

EL CAPITULO SOBRE AZUDES DEL CODIGO
DE JUANELO TURRIANO, CON UNA
REFERENCIA A LA ATRIBUCION

José Antonio García-Diego

El mes pasado he entregado la Introducción General al conjunto de este código, que va ser publicado bajo el patrocinio del Colegio de Ingenieros de Caminos. Con ello ha tenido cumplimiento uno de mis grandes deseos. Me satisface el haber sido capaz de dar remate a un trabajo que me ocupó, aunque fuera parcialmente, muchos años. Y cuya fase final, en especial el llegar a conclusiones válidas aunque en muchos casos, sólo probables, ha sido bastante complicada y fatigosa.

En la Introducción se menciona el presente trabajo publicado en inglés en la Revista Technology and Culture, con el título: «The Chapter on Weirs in the Codex of Juanelo Turriano | A Question of Authorship» (1976).

Tiene su texto una cierta importancia entre los estudios sobre este notabilísimo y misterioso manuscrito.

En primer lugar, fue el primer análisis crítico de uno de los Libros (capítulos) y en segundo, como pronto verá el lector, en él se afirma de modo contundente cómo la autoría, atribuida tradicional y unánimemente a Juanelo Turriano, es errónea.

Mi estudio fue favorablemente acogido por los Historiadores de la Tecnología y aún más, por aquellos especializados en el siglo XVI.

Creo que hay dos razones para dar a luz la versión castellana original. La primera, el tiempo transcurrido desde la otra. Y también porque, en nuestro idioma, que es también el del autor del código, creo que podrá tener nuevos lectores.

Agradezco a la Universidad de Chicago el permiso para esta publicación.

Biarritz, Septiembre de 1982

En su homenaje póstumo a Ladislao Reti, Bern Dibner se ha referido a los artículos que publicó en esta revista sobre este extraordinario manuscrito conservado en la Biblioteca Nacional de Madrid¹.

La atribución del códice a Juanelo Turriano, personaje aún mal estudiado pero famoso, tanto por su labor como relojero y fabricante de autómatas para el Emperador Carlos V, como por la elevación de aguas a Toledo ha sido hasta ahora unánime. Aunque la parte que conocemos del informe del matemático Benito Bails al bibliotecario Real Sr. Santander² me hace pensar que quizá en el resto —que no he podido localizar— apareciera alguna duda. También fue Reti de la misma opinión³, aunque haciendo constar que la razón fundamental era una portada mandada dibujar varios decenios después de la muerte de Turriano.

Pero si se estudia cuidadosamente el manuscrito —hasta hace poco más citado que leído, en lo que influye el no haber sido nunca impreso ni siquiera en su lengua original— se llega a la conclusión de que la tradición es manifiestamente errónea. Yo se lo dije así a Reti en 1972, cuando hacía varios años que su ingente trabajo sobre los códices vincianos de Madrid le habían hecho abandonar los estudios sobre Turriano. El me contestó que lo sabía ya hacía tiempo; y en 1973, pocos meses antes de su muerte y cuando tratábamos sobre la posibilidad de una publicación conjunta sobre el «ingenio» de Toledo, quería que se aprovechara ésta para dejar constancia del hecho. Con este artículo creo haber cumplido su deseo.

Por ello, su datación de la obra (1564-1569), quizá sea necesario retocarla, aunque me parece que no de modo importante.

Preparo un trabajo en el que se razonan las afirmaciones anteriores.

Quando decidí escribir el estudio crítico de uno de los Libros (capítulos) que comprende esta obra elegí finalmente el que se ocupa de los azudes, a pesar de haber otros más brillantes, tanto en su redacción como en sus ilustraciones gráficas. Ello en parte por haber yo ya publicado otros trabajos sobre la Historia de este tipo de estructuras. Pero principalmente porque este capítulo precede en varios siglos a cualquier otra obra parecida. En efecto sobre el proyecto y construcción de azudes se pasa de nuestro manuscrito a trataditos elementales del siglo XIX —yo cito más tarde el de un americano, Leffel— y si se quiere un trabajo verdaderamente serio al siglo XX con los libros del U.S. Bureau of Reclamation («Low Dams» y posteriormente «Design of Small Dams») que hoy, en su

1. BERN DIBNER: *Ladislao Reti (1901-1973)*, "Technology and Culture" 15, n.º 3 (July 1974): 440-42.

2. EUGENIO LLAGUNO Y AMIROLA: *Noticias de los arquitectos y arquitectura de España desde su restauración*, Madrid (1829), vol. II: 250-58.

3. *The Codex of Juanelo Turriano (1500-1585)*, "Technology and Culture" VIII, I (1967): 53-66.

versión original o en sus varias traducciones, son herramientas de uso normal por los ingenieros civiles.

Por otra parte la Historia de las presas y azudes no ha despertado el interés que merecían hasta hace muy poco tiempo. La obra de Norman Smith «A History of Dams», publicada en 1971⁴, es la primera dedicada enteramente a este asunto; lo que es asombroso si uno considera la masa de libros —en muchos casos sólo pedantescos— sobre materias de mínimo interés.

La aportación de Smith es importante y por ello merece ser completada. Sobre todo porque se basa fundamentalmente, al menos en lo referente a Europa, en la experiencia obtenida visitando las antiguas estructuras o sus restos; aunque debe reconocerse que presenta una interesante bibliografía.

Pero en lo referente a azudes este sistema no es totalmente apropiado. En efecto una de estas estructuras va adaptándose a menudo al curso del desarrollo técnico sirviendo sucesivamente para regar, para que el agua mueva un molino, un batán o una ferrería y, finalmente, una pequeña central eléctrica. Normalmente en este proceso se pierde su forma primitiva. Una presa de embalse en cambio, puede cumplir durante siglos la misma función; así ha ocurrido en España.

Por ejemplo, de uno de los azudes de la curva del Tajo que rodea la ciudad de Toledo hay referencias que se remontan al siglo XII y muy probablemente existía ya antes⁵. Hoy sólo vemos una estructura que puede datarse en los años veinte de nuestro siglo y que además ya está rota y no cumple función alguna, pues la central eléctrica situada en uno de sus estribos dejó hace tiempo de ser rentable. Ya que la ciudad recibe su energía de una sola fuente de suministro, y como es normal, con mezclado origen hidráulico, térmico y nuclear. Por debajo de este azud roto están seguramente los restos de otra serie de azudes rotos de distintas fechas y el proceso histórico sólo podría estudiarse arqueológicamente por su interés científico o, al menos, aprovechando su demolición —por cierto hoy programada— para obtener y conservar todos los documentos gráficos posibles.

