

Trasunto estético de lo suelto: presas de tierra y escollera

Fernando Delgado Ramos y Miguel Aguiló Alonso



DESCRIPTORES

PRESAS
MATERIALES SUELTOS
ESTÉTICA
DISEÑO

La dudosa consideración de lo suelto

En la definición de lo suelto todo es negación: es suelto lo poco compacto, lo disgregado, lo que no hace juego o no se une con otras cosas. Aplicamos el término a lo desperdigado, separado, disperso, desparramado o esparcido. Cuando nos referimos a lo suelto echamos en falta propiedades o valores significativos que son positivos para nuestra cultura. A lo suelto le falta cohesión, adhesión, ligazón, retención, enlace, unión, adherencia, aglutinación. Lo suelto carece de vínculos con las demás cosas, y los vínculos siempre parecieron importantes para mejorar nuestro mundo.

Lo suelto implica la imposibilidad de tomar forma, y la forma es la primordial manera de las cosas para trasladarnos información. Con la forma relacionamos unos seres con otros, somos capaces de reconocerlos, los clasificamos y los nombramos. Nos repugna lo informe, lo asociamos a lo desconocido, lo intangible, lo perverso: nos deja intranquilos.

Cuando jugamos con lo suelto, buscamos trucos para conseguir la forma, tratamos de superar el simple montón que produce lo suelto abandonado a su suerte. Mojamos la arena para construir castillos, pero solo lo justo, porque con mucha agua el montón se vuelve a deshacer: a lo informe añadiríamos lo viscoso, cualidad aún peor. Perderíamos lo poco positivo que aporta lo suelto, esas leves referencias a lo expedito, libre, ligero, desenfadado o autónomo con que a veces se adorna. Sabemos que los castillos en la arena no son sino sueños, pero lo viscoso los convertiría en pesadillas.

Definitivamente, a lo suelto le falta prestigio; no está vinculado a cualidades de rareza o durabilidad. Incluso cuando se le adjudica valor, como a la moneda, la inconveniencia de su acumulación lo devalúa. No vale la pena tener mucho suelto, hay que cohesionarlo reemplazándolo con billetes. Al principio, la moneda valía según su peso, por el valor intrínseco del material, pero era incómodo y se prescindió de ello dándole valor facial.

Cuando queremos dar valor a lo suelto, lo empaquetamos, lo metemos en envases: evitamos por todos los medios el granel. La abundancia del granel reduce el valor psicológico del material: a granel significa sin orden ni medida, del montón. Un kilo de aspirinas es casi un chiste, la referencia al peso las devalúa: en burbujas individualizadas y ordenadas en una lámina de plástico recobran su valor. En las tiendas caras, los escaparates evitan el granel: una camisa aislada y bien colocada vende mejor que un montón de ellas.

A los ingenieros les gusta que sus materiales sean consistentes: aceptan, con Aristóteles, que "sin forma no puede haber sustancia o sujeto, no hay más que materia" (Metafísica, 7, III). La declaración de lo suelto no es más que la ausencia de forma, participa en contrario de la misma sustancia. Buscan la unidad de los cuerpos, que "según unos, es el contacto, según otros, la viscosidad o cualquiera otra modificación de este género" (Metafísica, 8, VI). Pero el contacto no basta, solo produce el montón; tiene que haber algo más y siempre preocupó conocerlo. Lucrecio, que vivió en el siglo I a.C., ya se preocu-

pó del problema de la cohesión, y sugirió que los átomos de los materiales resistentes estaban provistos de ganchos con los que agarrarse los unos a los otros. Para Faraday, la resistencia de los sólidos se debía a la cohesión de sus partículas [1].

