tamaño máximo del árido, preferiblemente procedente de machaqueo, no debe ser superior a los 40-50 mm para controlar cualquier posible indicio de segregación y se debe trabajar con hormigones con una consistencia muy trabajable y cohesiva, con tiempos VeBe del orden de los 10 segundos. Además se deben emplear aditivos retardadores de fraguado que permitan prolongar el tiempo de actividad (inicio de fraguado) de la capa inferior compactada hasta que se cubra con la siguiente capa. Solo de esta manera se permite garantizar el monolitismo de las ménsulas verticales de la estructura. La relación agua/conglomerante de las mezclas de HCR empleadas en las presas arco se encuentra normalmente entre 0,50 y 0,65. El porcentaje de arena (tamaños inferiores a 5 mm) respecto al total de árido debe ser del orden del 35% y en estas mezclas es de gran importancia la calidad y cantidad de los finos pasantes por el tamiz 0,080 mm UNE que pueden llegar a superar el 5% en la curva combinada de áridos.”

2.8. INTRODUCCIÓN DE UN NUEVO SUBCAPÍTULO: 4.8 OTROS USOS DEL HCR EN LA CONSTRUCCIÓN DE PRESAS

“4.8. OTROS USOS DEL HCR EN LA CONSTRUCCIÓN DE PRESAS

Las aplicaciones más importantes de la técnica del HCR en otras obras relacionadas con la construcción de presas, de una manera resumida, son las siguientes:

- *Construcción de ataguías. Solución especialmente interesante cuando hay que construir ataguías de volumen importante en un breve plazo de tiempo, o bien cuando es alto el riesgo de sobrevertido durante el periodo de funcionamiento de la misma (p. ej. presa de Tres Gargantas, en China).*
- *Construcción de cuencos amortiguadores de aliviaderos y desagües de presas de materiales sueltos y de hormigón (p. ej. presa de El Atance, donde adicionalmente el cuenco amortiguador en HCR se utilizó como losa de ensayo). Solución especialmente apropiada cuando hay que sustituir grandes volúmenes de terreno de mala calidad.*
- *Rehabilitación de cuencos amortiguadores de aliviaderos y desagües de presas de materiales sueltos y de hormigón erosionados por avenidas (p. ej. presa de Tarbela en Pakistán).*
- *Diques de protección de márgenes aguas abajo de aliviaderos (p. ej. presa de Platanovryssi en Grecia).*
- *Protección frente a sobrevertidos en presas de materiales sueltos, revisitando con HCR el paramento aguas abajo (más de 50 actuaciones en pequeñas presas en EEUU, para adecuar las presas a una nueva normativa, más exigente, sobre avenidas).*
- *Protección frente a sobrevertidos durante la construcción en presas de materiales sueltos, en casos de gran riesgo de darse el mismo (p. ej. presa de Xingo en Brasil).*
- *Refuerzo de presas de hormigón y de mampostería, mediante la construcción de contrafuertes en el paramento aguas abajo de la presa existente (varias actuaciones en EEUU, para adecuar las presas a solicitaciones sísmicas superiores a aquellas para las que originalmente fueron diseñadas).*
- *Protección frente a la rotura de otra presa en servicio pero en condiciones precarias en cuanto a cumplimiento de nueva normativa más exigente (p. ej. presa de Saluda en EEUU).*
- *Revestimiento del paramento aguas abajo de presas de hormigón, para protegerlo, o reemplazar hormigón dañado por la acción hielo-deshielo (p. ej. presa de Santa Cruz en EEUU).*
- *Cimentación de grandes estructuras hidráulicas de hormigón convencional (p. ej. nueva presa de Tous).*
- *Recrecido de presas de hormigón (p. ej. presa de San Vicente en EEUU)".*

3. ACTUALIZACIÓN DEL CAPÍTULO 5 DEFINICIÓN DE LOS HORMIGONES EN EL PROYECTO

3.1. ACTUALIZACIÓN DEL SUBCAPÍTULO 5.2, CONSIDERACIONES SOBRE LOS HORMIGONES COMPACTADOS CON RODILLO, EN SU INTRODUCCIÓN GENERAL

➤ **Texto a actualizar:** Nuevo párrafo tras párrafo 10, pág. 133.