Por ello es importante recurrir en esta materia a los «Theatra maquinorum» y a otros escritos parecidos publicados o inéditos; así como a los escasos planos o descripciones originales que se conservan. Y en este cam-

4. Peter Davies, Londres. Edición americana, Cita del Press, Seacaucus, N. J. (1972). Crítica por Carl W. Condit en "Technology and Culture" 14, n.º 4 (1973): 621-22.

5. Molino de Saelices, que aparece citado en 1156 en la escritura de venta de una viña. JULIO PORRES: *Historia de las calles de Toledo*, Diputación Provincial, Toledo (1971), vol. II, pág. 131.

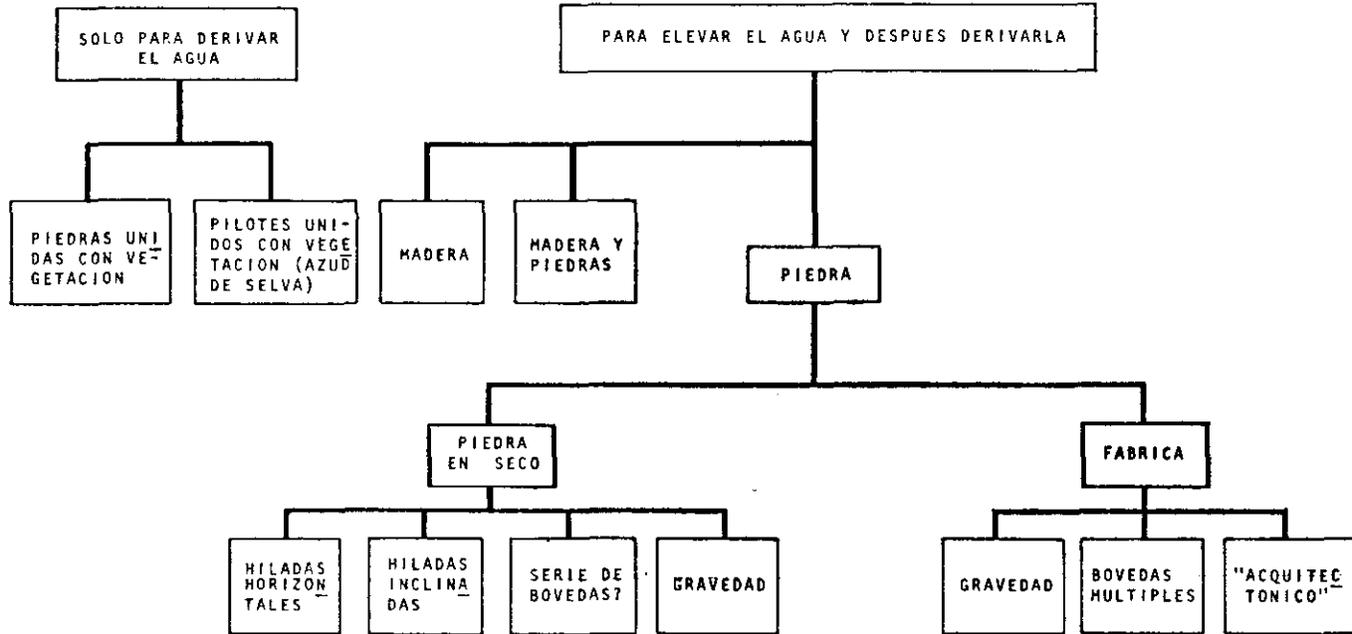


FIGURA 1

po, el manuscrito de Madrid es, como ya hemos dicho, fundamental; quizá proporcionando él solo más material que todo el hasta hoy conocido.

La parte que el códice dedica a las presas lleva como título «Libro 9 que tracta de/diversos modos de azutes/o presas de rios», siendo la última línea de mano diferente que las anteriores (folios 153c.-180r.). La palabra azuta (en español moderno azud) significa una presa de derivación, o sea que su función primordial es elevar el agua más que embalsarla. No hay en este «Libro» ni en ninguna otra parte del manuscrito la menor referencia a presas de embalse. A pesar de que en aquella época la tecnología española en este campo era la más avanzada del mundo y de que Turriano se considera que intervino en la construcción de una de las más importantes.

El capítulo tiene aproximadamente 11.000 palabras y 37 figuras que, como el resto de la obra, aunan la simplicidad con la seguridad del trazo; aunque por la materia de que esta parte trata resulten quizá menos atractivas que los que representan máquinas y los trabajadores que las hacen funcionar.

En el códice se dividen los azudes en una forma que, clasificados de izquierda a derecha en el orden en que, aproximadamente, aparecerían en un tratado moderno se representa en la figura 1. La exposición presenta relativamente pocas dificultades, en comparación con algunos otros capítulos.

Los dos tipos más simples no elevan siquiera el agua más que para derivar una pequeña parte de ella a una o varias acequias. Esto se logra bien sólo con piedras o con pilotes de madera y piedras (figuras 2 y 3); en ambos casos la unión entre los elementos básicos se logra con ramas, céspedes o hierbas: por ello seguramente llama al segundo —y no sé por qué no al primero— «azud de selva», ya que sólo parece viable donde haya abundante vegetación. Son estructuras no destinadas a durar, sino que deben reconstruirse en cuanto una crecida se las lleve⁶.

La planta, aún en estos tipos tan primitivos, recomienda que no sea normal, sino oblicua al curso del río. Es esta una constante de los azudes españoles rectos y tiene como razón disminuir el espesor de la lámina vertiente y, en consecuencia, el empuje hidrostático.

También para estos azudes establece otra regla de orden práctico. De las dos acequias E y G de la figura 3, indica que la G es más conveniente que la otra; se depositarán en ella menos sedimentos y estará menos sujeta a la erosión.

6. Esta sencilla técnica se ha conservado. En la serie de trabajos publicados bajo la dirección de Elwood Mead, bajo el título general *Report of Irrigation Investigations in California*, Washington D.C. (1901), pág. 314 y fig. XXVII, está descrito e incluso fotografiado, un azud en Kings River, California, como el primero que describimos. El nombre "Cobble and brush dam" y la observación de que deben ser "repaired after each Freshet" coinciden exactamente con lo indicado en el códice.