El conocimiento teórico sobre el comportamiento resistente de los materiales sueltos tardó mucho en llegar y eso produjo cierta desazón en torno a su empleo. La primera aportación importante es en 1776, cuando Charles Coulomb publica su teoría sobre el equilibrio límite de los materiales sueltos (leída en 1773), que define la cohesión como resistencia al deslizamiento. En 1840, los ensayos de Alexandre Collin pusieron de manifiesto la forma circular de los deslizamientos y la influencia del agua en la cohesión, pero se le hizo poco caso y los proyectos se desarrollaron por puro empirismo, al margen de la teoría [2]. En 1855, Seguin intenta explicar la cohesión como consecuencia de la atracción newtoniana y, un año después, Zaborowski asegura que la cohesión es realmente adhesión y depende de la absoluta continuidad de la materia, explicaciones algo metafísicas que no terminan de enfocar la cuestión [3].

Nuevos trabajos de Rankine, Levy y Saint Venant son continuados por Boussinesq, quien en 1873 desarrolla una teoría completa del equilibrio de una masa de material suelto. Considera lo suelto como algo intermedio entre un sólido y un líquido: actúa como líquido cuando no está sujeto a presiones, pero cuando es sometido a presión actúa como los sólidos [4]. La teoría no se encauza definitivamente hasta que Terzaghi, en 1920, desecha la idea de que lo suelto es una masa homogénea con ciertas propiedades, y retoma el hecho elemental de que "la arena consiste en granos individuales" y, por tanto, el estudio de sus leyes debe afrontarse experimentalmente y no de forma analítica [5]. A partir de ahí, desarrolla una serie de experimentos sencillos pero muy ingeniosos y sienta las bases de la moderna comprensión de lo suelto, que permiten superar la crisis de confianza suscitada por la elevada proporción de roturas en presas de materiales sueltos construidas en los Estados Unidos.

Con tales antecedentes psicológicos, estéticos y científicos no parece extraño que las presas de materiales sueltos tengan escasa prensa, sean como las hermanas feas de las presas de fábrica. Y no precisamente porque sean novedosas o se consideren algo contra natura: hay evidencias de presas de materiales sueltos muy antiguas en oriente medio y tenemos el ejemplo de los castores, ingeniosos roedores de reconocida capacidad constructora, con realizaciones de gran tamaño, como el dique de 300 metros de longitud ubicado en el parque natural de las Montañas Rocosas. Y en España las presas de materiales sueltos están aún peor consideradas, pues son menos abundantes que en otros países: hasta 1996, un 70% de las presas españolas eran de fábrica y un 27% de materiales sueltos, mientras que en todo el mundo, las proporciones se invierten a un 17% de hormigón frente a un 63% de tierras o escollera.

Una posible razón puede estar en las especiales condiciones geomorfológicas del relieve español, pródigo en cerradas estrechas con paredes rocosas, apetecido manjar para quien ha de proyectar una presa. Es fácil de imaginar el deseado sueño de diseñar una impresionante presa bóveda, máximo

exponente de la tecnología, o una compleja presa aligerada o, al menos, una robusta presa de hormigón con aliviadero superior. Sueño que deja la tipología de materiales sueltos para el final en la lista de alternativas, solución de compromiso válida para las más indignas cerradas, amontonamiento de materiales sin posibilidad estética alguna.

Pero las buenas cerradas de roca sana se fueron acabando y seguían haciendo falta más presas, por lo que no quedaba más remedio que hacerlas de tierra o escollera. Pronto se comprobó que la moderna y potente maquinaria de movimiento de tierras permitía agilizar la construcción de este tipo de presas, y que el proceso eliminaba muchos de los engorrosos inconvenientes de la colocación y fraguado del hormigón en las de fábrica. Entre 1997 y 1999 casi la mitad de las presas realizadas eran de materiales sueltos. Y, como suele suceder, sus creadores descubrieron enseguida sus ventajas y sus capacidades estéticas.