Motivo de la actualización: Introducción del concepto de que la calidad de la dosificación de HCR se valora en la medida que es capaz de cumplir con sus funciones a escala real y no en laboratorio.

Texto que se propone: Añadir nuevo párrafo:

“Cuando se consideran los materiales y dosificaciones para una presa de HCR, el Proyectista debe siempre tener en cuenta que son las propiedades in-situ, incluyendo aquellas en las juntas horizontales entre tongadas, las que son importantes, y no las propiedades que puedan alcanzarse en el laboratorio”.

➤ **Texto a actualizar:** Párrafo 1, pág. 134.

Motivo de la actualización: La tendencia actual es de dosificaciones de HCR no tan secas.

Texto que se propone: Modificar este párrafo como sigue:

.....La característica esencial del HCR fresco es su *“relativa sequedad, con contenido de humedad máximo que permita su consolidación mediante rodillos vibratorios. La relación agua/conglomerante es del orden de 0,50 a 0,70 y la consistencia del HCR que se recibe en el tajo es del orden de 10 a 15 segundos VeBe. El aspecto del HCR fresco debe ser cohesivo y sin signos de segregación. El HCR endurecido es similar al HV, si bien su densidad es superior para la misma procedencia de los materiales componentes”.* La característica esencial del HCR endurecido.....

➤ **Texto a actualizar:** Párrafo 3, pág. 134.

Motivo de la actualización: Hoy en día existen ya dos únicas tendencias claras en el diseño de las mezclas de HCR: la diferencia es el contenido de material puzolánico, y que genera a su vez una serie de consecuencias derivadas que afectan al diseño de la presa.

Texto que se propone: Sustituir este párrafo por:

“Por otra parte, la variedad que caracterizó la composición de los hormigones de las diversas presas de HCR construidas en los primeros años de su aplicación se ha ido reduciendo y concentrando cada vez mas en dos tendencias bien diferenciadas. Por un lado se encuentran las mezclas que incorporan un alto contenido de material puzolánico, de entre 100 a 160 kg/m³ y por otro, aquellas mezclas que prescinden de él o cuyo empleo es mínimo, entre 0 a 30 kg/m³. De cada una de estas tendencias se derivan consecuencias que afectan al diseño de la presa. De manera genérica se puede afirmar que las primeras correspon-

den a las mezclas tradicionalmente denominadas ricas en pasta y las segundas a las pobres o de baja pasta. La proporción entre unas y otras para las presas de HCR que se proyectan y construyen actualmente por todo el mundo es del orden del 80-20%. Dada la disponibilidad de cenizas volantes y los niveles de calidad requeridos, en España el 100% de nuestras presas de HCR tienen un contenido alto de material puzolánico, y por lo tanto se engloban en el primer grupo”.

➤ **Texto a actualizar:** Párrafo 4, pág. 134.

Motivo de la actualización: Aclaración respecto al volumen de pasta relativo a los huecos dejados por el esqueleto sólido de áridos.

Texto que se propone: Modificar este párrafo con lo siguiente:

El hormigón está constituido por un esqueleto de áridos cuyos huecos quedan rellenos *“totalmente por la pasta. El volumen total de pasta en la mezcla debe ser tal que además aporte un exceso de pasta en superficie que permita la unión entre capas sucesivas”*.

3.2. ÁRIDOS

➤ **Texto a actualizar:** Epígrafe a), pág. 134.

Motivo de la actualización: Hay métodos específicos para determinar la dosificación de los áridos de un HCR, y en cuanto a la granulometría de la arena, especialmente en la parte más fina, es diferente a la del HV.

Texto que se propone: Ampliar con lo siguiente al final del texto actual:

“No obstante, hay métodos específicos para determinar la dosificación del esqueleto de los áridos en un HCR, y asimismo, en las arenas empleadas en las dosificaciones de HCR se suele admitir una mayor proporción de finos siempre que éstos sean no plásticos, lo cual permite aumentar la compacidad de la mezcla y reducir el volumen de pasta. La granulometría de la arena para HCR se debe ajustar a los siguientes rangos:”

	% en peso que pasa por cada tamiz						
<i>Abertura de malla (mm)</i>	5,00	2,50	1,25	0,60	0,30	0,15	0,08
<i>Límite superior</i>	100	85	68	52	35	25	18
<i>Límite inferior</i>	90	65	42	25	15	10	5

➤ **Texto a actualizar:** Epígrafe b), pág. 134.