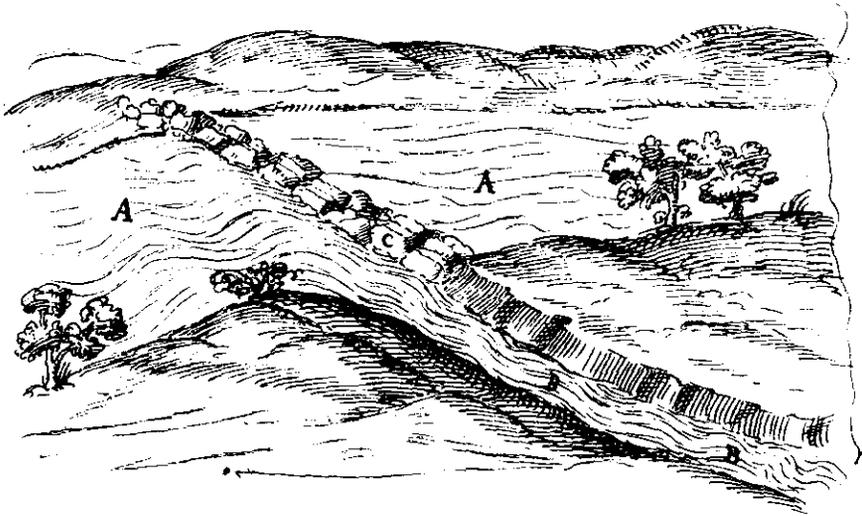


FIGURA 2

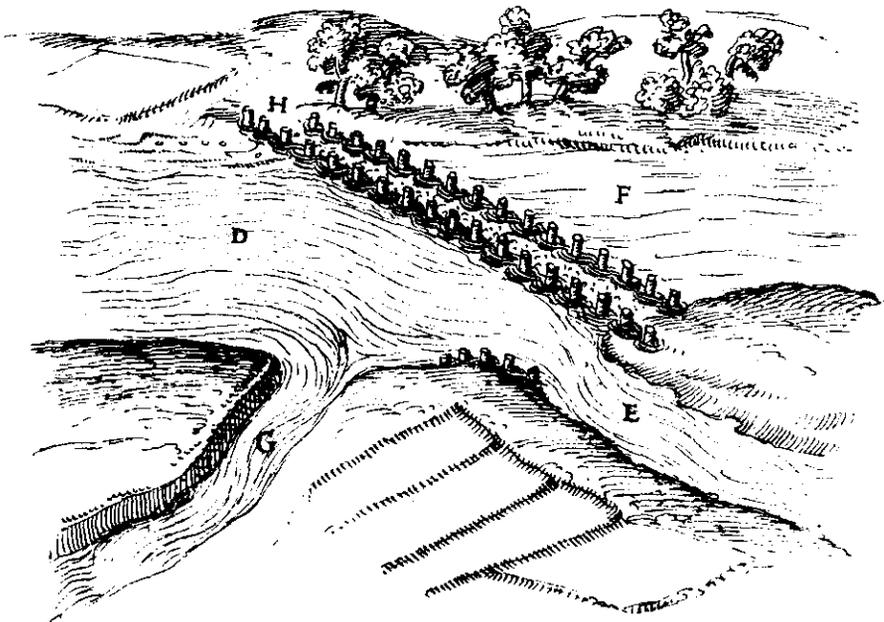


FIGURA 3

Después pasa ya a los azudes que tienen como función primero elevar el agua y después desviarla.

Trata entonces de los azudes de madera y de los de madera y piedra. Para ambos recomienda el que la altura esté comprendida entre $1/9$ y $1/6$ de la base, ya que si se llega a la proporción $1/4$ resulta «algún tanto agrio y muy enhiesto». El elemento de unión con el terreno es una serie de pilotes con la punta aguzada, o reforzada con una pieza de hierro. Como las vigas principales —que son las de la base y las que, partiendo de la coronación, llegan hasta el terreno— son muy largas, deben estar formadas por varias piezas y para la unión de estas describe algunos sistemas de ensamble. En cuanto a la planta puede ser recta, en forma de bóveda o con dos tramos rectos en ángulo: prefiriendo las dos últimas soluciones.

Para los azudes de madera da como ejemplo más complejo el de la figura 4, aún indicando que ha suprimido muchas piezas para simplificar el dibujo. Junto a ella he representado esquemáticamente otras variantes de la sección (I a IV).

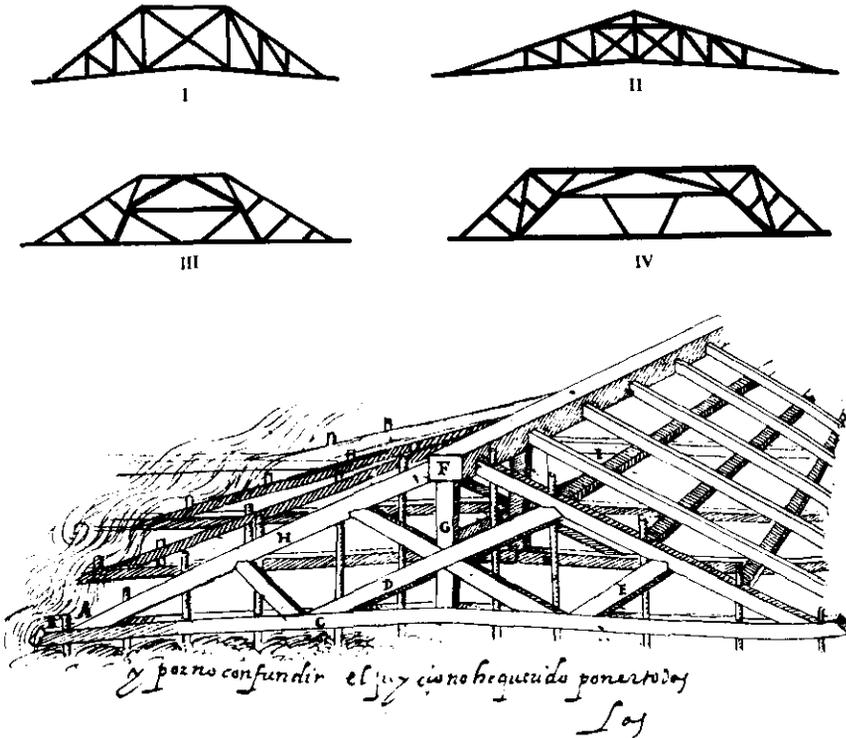


FIGURA 4

La impermeabilidad se logra cubriendo con tablas los dos paramentos. La ventaja que encuentra en ésto, aparte de que a veces permite cruzar el río por su interior, es que se puede localizar cualquier filtración y reparar inmediatamente la parte afectada. En cambio, en los azudes de madera y piedras siempre pasará algo de agua entre estas últimas (ya que, como después veremos, están simplemente adosadas unas a otras). Esta argumentación es muy interesante por su concepto esencialmente moderno. En efecto, exige lo que hoy llamaríamos un servicio de mantenimiento muy eficaz; si por ejemplo, durante una crecida se produce un fallo en uno de los paramentos, la grieta u orificio tenía que ser tapada desde el interior inmediatamente, pues sino la presa quedaría inundada y muy posiblemente arruinada. También obliga a emplear maderas muy seleccionadas. El mismo autor dirá más tarde que «es necesario que les estén remendando de día en día».