Problemas y oportunidades de diseño con lo suelto

El tratamiento unitario de la presa y los demás componentes

En las presas de hormigón, el aliviadero, los desagües, las tomas, incluso el desvío del río se pueden integrar en el propio cuerpo de presa consiguiendo un conjunto compacto, de una heterogeneidad camuflada. Por el contrario, en las presas de materiales sueltos, la situación es a primera vista absolutamente opuesta: lo suelto de los materiales de la presa parece traducirse en una necesaria disposición disgregada del resto de los elementos funcionales (aliviadero, cuerpo de presa y torre de toma por separado), y sin embargo, de nuevo la capacidad para reunir, conectar, correlacionar e integrar, junto a la posibilidad técnica de modelado de las formas y texturas del terreno, permite obtener, con una adecuada concepción y ejecución, un resultado final de gran riqueza visual.

Las posibilidades de diseño en las presas de materiales sueltos radican tanto en el propio dique, como en esos otros elementos y en sus correspondientes relaciones mutuas.

La presa propiamente dicha, o dique realizado con materiales sueltos, tiene importancia por su protagonismo visual y porque gobierna la relación del conjunto con la cerrada. Su incidencia se puede considerar con las variables de ubicación, alineación en planta del eje, inclinación y textura de los paramentos, y acabados de coronación.

Se procura ubicar la presa donde el valle sea más estrecho, por seguridad y economía, pero a veces eso conlleva riesgos de ocupación de parajes muy agrestes que deben ser tratados con cuidado, so pena de que puedan ser lesionados. Así por ejemplo, en la presa del Portillo, la ubicación sobre una formación rocosa de buzamiento subvertical en dirección casi perpendicular al cauce del río podría haber sido la solución idónea a efectos de conseguir el menor volumen de presa, pero el desplazamiento del eje de presa hacia aguas arriba (además de otras ventajas de orden geotécnico que no vienen ahora al caso) ha conseguido no solo respetar una cerrada





Fig. 1. Presa del Portillo desde aguas abajo.



Fig. 2. Presa de Charco Redondo.



Fig. 3. Presa Francisco Abellán. Presa y torre.

natural de singular belleza, sino también destacarla al colocar un fondo de mayor contraste cromático (Fig. 1). Algo similar se ha conseguido en la presa de Charco Redondo (Fig. 2).

La alineación recta, al ser la más corta entre dos puntos, es la utilizada tradicionalmente en las presas de materiales sueltos, produciendo un efecto sobrio, clásico, destacando la perfección y simplicidad de las formas geométricas planas frente a la realidad de un entorno natural irregular. Sin embargo, cada vez hay más presas de materiales sueltos con planta curva, que consiguen, además de un beneficio estructural, claras mejoras estéticas, como en el caso de la presa de Francisco Abellán [6] (Fig. 3).

Pero aun así, la curvatura circular sigue siendo bastante sencilla y quedan aún infinitas posibilidades y combinaciones con resultados tan sorprendentes como el caso de la presa de Tous o la de Guadalhorce, que no dudan en ir zigzagueando en busca del cimiento más firme, o el de la presa del Portillo, que consigue un juego de curvas y contracurvas de enorme atractivo (Fig. 4).

Además de la ubicación y de la forma de la planta de la presa propiamente dicha, es importante la relación de los paramentos con su entorno próximo, lo que se podría llamar la articulación de la presa [7]. Las posibilidades de color y textura son múltiples, como se verá más adelante, lo que hace posible



Fig. 4. Presa del Portillo desde aguas arriba.

conseguir relaciones de imitación, fusión, integración o contraposición, proporcionando diferentes significados a la totalidad de la presa [8]. Todo ello, además, se puede lograr sin esfuerzo y sin necesidad de incurrir en costes suplementarios, pues hay agua abundante y medios de puesta en obra suficientes para disponer cualquier solución. En esa relación, la delimitación del paramento –como parte de lo construido– respecto a las laderas naturales tiene gran peso: probablemente cualquier solución será válida menos la de hacer caso omiso del detalle.