Motivo de la actualización: La exigencia de calidad de los áridos es en la práctica similar a la de las presas de HV.

Texto que se propone: Sustituir el texto actual por:

“La exigencia de calidad de los áridos (resistencia, durabilidad, densidad, forma, etc.) deber ser la misma que para los áridos empleados en presas de HV. Tan solo en presas de bajo contenido de material puzolánico, o en presas y azudes pequeños, se admite el empleo de materiales con peores características físico-químicas.”

➤ **Texto a actualizar:** Epígrafe c), pág. 134.

Motivo de la actualización: Actualización del tamaño máximo del árido empleado en la actualidad.

Texto que se propone: Cambiar la última frase por:

“En la práctica actual son frecuentes tamaños máximos del orden de 50-60 mm para árido de machaqueo y de 40-50 mm para árido rodado”.

➤ **Texto a actualizar:** Epígrafe d), pág. 134.

Motivo de la actualización: Aclaración respecto a la demanda de agua de los finos de la arena.

Texto que se propone: Sustituir el texto actual por:

“Como se ha mencionado anteriormente, con carácter general debe limitarse el contenido de finos plásticos. La incorporación de finos no plásticos en una proporción de entre el 5% y el 18% de la arena tiene los efectos beneficiosos mencionados en el epígrafe a). En algunos casos la demanda de agua aumenta con el incremento de finos para alcanzar el grado de trabajabilidad y consistencia adecuados. Este aumento de agua está en muchos casos justificado por el incremento que se produce en el volumen de pasta disponible en la superficie de las capas, mejorando la resistencia e impermeabilidad en las mismas, en detrimento de la resistencia en la matriz.”

3.3. CONGLOMERANTE

➤ **Texto a actualizar:** Párrafo 2, pág. 135.

Motivo de la actualización: Ampliar aspectos específicos de los conglomerantes especiales empleados en presas de HCR.

Texto que se propone: Actualizar y ampliar este punto con el siguiente texto:

A diferencia de lo indicado para el hormigón vibrado, el fuerte ritmo de hormigonado exige que el contenido de ~~cenizas~~ “adiciones minerales” sea alto, del orden del ~~70%~~ “60%-70%”.

“Como el término de adiciones minerales se engloban diferentes clases de materiales que presentan actividad conglomerante y que actúan como sustituciones activas del cemento. Entre estas adiciones destacamos las escorias de alto horno, las cenizas volantes con bajo y alto contenido de cal, la puzolana natural y la arcilla calcinada. Todas ellas y algunas más se han empleado en presas de HCR. El comportamiento depende en gran medida de la calidad y uniformidad de la fuente, así como del control del proceso de preparación hasta su incorporación a la mezcla.

Siempre que haya disponibilidad a un precio competitivo, el empleo de adiciones minerales que replacen parcialmente al cemento ordinario ofrece ventajas tanto técnicas como económicas en presas de HCR. En estos casos es habitual emplear proporciones de hasta un 70% de tales materiales conglomerantes.

Entre las principales ventajas de su empleo destacamos:

- *reducen el calor de fraguado,*
- *dependiendo de su forma, pueden contribuir a mejorar la trabajabilidad de las mezclas (caso de muchas de las cenizas volantes de bajo contenido en cal),*
- *por lo general reducen la demanda de agua para una consistencia dada,*
- *rellenan huecos y aumentan la compacidad de la mezcla, reduciendo su porosidad, aumentando la densidad y la impermeabilidad de la matriz de HCR,*
- *como se ha mencionado antes para los HV, los hormigones con altos contenidos de adiciones minerales son normalmente menos susceptibles a la reacción álcali-árido,*
- *retardan el proceso de fraguado y mejoran la unión entre capas para un mismo tiempo de recubrimiento,*
- *con algunas de ellas (caso de las cenizas volantes en general) se obtienen mayores resistencias a largo plazo, y*
- *reducen costes, pues habitualmente son más económicas que el cemento ordinario.*

3.4. PASTA

➤ **Texto a actualizar:** Todo el apartado, pág. 135.