Todo lo anterior no me parece muy acorde con la práctica industrial del Renacimiento. Y aún menos con la española, en la que la madera —aún entonces en que los bosques eran mucho más abundantes que ahora— no se ha utilizado más que contadas veces como elemento básico de una obra. Hoy mismo hay poquísimas casas de madera, e incluso los barracones para obreros en un trabajo de construcción en el campo (caso en que esta solución es muy conveniente, por poderse a su terminación trasladarlos a otra obra) se prefiere edificarlos con ladrillos o bloques de cemento. En cambio, la piedra es abundante en prácticamente todas las regiones y su labra —con una larga e importante tradición— no debía ser antiguamente demasiado costosa. Creo pues que (dado que el número y detalle de las soluciones se opone a suponer sean una simple especulación teórica), el autor se inspiró en otros países, quizá en la Europa central.

Hay esquemas parecidos (y no debe ser un caso aislado) en un libro americano, eminentemente práctico y varios siglos posterior: «Leffel's, Construction of Mill Dams» (1874)⁷. Sus presas de madera tienen los mismos principios básicos —pilotaje (cuando no se encuentra roca a poca profundidad), entramado interior y paramentos de tabla—: pero un estudio comparativo más extenso permitiría encontrar otras muchas coincidencias (figura 5).

Recomienda Leffel este sistema «In many localities where stone is not readily obtained —which is the case in a large portion of the Western States—». Lo que permite una quizá aventurada hipótesis: el que estas estructuras tengan como antecedentes las construidas por colonizadores hispánicos. Smith, en cambio, escribe que los azudes americanos más antiguos son los de New England del siglo XVII, con técnica importada por

7. Se ha publicado un facsímil de la segunda edición de 1881. Noyes Series on History of Technology, n.º 1, Park Ridge, New Jersey (1972).

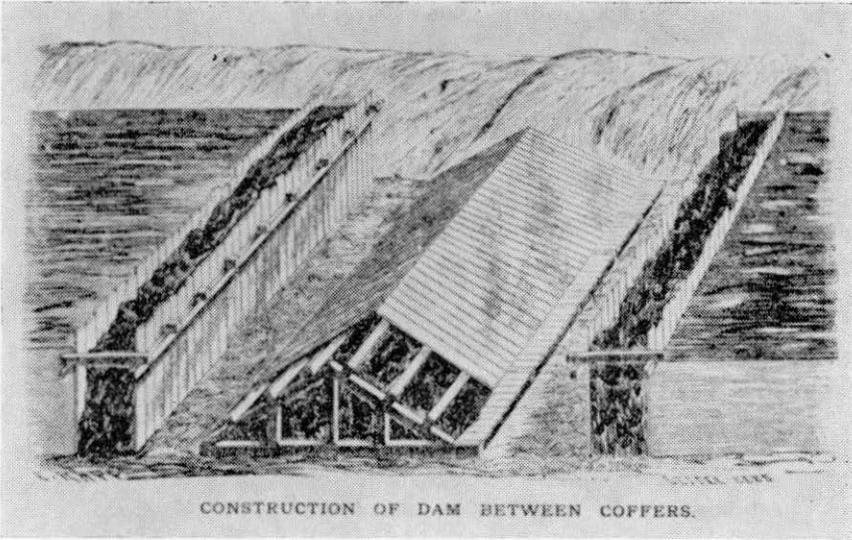


FIGURA 5

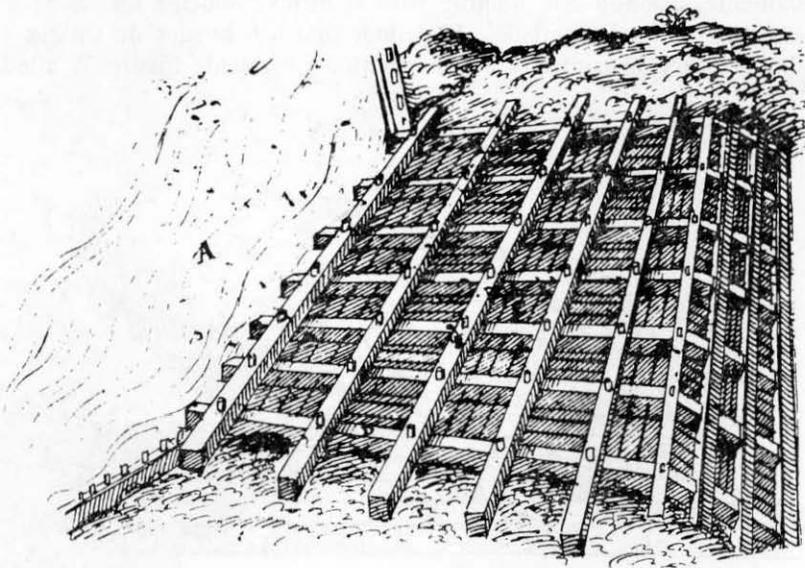


FIGURA 6

los emigrantes llegados de otros países europeos. Pero ambas posibilidades pueden coexistir dada la gran extensión del país.

De las presas compuestas de madera y piedra sólo describe un tipo (figura 6). Como puede verse, dentro de la armazón de madera los sillares labrados se colocan en direcciones alternadas, formando hiladas en dirección transversal al río. Todavía encima de la armadura que aparece en el dibujo aconseja colocar más piedras, procurando la impermeabilidad del conjunto con ramas de esparto bajo ellas. Azudes antiguos de este tipo existen aún en España aunque, como ya dije, sólo se puede ver en ellos algo de la parte externa del entramado de madera, por estar el núcleo oculto por recubrimientos tardíos. En el citado libro de Leffel se trata de presas parecidas bajo el nombre de «pile and boulder dams».