Parte importante de la deseada unidad de diseño es el tratamiento de los detalles. La coronación, por ejemplo, debe ser tratada con distinto carácter que el de mero lugar de paso. Aunque se utilice para circular, como vía de paso singular sobre el río, la coronación es parte indisoluble de la presa y debe “formar parte de ella”. La disposición de sus diferentes elementos, farolas, barandillas, bordillos, ajardinamientos, aparcamientos o accesos al interior debe estar presidida por la idea unitaria de diseño total de la presa. Nuevamente, cualquier solución puede ser válida, pero sin perder de vista los significados habituales de estos elementos: el recurso rutinario a la bionda, por ejemplo, propiciará que la presa parezca un simple terraplén de carretera. Similares problemas plantea la utilización de farolas de alumbrado callejero: una presa nunca será una calle, ni tiene por qué parecerlo.

Pantallas o filtros: el contacto con el agua

Es muy difícil la convivencia del agua con lo suelto: como dice el saber popular, “el agua no tiene huesos” y en lo suelto encuentra menos coartada su libertad, resultando una hermosa pero a veces trágica relación de amor y odio entre ambos. Es el agua quien da sentido a la existencia de la presa, para retenerla y almacenarla, pero el agua no asume con agrado su impuesto cautiverio y cual cumplido soldado atrapado por las tropas enemigas, tiene el obligado deber de tratar de escapar, ya sea por debajo, a través o sobre la propia presa.

La batalla está servida, pero mientras la victoria de la presa de hormigón sobre el agua es casi absoluta, evidente al observador e incluso a veces de una superioridad arrogante (como en una vista cenital de una presa bóveda el contraste entre el embalse repleto de agua y el expedito valle aguas abajo), en lo suelto la lucha es mucho más equilibrada, inte-

ligente, ágil y compleja. Las estrategias son muy variadas, y es la forma de impermeabilizar lo que verdaderamente define la variedad tipológica de las presas de materiales sueltos, aunque la “ICOLD” se empeñe en clasificar estas presas según el tamaño del material.

En las presas con pantalla impermeable, ya sea de asfalto o de hormigón, se busca un rechazo total, contundente, superficial y por ello evidente; liberando al resto del cuerpo de presa de la presión intersticial y permitiendo con ello taludes más escarpados. Desde aguas arriba, el resultado es un poco chocante, ya que la lisura y artificialidad de la pantalla parece no encajar con la necesaria inclinación del paramento, pero al menos al observador no iniciado le permite sentir el alivio de poder entender, a simple vista, el funcionamiento de la presa.

En las presas homogéneas, la lucha es menos sofisticada aparentemente pero en realidad es más compleja: ahora lo suelto no trata de rechazar al agua, sino de vencerla por agotamiento, dejándole libre el paso pero por un camino largo y extenuante. Para ello necesita recurrir a mucho volumen de tierras y normalmente a taludes muy suaves que, cuando la presa tiene altura moderada, consiguen un resultado exterior fácilmente mimetizable con el entorno, pero para grandes alturas resulta claramente desproporcionado, a la vez que técnicamente ineficiente.

La otra posibilidad es dejar libre el paso del agua a través de los espaldones de la presa, pero intercalando un núcleo de material impermeable, en la mayoría de las veces de tipo arcilloso. Aquí la pelea alcanza el máximo nivel de dificultad y son los filtros los que juegan un papel moderador de suma importancia. Estéticamente el resultado es paradójico: por un lado las proporciones conseguidas suelen ser las más armónicas e intuitivas, pero por el otro la realidad funcional queda oculta a la vista del observador y puede crear en él una doble sensación de satisfacción y desconfianza.

El engarce del aliviadero

Parte de esa difícil convivencia del agua con lo suelto es la conflictiva colocación del aliviadero respecto a la presa principal. En principio, la colocación del aliviadero sobre la propia presa, tal y como sucede en las presas de gravedad dando lugar a las presas vertedero, es generalmente evitada, aunque cabe citar el caso de la presa de materiales sueltos de Driekloof, en Sudáfrica, con el aliviadero sobre coronación.

Se trata de la misma problemática mostrada por las presas de gravedad de hormigón de la primera mitad del siglo XX, e incluso de las anteriores realizadas con mampostería, y también por las primeras bóvedas, aunque en el caso de los materiales sueltos el vertido se aparta más del paramento de aguas abajo. Es por ello frecuente que los aliviaderos encuentren su ubicación en collados más o menos próximos a la presa, dando lugar a obras independientes y, generalmente, de cierta relevancia.