Motivo de la actualización: Es necesaria una actualización y revisión general de conceptos acerca de la pasta en dosificaciones de HCR.

Texto que se propone: Sustituir el apartado por el siguiente texto (y eliminar los pies de página números 11 y 12); mantener, con alguna puntualización, la última frase del párrafo 5 de la pág. 135:

“El diseño de la pasta es uno de los aspectos que mas influyen en la calidad final in-situ del HCR. El volumen de pasta de la mezcla define además directamente la orientación del diseño de la presa de HCR que se adopte, que se mueve entre los dos extremos de conceptos: de alta pasta o de baja pasta.

Con objeto de unificar criterios, y de acuerdo con la práctica internacional, la pasta del HCR incluye el conglomerante, el agua y los aditivos. Por conglomerante entendemos cemento y cualquier tipo de adición mineral activa como las mencionadas en el apartado anterior. En cualquier caso de mezcla de HCR que se considere la cantidad de pasta debe ser tal que al menos garantice el relleno de los huecos que deja la arena compactada, es decir, los de la fracción de áridos inferior a 5 mm incluyendo todos los finos que no sean conglomerantes.

No obstante, tal como se ha indicado en el apartado 4.3.3, el diseño de la pasta que debe incorporar la mezcla de HCR es función del comportamiento requerido en las juntas entre capas que no lleven tratamiento ni mortero entre ellas. En estos casos, la cantidad y dosificación de la pasta depende del grado de impermeabilidad requerido en dichas juntas y de su resistencia al corte y a la tracción directa. Este criterio es siempre mas exigente y limitante para el diseño de las pastas de mezclas de HCR que lo estrictamente necesario para el propio diseño de su matriz (interior de la capa).

El diseño de la pasta se rige por tres parámetros principales de la propia mezcla de HCR: su consistencia, su resistencia y el tiempo de fraguado. En la práctica, a efectos de diseño y control, lo que se hace es relacionar las propiedades tanto de la matriz de HCR como de las juntas entre capas con estos tres parámetros. Es decir, una mezcla de HCR está bien diseñada si permite un buen comportamiento de las juntas entre capas sin necesidad de tratamiento ni morteros y esto está directamente relacionado con el diseño de la pasta, ya que ésta influye directamente en las propiedades de la mezcla tanto en estado fresco como endurecido. La pasta contribuye directamente a que el HCR en estado fresco no se segregue, que sea denso y cohesivo, y que su superficie compactada mantenga su actividad (capacidad de unión química y física) durante un tiempo prolongado hasta ser cubierta con el HCR de la siguiente capa. Igualmente la pasta influye en la evolución con el tiempo de las propiedades elásticas y térmicas del HCR y en su impermeabilidad y durabilidad.

El criterio final de optimización del diseño de la cantidad y dosificación de la pasta es el de mínimo coste dentro de las que cumplen los criterios mas limitantes del proyecto, que como hemos dicho, suelen ser los de las juntas entre capas no tratadas y no los de la propia matriz del HCR.”

Generalmente, los requerimientos de resistencia mecánica exigen contenidos de conglomerante también bajos, por lo que en caso de no disponer de ~~finos de árido adecuados~~ “una arena con suficientes finos adecuados”, una cantidad apreciable de conglomerante “(normalmente la adición mineral por razones de calor de hidratación y de coste)” estará cumpliendo una función de relleno exclusivamente.

3.5. ADITIVOS

➤ **Texto a actualizar:** Nuevo apartado.

Motivo de la actualización: En la GT2 no se menciona la importancia de los aditivos retardadores en garantizar una buena unión entre capas.