Describe después los azudes de piedra comenzando también por los más sencillos, que son los de piedra en seco o sea que no tienen sus elementos unidos con cal; técnica esta muy antigua de la que es ejemplo famoso el acueducto romano de Segovia. Pero en presas esto afecta a la impermeabilidad. Y por ello, los recomienda para ríos de poco caudal, construyéndolos por tramos y esperando cada vez a que el cieno colmate las juntas entre los sillares; el terminarse la obra los sedimentos quedan a la altura de la coronación. De este tipo, hoy poco práctico —pero en el siglo XVI la duración de la construcción no se conectaba aún del todo con el interés del capital— da cuatro ejemplos.

Aunque todos ellos son en realidad azudes de gravedad (por ser el peso del material el único elemento resistente) los hemos clasificado separadamente, dejando este nombre para la última solución que es la que más se aproxima a las actuales. El primer tipo son hiladas de sillares subiendo en dirección contraria a la corriente, el siguiente (figura 7), hiladas

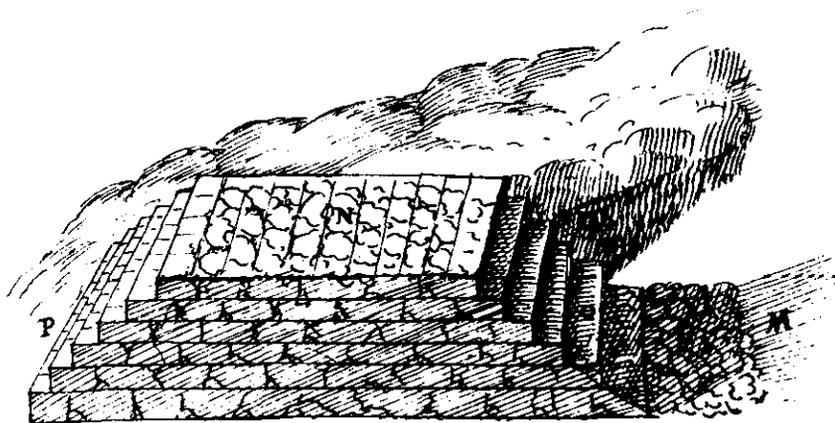


FIGURA 7

horizontales y escalonamiento en ambos paramentos. El tercero es más complejo y además está explicado en forma bastante confusa. Supone el autor que presenta grandes ventajas sobre los dos anteriores; es una estructura hueca con bóvedas cada vez menores (figura 8).

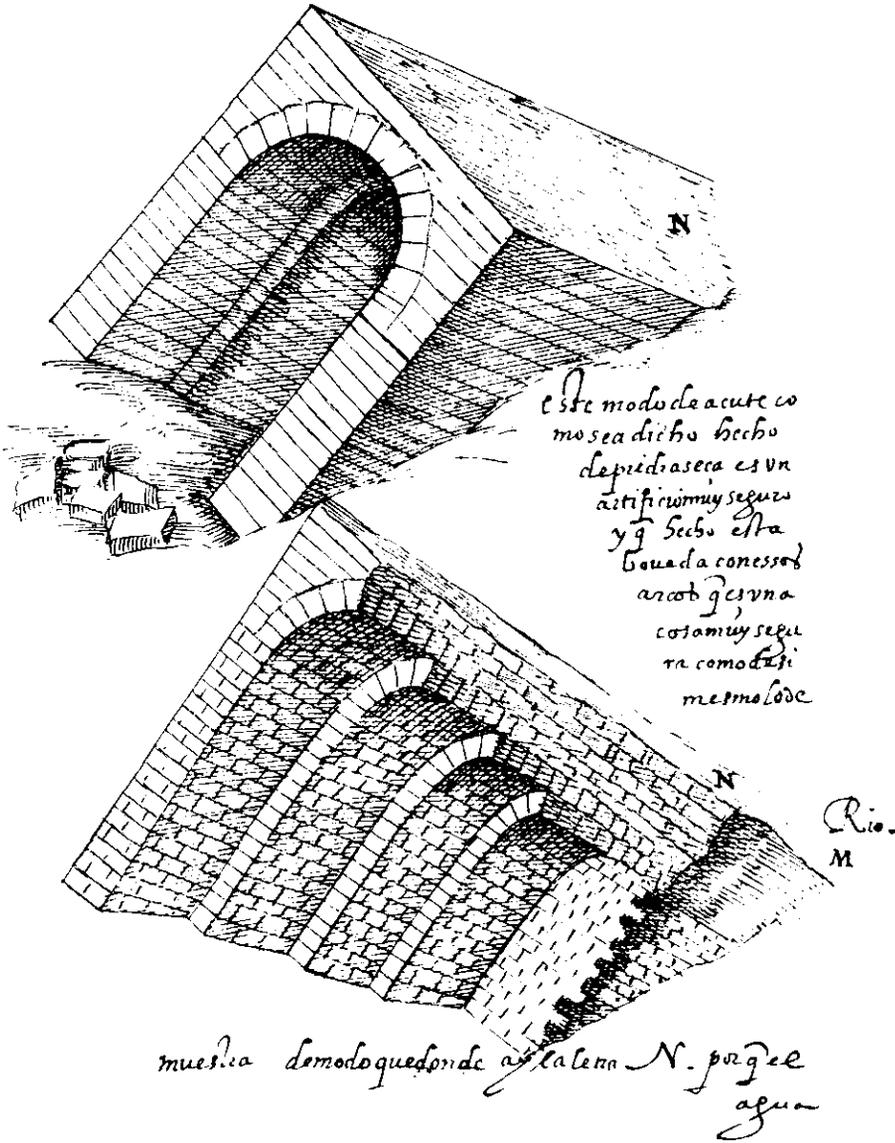


FIGURA 8

Pero el más importante es el cuarto (figura 9). Pues aquí tenemos definidos en un azud de gravedad todos los elementos necesarios para el riego o la producción de energía, con un aspecto decididamente moderno. (A) es la entrada de la acequia que está provista de su correspondiente aliviadero de superficie, con compuerta de madera. A la derecha está el aliviadero (D). Pero el autor prevé el que en crecidas extraordinarias el agua salte sobre la presa y por ello hay un muro (G), situado aproximadamente 1,70 m. más atrás del arco, con lo que la cimentación de la obra no puede ser destruida. Tanto es así que afirma —y ello es exacto— que una persona podría estar bajo el arco sin mojarse por la lámina de agua en caída libre; aunque sí por la que cubriría el suelo.