Cuando no existe tal posibilidad y la única vía de alivio es a través de la propia cerrada, el aliviadero debe posicionarse junto a la presa. Ello trae consigo la vecindad del imprescindible hormigón utilizado para el aliviadero con los materiales sueltos –tierra o escollera– que conforman la presa. Y eso,

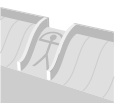




Fig. 5. Presa de Portodemouros.



Fig. 6. Presa de San Clemente.



Fig. 7. Presa de Alcorlo.

aparte de generar una importante partida de coste, da lugar a dos problemas estéticos. Por un lado, se produce una asimetría de la configuración general de la presa, que en un margen está en contacto con la ladera acoplándose a sus irregularidades, y en la otra entra en contacto con el borde recto y plano del hormigón. Eso constituye una situación difícil de afrontar desde el diseño, con el agravante de que también hay que resolver el contacto de la otra cara del hormigón con la ladera. Este último problema suele resolverse regularizando la ladera, lo que normalmente agrava la disimetría general.

La presencia del aliviadero en contacto con la presa trae también consigo dificultades de comunicación entre ambas márgenes. En coronación, un simple puente o pasarela sobre el canal de descarga proporciona el paso, aunque puede exigir un importante arriostamiento del muro de contacto, sometido a la presión de las tierras, como en el caso de Portodemouros (Fig. 5). Sin embargo, por debajo de la coronación hay que elegir entre pasar sobre o bajo la estructura de alivio, para lograr comunicar ambas márgenes.

Si se elige pasar por encima con un puente, la continuidad visual del aliviadero resulta alterada y, además, el detalle de apoyo y estribo del puente sobre el paramento proporciona algunas dificultades que suelen enturbiar la visión general del paramento. Con paso inferior en falso túnel, ese problema desaparece a cambio de afrontar otro, producido por el gran canto de la solera del canal de descarga, que obliga a bajar mucho la rasante del paso, forzando el diseño. La presa de San Clemente es buen ejemplo de esta última problemática, resuelta forzada pero satisfactoriamente gracias a la proximidad del macizo de mampostería sobre el que apoya el final del trampolín y que, simultáneamente, alberga los desagües de fondo (Fig. 6). En Alcorlo, por el contrario, la misma solución conceptual no está bien resuelta (Fig. 7).

Variedad y excelencia de lo construido con materiales sueltos

Un rápido repaso a lo construido revela la gran variedad de soluciones empleadas en las presas de tierra y escollera, y pone de relieve las múltiples posibilidades del tipo para adaptarse a diferentes situaciones de materiales y de entorno.

La primera presa de escollera construida en España fue la de Portodemouros (1967) (Fig. 5), una presa grande, negra y arisca, como corresponde a las características de la oscura pizarra con que se hizo. Tiene 91 metros de altura y fue la más grande del tipo hasta que se terminó la de Arenós en 1975. Los bloques son de desigual tamaño con superficies de fractura muy irregular, portadoras de una especie de dureza intrínseca que brota con fuerza del material. El paramento de aguas abajo está surcado por caminos muy marcados que acentúan la dureza. Su aliviadero es una gran obra lateral, situada en la margen izquierda perpendicularmente a la presa, como en Buseo o en otras tempranas presas de fábrica, cuando todavía no se había adoptado el vertedero superior. Se prolonga en un canal de descarga que pasa bajo coronación y da lugar a un curioso sistema de arriostamiento de la parte superior de los cajeros, a base de vigas de hormigón con los extremos en horquilla, que es lo más atractivo del conjunto.

En el extremo oriental de la provincia de Cádiz se construyeron dos presas de gran importancia en la consolidación del tipo de materiales sueltos en España, las de Guadarranque (1969) y Charco Redondo (1983). Ambas fueron las mayores presas de tierra en el momento de su construcción, pero sobre todo destacan por su cuidada terminación, particularmente en el paramento de aguas abajo, plantado de césped en ambos casos y muy bien perfilado. En la presa de Guadarranque (Fig. 8), de 71 metros de altura, una cuneta lateral cajeadada en



Fig. 8. Presa de Guadarranque.