Texto que se propone: Añadir el siguiente apartado:

“ADITIVOS

Uno de los componentes habituales de la mezcla de HCR es el aditivo retardador de fraguado. Su misión es mantener el inicio de fraguado de la mezcla por debajo del tiempo de recubrimiento entre capas consecutivas para garantizar la unión entre ellas y como consecuencia, el monolitismo de la estructura en sentido vertical. En muchos casos los aditivos retardadores de fraguado tienen un efecto secundario muy positivo como reductores de agua, y por consiguiente de aumento de resistencias, no solo a corto sino también a largo plazo.

Hoy en día este es un componente habitual en las presas de HCR que se ejecutan con el concepto de alta pasta. Dependiendo del producto comercial, del resto de componentes y de las condiciones ambientales, las dosis empleadas han oscilado entre 0.6% y 2.0% (en peso) del contenido de conglomerante y se ha trabajado con mezclas con inicios de fraguado de hasta 20-24 horas.

Cuando se trabaja con estos niveles altos de retardo del fraguado es necesario emplear productos bien controlados y comprobar posibles efectos secundarios negativos de los mismos (influencia en resistencia y estabilidad de las mezclas, comportamiento de la mezcla durante la compactación, posible distorsión del ensayo VeBe, etc.). Algunos aditivos funcionan bien con ciertos materiales conglomerantes, y no tanto con otros materiales. Por todo lo anterior, es imperativo ensayar los aditivos a emplear tanto en laboratorio como a escala real, en una losa de ensayo. Además la menor resistencia inicial del HCR con retardador debe tenerse en cuenta en el diseño de los encofrados de paramentos.

En otros países (EEUU principalmente) se emplean mucho los aireantes, pero más para mejorar la trabajabilidad del hormigón fresco que como una mejora de la resistencia al hielo-deshielo.”

3.6. CONSISTENCIA DEL HORMIGÓN FRESCO

➤ **Texto a actualizar:** Párrafo 7, pág.135.

Motivo de la actualización: Explicar el motivo de la consistencia del HCR.

Texto que se propone: Modificar el inicio del párrafo como sigue:

“La consistencia del HCR debe ser tal que permita sin segregarse su transporte, extendido y compactación mediante el equipo clásico de movimiento de tierras. Para una granulometría optimizada esto se consigue más fácilmente cuanto mas húmeda sea la mezcla, con el limitante de que ésta se pueda compactar uniformemente mediante rodillos vibratorios de 10 a 12 toneladas de peso estático. Estos condicionantes impiden” la definición de su consistencia por el procedimiento tradicional.....

➤ **Texto a actualizar:** Párrafo 1, pág.136.

Motivo de la actualización: Definir de manera mas precisa el parámetro de control de la consistencia del HCR.

Texto que se propone: Añadir al final del párrafo lo siguiente:

“Cuando se emplea el ensayo VeBe, la consistencia del HCR medida mediante norma UNE-EN 12350-3, pero empleando una masa de 12,5 kg (en vez de los 2,75 kg que indica la norma), debe estar comprendida entre 10 y 15 segundos VeBe, para condiciones de temperatura de laboratorio (20 °C). Algunas normas muy comúnmente utilizadas en otros países utilizan en el ensayo VeBe masas diferentes a los 12,5 kg antes mencionados, por lo que hay que tenerlo muy presente a la hora de confrontar resultados.”

3.7. ENSAYOS A ESCALA REAL

➤ **Texto a actualizar:** Nuevo apartado.

Motivo de la actualización: Indicar los objetivos de los ensayos a escala real (losas de ensayo) y discutir su necesidad.

Texto que se propone: Añadir el siguiente apartado:

“ENSAYOS A ESCALA REAL

Los ensayos a escala real, comúnmente denominados “losas de ensayo”, son bloques que se construyen con antelación al inicio de la colocación del HCR en la presa. Se ejecutan con los materiales y medios que están previstos para la presa y en ellos se prueban a escala real dosificaciones que han sido previamente ensayadas y optimizadas en laboratorio. Dependiendo de las necesidades y el volumen de cada proyecto, el volumen total de la losa o losas de ensayo puede oscilar entre unos pocos cientos de m³ a varios miles. Los principales objetivos para su construcción son:

- *entrenamiento del personal del Contratista y del equipo de Control de Obra,*
- *prueba de los equipos y procedimientos de puesta en obra propuestos por el Contratista,*
- *confirmación de la no segregación de la mezcla cuando se fabrica y coloca con los medios de producción industrial, y*
- *confirmación de los parámetros de resistencia en las juntas entre capas para distintos tipos de tratamiento y grados de madurez de dichas juntas. Para obtener consistentemente esta valiosa información, es recomendable ensayar previamente los tres objetivos anteriores en pequeñas losas de ensayo de no más de 2 capas de espesor.*

Su necesidad es discutible para aquellos casos en los que el comportamiento de las mezclas se conozca bien por experiencias y estudios previos y en los que se cuenta con personal y equipo ya experimentado. En caso contrario, sobre todo en países o entornos donde el HCR es una novedad, su ejecución es muy recomendable pues evita paradas y atrasos innecesarios en la fase inicial de la colocación del HCR en la presa.”

En algunas presas de HCR, con objeto de ahorrar coste, se ha realizado la losa de ensayo en alguna estructura provisional o definitiva de la obra de dimensiones suficientes para el propósito buscado: ataguía, losa del cuenco amortiguador, bloques de estribo de presa, etc.

3.8. PROPIEDADES DEL HORMIGÓN ENDURECIDO

➤ **Texto a actualizar:** Párrafo 2, pág.136

Motivo de la actualización: Modificación de la edad de diseño

Texto que se propone: Añadir al final del párrafo:

“Hoy en día es frecuente emplear una edad de diseño de 180 a 365 días”.

➤ **Texto a actualizar:** Añadir párrafos entre el 2º y el 3º, pág.136

Motivo de la actualización: Parámetros críticos de diseño

Texto que se propone: Añadir párrafos:

“En muchos casos, el parámetro crítico de diseño suele ser la resistencia a tracción directa vertical in situ en juntas horizontales, especialmente en zonas sísmicas y/o en condiciones donde se producen cargas de origen térmico importantes. En estos casos la resistencia de la matriz del HCR, que es el valor que se controla en probetas de laboratorio, es un aspecto secundario y lo realmente importante es asegurar la resistencia en las juntas de la presa. Existen procedimientos corroborados por la práctica para correlacionar ambos parámetros, por lo que lo que se hace en la práctica es diseñar las mezclas de HCR para que alcancen una resistencia a compresión en laboratorio que garantice que se cumplirán in situ las resistencias requeridas en las juntas a la edad de diseño. Para ello es imprescindible que la mezcla de HCR incorpore suficiente exceso de pasta que refluya a la superficie durante la compactación.

La resistencia a compresión del HCR se mide normalmente en probetas cilíndricas o cúbicas. Las probetas se preparan utilizando una mesa vibratoria, que es el método mas adecuado para mezclas de RCC de alta pasta. Para mezclas de baja pasta se emplea también el martillo neumático provisto de placa de apisonado, pero en algunos casos se ha comprobado que con ello se alcanzan resistencias elevadas a edades tempranas que son poco realistas”.

➤ **Texto a actualizar:** Párrafo 3, pág.136

Motivo de la actualización: Actualizar el grado de experiencia acumulada en HCR

Texto que se propone: Eliminar parte de la frase:

.....hasta el momento, ~~aún escasos~~, se observa.....

4. ACTUALIZACIÓN DE LA BIBLIOGRAFÍA

➤ **Texto a actualizar:** Añadir en el Capítulo 4 Criterios de diseño, dentro de PRESAS DE HORMIGÓN COMPACTADO (pág. 167), y en el Capítulo 5 Hormigones, Definición en fase de Proyecto (pág. 168), las siguientes referencias:

“ICOLD, 2003 - Boletín 126: Roller-Compacted Concrete Dams. State of the art and case histories. - Ed. International Commission on Large Dams; París, Francia.”

“Proceedings of the IV International Symposium on Roller-Compacted Concrete Dams held in Madrid, Spain, on 17-19 November 2003. - Ed. Balkema, Holanda.”

“Proceedings of the V International Symposium on Roller-Compacted Concrete Dams held in Guiyang, China, on 2-4 November 2007. - Ed. China Water-Power Press, China.”