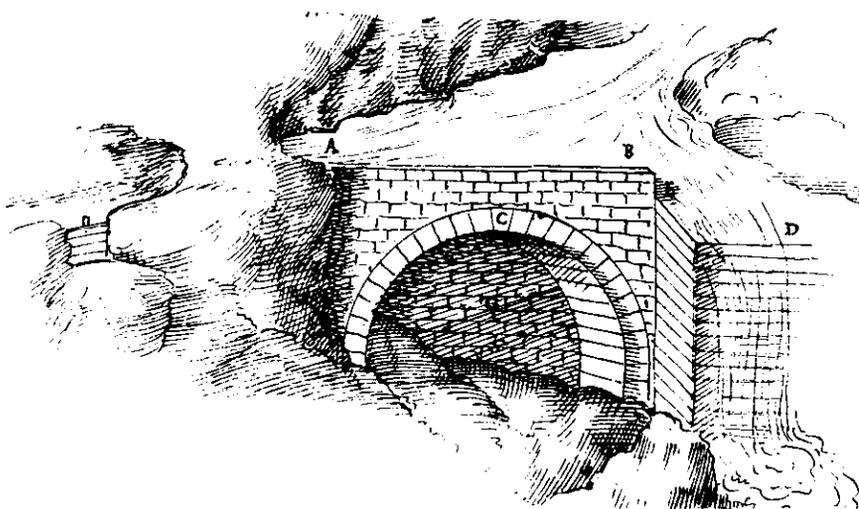


FIGURA 9

Pasa después el autor a estudiar los azudes en los que los elementos básicos forman un conjunto monolítico o sea el tipo actualmente empleado, salvo en las presas de tierra o escollera. Llama a estas estructuras «azudes de piedra o presas» apareciendo el segundo nombre por vez primera. Hoy en España en la elección de una u otra palabra no interviene el material de construcción. Sino que se llaman azudes a las presas de derivación (generalmente de poca altura) y presas a las de embalse; tendiendo hoy la segunda palabra a desplazar a la primera en todos los casos.

Si continuamos con las presas de gravedad podemos empezar por una (figura 10) en la que la planta, con varios quiebros, no me parece justificada. La considera especialmente apropiada para riegos y dice que su aspecto es el de un tipo de fortificación («baluarte»). Puede pensarse, en cambio, que lo más interesante es el perfil hidrodinámico de aire total-

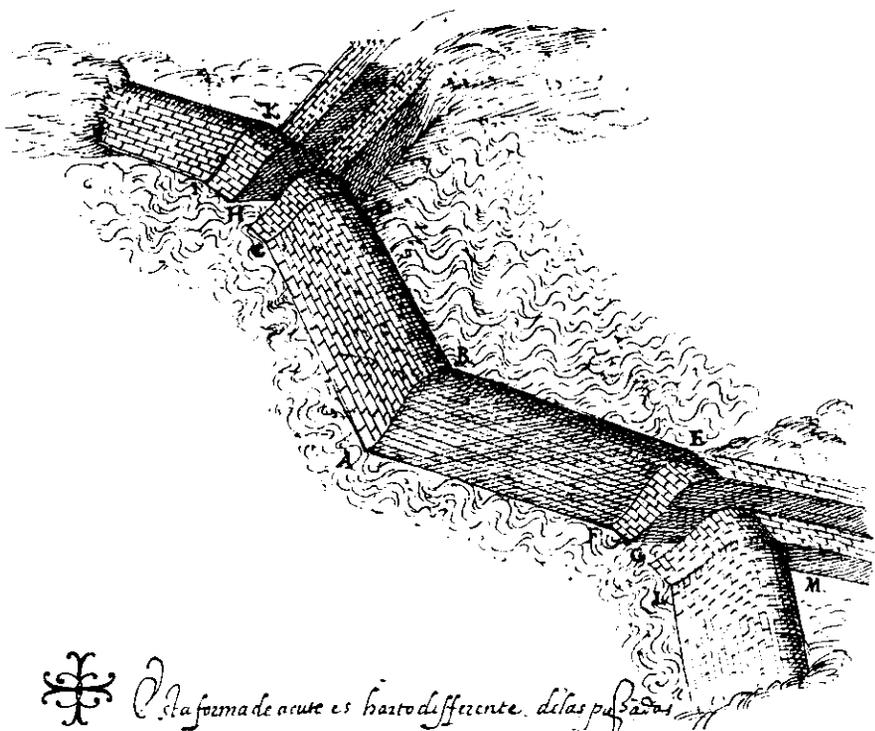


FIGURA 10

mente moderno; pero hasta darse cuenta de que lo coloca en el paramento de aguas arriba; o sea en contra de toda lógica. Por extraño que esto parezca, ello forma parte de una tradición que duró aún siglos, por ejemplo, las presas vascas que en el siglo XVIII Villarreal llama «antiguas» y que tienen también el paramento de aguas arriba inclinado y el otro vertical con vertido libre del agua⁸; nuestro códice sólo adopta la solución racional para las presas de contrafuertes⁹.

8. PEDRO BERNARDO VILLARREAL DE BÉRRIZ: *Máquinas Hidráulicas de molinos y herrerías y gobierno de los árboles y montes de Vizcaya*, Madrid (1736). Existe una edición facsimil. Sociedad Guipuzcoana de Ediciones y Publicaciones, San Sebastián (1973), con prólogo mío.

9. A otro dibujo aún más elaborado (fol. 174 v) le falta el perfil hidrodinámico. Pero tiene en cambio la parte central de planta curva y además una cierta anamorfosis, que en tan buen dibujante parece haber sido hecha aposta, aunque no puedo comprender porqué.

Desde luego, dada su pequeña altura en relación con la longitud, éste y otros azudes descritos no aprovechan estructuralmente el efecto bóveda. Sólo sirve éste para alargar la coronación, como en los de planta oblicua. Y quizá producirían en el proyectista —o en su cliente— una sensación de seguridad, por el prestigio del arco como elemento resistente en arquitectura.

Pasando ya a azudes de gravedad de planta recta, un tipo que recomienda para ríos pequeños consiste en ir construyendo en seco elementos sucesivos, tales como el de la figura 11 hasta terminar la obra. Los orificios (V) se cierran con maderos que se hacen deslizar guiados por las hendiduras. Y después, el núcleo vacío de la presa se rellena con tierra: y cuando esta ha asentado, con piedras. Asegurando así la impermeabilidad de la obra, incluso si las maderas con el tiempo llegan a fallar.