Fig. 9. Presa de Maidevera.



Fig. 10. Presa de Calanda.

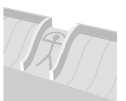
hormigón que recorre su perímetro delimita el paramento contra el terreno natural y resalta geométricamente el verde uniforme del césped de la variada gama de matices de la ladera.

La presa de Charco Redondo (Fig. 2) tiene 72 metros de altura y coloca su planta ligeramente curva justo delante de un poderoso crestón calizo que conforma su cerrada. Respeta la formación natural y, simultáneamente, utiliza el cierre para generar el embalse. El paramento tapizado de verde es también recibido por una cuneta que lo bordea lateralmente y se prolonga hacia el pie, tratado para configurar un paisaje tranquilo y limpio, que permite la convivencia de la presa con el crestón. El aliviadero de la margen derecha trata también respetuosamente la formación rocosa y vierte civilizadamente en un cauce modelado al lado del camino con resonancias casi jardineras.

Distinta es la estética de la presa de Maidevera (1981) (Fig. 9), situada en un afluente del Jalón en la cuenca del Ebro. Sus 54 metros de altura resultan prácticamente indistinguibles en el paisaje circundante. La vegetación autóctona del

derredor ha colonizado la presa, por supuesto realizada con materiales de la zona, resultando un color y, sobre todo, una textura que constituyen un verdadero camuflaje. Solo las líneas horizontales de la coronación y las bermas acusan la artificialidad de la presa, ayudadas por unas penosas casetillas de incierta misión colocadas en su eje, que merecerían un diseño más cuidadoso.

La presa de Calanda (1982) (Fig. 10) está encajada en un portillo bastante angosto creado por dos farallones verticales calizos. Por la margen derecha, el aliviadero se abre paso en el portillo y limita la presa por ese lado. El acabado del paramento aguas abajo es tan potente que el hormigón del aliviadero resulta blando. A ello colaboran los dos cortes horizontales de los caminos, resaltados por un seto vegetal bien recortado, con una fuerza bastante mayor que las curvas impuestas por la hidráulica al perfil del aliviadero. La textura de la roca de terminación transmite a la presa un carácter fuerte, pero algo retocado por los setos.



Todo lo contrario ocurre en la presa de San Antón (1988) (Fig. 11), de escollera con pantalla de hormigón y 68 metros de altura, destinada al abastecimiento de Irún y Fuenterrabía. En ella el paramento de aguas abajo está totalmente cubierto de árboles y césped, en total mimesis con las laderas adyacentes, de similar inclinación e idéntica cobertura vegetal. La presa solo manifiesta su presencia por el contraste geométrico de la horizontal de coronación con la suavidad de formas circundante, aunque ni siquiera esa línea es bien visible.

En Almería, la presa de Cuevas de Almanzora (Fig. 12) también se confunde con la ahora áspera textura del paisaje de colinas pardas, moteadas de ese verde seco que caracteriza la escasa vegetación de la aridez. Sobre el dique, de es-



Fig. 11. Presa de San Antón.

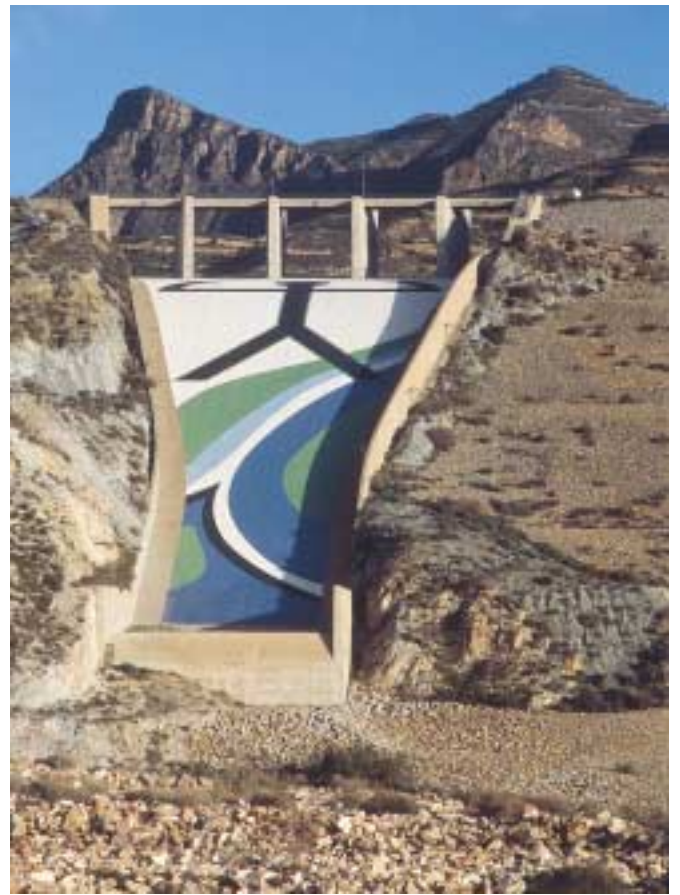


Fig. 12. Presa de Cuevas de Almanzora.



Fig. 13. Presa del Portillo. Paramento de aguas arriba.

caso resalte en el entorno, destaca poderosamente un gran indalo de color negro sobre fondo blanco pintado en el aliviadero, con unas bandas verdes y azules que sugieren el curso del agua. Este ingenioso recurso tiene tamaño suficiente para apropiarse de la presa y constituye un espléndido hallazgo visual. En la torre de toma se intentó algo parecido, pero con menor fortuna.

Las presas granadinas de Francisco Abellán y El Portillo contienen soluciones de diseño que van bastante más allá que los simples tratamientos del paramento de aguas abajo. En Francisco Abellán (1997) (Fig. 3), la planta curva con forma de arco carpanel y la sección con talud de pendiente variable, más tendido a medida que se desciende hacia el pie, dan lugar a una superficie de doble curvatura que trasforma radicalmente el carácter duro y conciso de las superficies rectas habituales en este tipo de presas. Esta superficie es limpia y blanca, con una textura bastante uniforme, y está bien remarcada por una hilada de sillares o bordillos de la misma roca que bordean todo su perímetro. El empleo de la misma piedra para resolver todas las estructuras y edificios, casetas, muros, cajeros... proporciona una gran unidad y consistencia al conjunto de la obra.

La presa del Portillo (1999) (Fig. 13), es también de escollera y se coloca en la cerrada con una disposición similar a la de Charco Redondo, respetuosa con el portillo rocoso al retirarse unos metros aguas arriba. Pero, además del cuidado de su ubicación y de la limpieza de su blanco paramento que sirve de fondo a las masas rocosas más oscuras del portillo, se ha actuado aguas arriba para conseguir unificar o reunir todos los elementos de la presa. En la margen derecha, el aliviadero está bastante alejado del dique principal y desagua por un collado lateral, pero se ha reunido con la presa al tratar la carretera como si fuera la coronación desde ese punto, y al reperfilear la ladera que la acompaña como si fuera un largo dique corrido. A continuación, la carretera pasa por la coronación de la presa y, al llegar al estribo izquierdo, atraviesa el farallón calizo mediante un túnel y gira suavemente hacia aguas abajo, pero la coronación de la presa se prolonga por la margen izquierda, con idéntico perfilado, hasta el estribo, de donde arranca la pasarela de la torre de toma. Se produce así un largo continuo, desde el aliviadero hasta la torre de toma, con un tratamiento de detalle absolutamente uniforme que incluye el modelado del propio terreno natural para que acompañe o parezca una parte más de la obra, conforme a una solución ya ensayada con éxito en la presa del Negrafín.