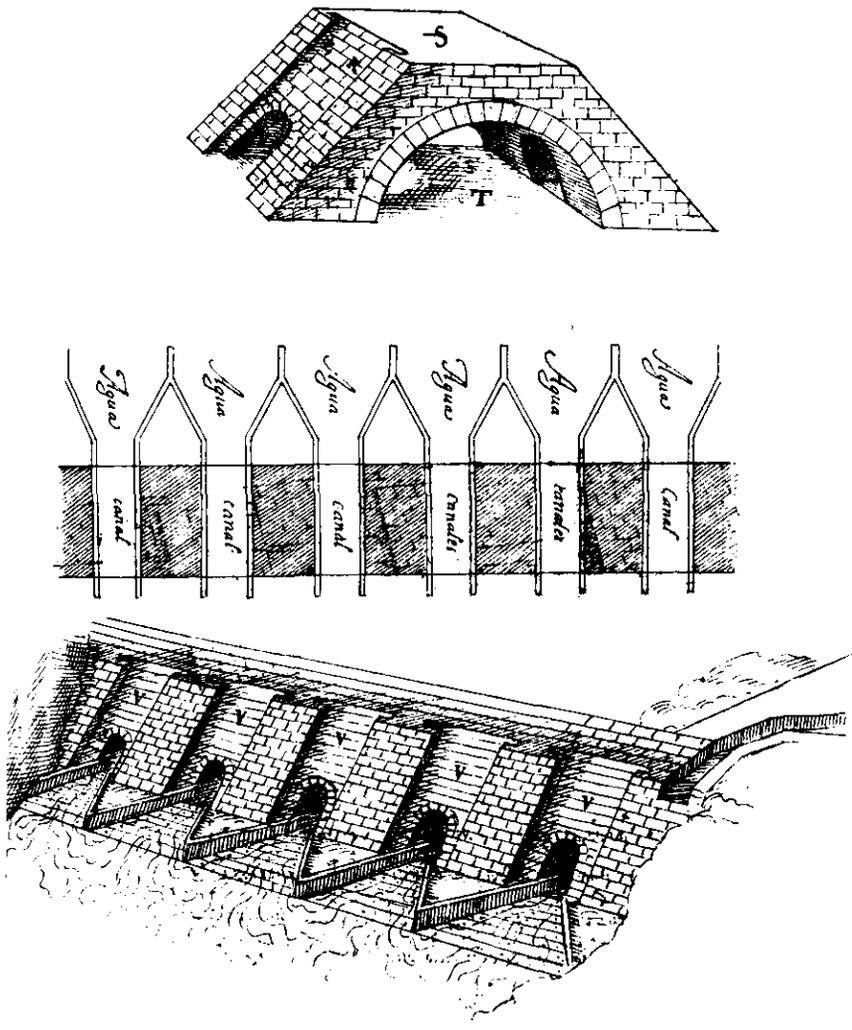


FIGURA 11

Pero el ejemplo más interesante es el de la figura 12 —para mí artísticamente la mejor de este Libro— pues presenta un esquema bastante completo de un conjunto hidráulico de múltiples utilidades. Corresponde al caso de un río de caudal importante.

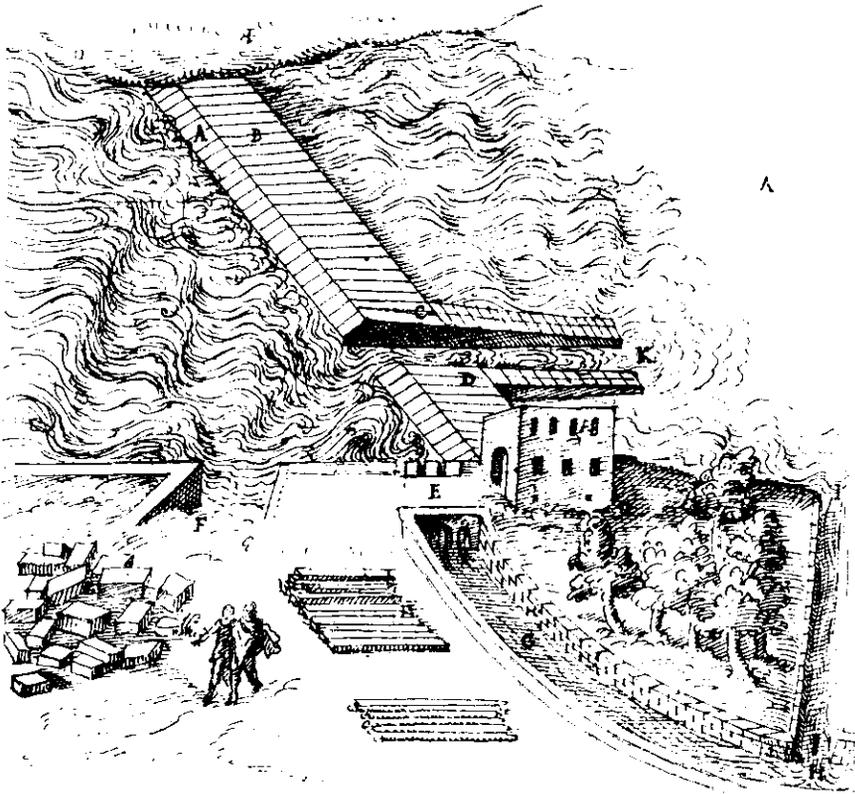


FIGURA 12

La presa es recta y hay en ella una abertura (a la que llama «puerto») para que pasen los barcos y almadías guiados por dos pilas («mesas») que deben ser largas al objeto de reducir el peligro durante el paso. La parte (F) sirve para descargar las maderas transportadas por el río y también conduce a una zona reservada a la pesca. Y hay un canal de derivación para regar o mover molinos que tiene un ramal HI que según el autor sirve para poder dejarlo en seco; pero también seguramente actuaría en crecidas como aliviadero de superficie.

Citaremos finalmente en esta sección un azud con pasadizo interior para cruzar el río (que también puede rellenarse de tierra), sección curva y protección del pie de presa contra la erosión; es una estructura sencilla y muy funcional, que el autor recomienda especialmente (figura 13).

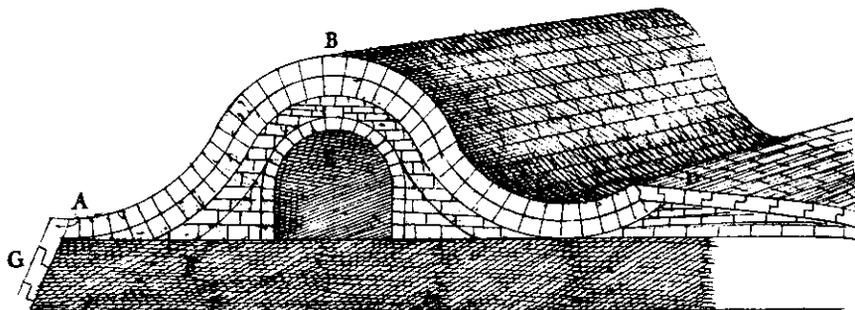


FIGURA 13

Hasta ahora el autor no había reivindicado la invención de ninguno de sus tipos estructurales. Pero ahora lo hace y con razón, pues describe, por primera vez, una presa de bóvedas múltiples. Dice, con razonable orgullo: «...yo he pensado un modo de açute que me parece que haziendose en esta manera que jamás podrá tener fin por causa de la forma y invención que en ello hay...».