Conclusiones

Superado el miedo inicial a lo suelto, cuando el conocimiento ha ido introduciendo paulatinamente luz entre las sombras, se ha descubierto en las presas de tierra y escollera un infinito mundo de posibilidades, una libertad creativa y una potencia y flexibilidad tipológica casi sin precedentes que las distinguen mucho más de las otras presas que los otros tipos entre sí.

Las presas de materiales sueltos, antaño menospreciadas por sus aparentes limitaciones estéticas, son hoy consideradas por muchos como las que permiten una relación más cómoda

con el entorno. En realidad no se trata de que sean mejores o peores que las otras tipologías, pero es cierto que al querer "pintar" la presa en el "lienzo" de la cerrada elegida, se dispone de una inmensa paleta de colores y texturas (tipo, tamaño y tonalidad de los materiales empleados); una multitud de "pinceles" utilizables (potentes medios de puesta en obra con una enorme capacidad de creación y modificación de las formas) y, por supuesto, de la creatividad del ingeniero para componer una escena armoniosa, con todos sus elementos debidamente integrados, donde algunos pueden adquirir el protagonismo pero que deben gran parte de su encanto a otros muchos detalles que individualmente pueden pasar desapercibidos.

Las presas en general, junto con los puentes, son posiblemente las obras de ingeniería con mayor potencial estético y el reto consiste en saber aprovecharlo, no solo cuando se diseña y construye una nueva presa, sino incluso durante la explotación y conservación de la misma y sobre todo en las cada vez más frecuentes tareas de rehabilitación?

Pero ese reto no es solo para el ingeniero, porque también es cierto que, como en la poesía, no basta con que alguien sepa escribirla, es necesario que haya quien sepa leerla, sentirla y apreciarla. □

Fernando Delgado Ramos* y Miguel Aguiló Alonso**

* Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Profesor de Obras y Aprovechamientos Hidráulicos
E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
de la Universidad de Granada

** Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Catedrático de Arte y Estética de la Ingeniería
E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. U.P.M.

Notas

1. Coulomb, Charles, *Essai sur une application des règles de maximis et minimis à quelques problèmes de statique, relatifs à l'architecture*, Vol. I-70, p. 348, Paris, 1976.
2. Ejemplo de la reciente mejora de la coronación de la presa de Canales tras el crecimiento del núcleo por el asiento del espaldón de aguas arriba.

Referencias

1. Gordon, J.E., 1968, *La nueva ciencia de los materiales*, Celeste, Madrid, 2002, p.79.
2. Schnitter, Nicholas J., 1994, *A history of dams. The useful pyramids*, Balkema, Rotterdam, Brookfield. Ed. esp. *Historia de las presas. Las pirámides útiles*, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (Colección Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 60), Madrid, 2000, p. 173.
3. Todhunter, Isaac y Pearson, Karl (ed.), *A history of the Theory of Elasticity and of the strength of materials* (3 vols.), Dover Publications, New York, 1960, vol II, p. 599.
4. Todhunter, Isaac y Pearson, Karl (ed.), *A history of the Theory of Elasticity and of the strength of materials* (3 vols.), Dover Publications, New York, 1960, vol III, p. 313.
5. Terzaghi, Charles, 1920, "Old earth-pressure theories and new test results", *Engineering News record*, Vol. 85, nº 14, pp. 633-637, p.633.
6. Delgado et al., "Las presas del Guadiana Menor y el paisaje: ingeniería, naturaleza y tiempo, VII Jornadas Españolas de Grandes Presas. Zaragoza 2002, Volumen II (ISBN 84-95475-29-4: 67- 76), Comité Nacional Español de Grandes Presas, 2002.
7. Aguiló Alonso, Miguel, *El paisaje construido. Una aproximación a la idea de lugar*, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (Colección Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 56), Madrid, 1999, p. 253.
8. Aguiló Alonso, Miguel, "Naturaleza, paisaje y lugar: estética de la obra y su entorno", *OP Ingeniería y Territorio*, nº 54, Vol. I, pp. 28-35, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Barcelona 2001, p. 32.