Lo recomienda para grandes ríos y en cuanto a su cimentación se refiere a la parte de su obra, en que se ha ocupado de las pilas de puentes¹⁰. En la que recomienda trabajar en seco, aunque haya que desviar el río, mejor que en la corriente ya que entonces aparecen grandes dificultades «...es necesario ir mudando los trabajadores que sacan el agua por que ninguno puede durar el trabajo de todo el día, quando más el de 1/2 noche solo el considerar esto pone espanto y terror...»; y otras que no copiamos. Pero si las condiciones obligan a hacerlo así, entonces es necesario proyectar el azud de *cantería* o sea de fábrica más cuidada y costosa, en contraposición con la *mampostería*, y además unir las piedras con «garfas de hierro o de bronce». En cambio en seco recomienda ejecutar la obra en hormigón.

Para el autor, la primera ventaja de este tipo de azud es que la inclinación del paramento de aguas arriba colabora a su estabilidad; puesto

10. Libro 18. *De como se han de hazer las pilas de los puentes de piedra en distintas maneras*, fols. 360 r - 393 v.

que el peso del agua interviene favorablemente. Concepto racional que no aparecerá —y eso menos claramente— hasta el siglo XVIII; e incluso hoy existen proyectistas de presas de contrafuertes que no han hecho uso de esta obvia ventaja.

La anchura de las bóvedas será mayor al aumentar la altura de la presa y la profundidad de cimentación es igual a esta altura. El esquema general se indica en dos perspectivas y una planta (figura 14). Faltan algunas dimensiones y la proyección en planta no es ortodoxa.

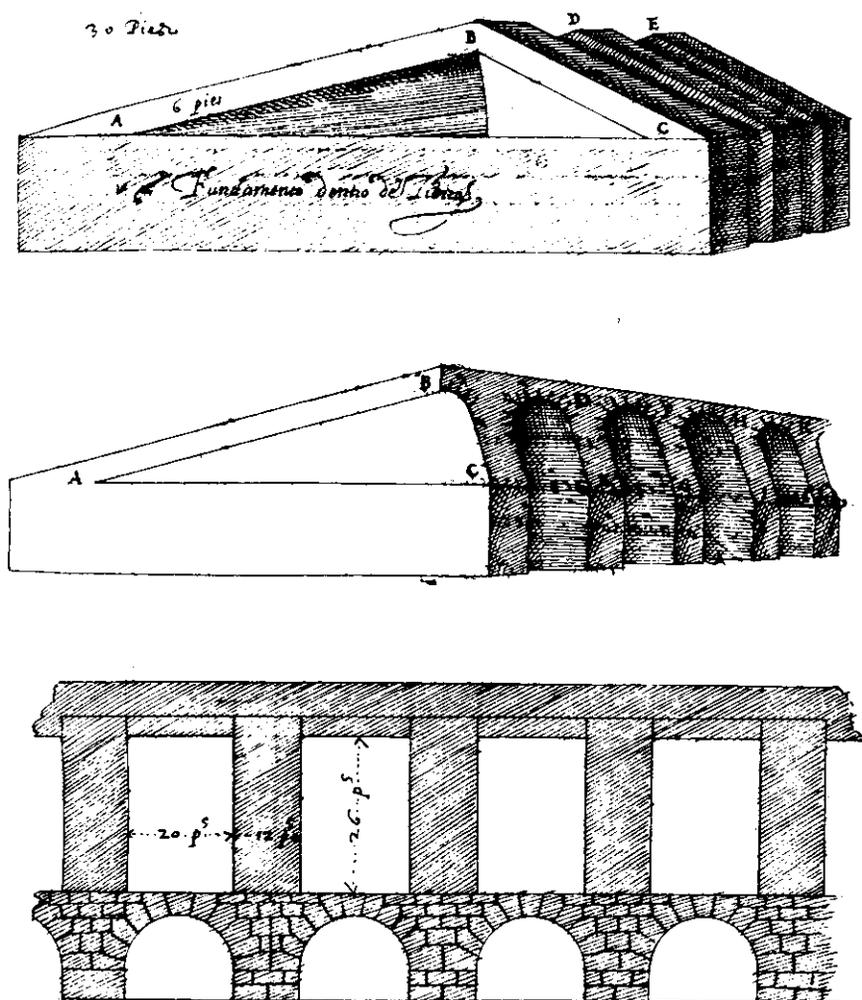


FIGURA 14

En la reconstrucción de una serie de obras antiguas en Toledo, he proyectado un azud de este tipo con las normas indicadas en el código y propuesto que sustituya al actual azud de Romaila, del que hoy sólo quedan exteriormente ruinas de estructuras superpuestas.

Y de estos azudes especialmente originales, da variantes con el paramento de aguas abajo cerrado, una de las cuales tiene un aire verdaderamente moderno. Cierra los espacios entre contrafuertes, como también se ha hecho en la época actual¹¹ —y entonces tenemos una presa vertedero (figura 15)— con un sistema de protección de su pie que no aleja únicamente el chorro de agua lo más lejos posible sino que, a mi parecer, incluye por vez primera la utilización del resalto hidráulico, al decir que el cuenco es «un lugar donde ha de cargar el agua... (que) queda muerta y con esto el agua no rompe ninguna cosa y es muy mejor».



FIGURA 15

Hasta ahora creo que he mostrado que el código demuestra una maestría técnica de origen experimental, muy superior a la de otros escritos contemporáneos e incluso bastante posteriores; por ejemplo los artificios, siempre inteligentes pero a menudo impracticables de Ramelli¹². Pero nuestro autor es un hombre del Renacimiento, y tengo la impresión de que para terminar este capítulo quiere demostrar que puede proyectar estructuras que podríamos llamar «arquitectónicas», en las que la fantasía y la facilidad para dibujar le hacen olvidar momentáneamente la praxis; forma de actuar en la que tiene ilustres predecesores. Y hay además que decir que, ni aún en este caso, dejará de hacer constar unas supuestas ventajas racionales.

11. Como ejemplos españoles —supongo habrá muchos otros en distintos países—, las presas de Urrúnaga y Ulivarri-Gamboa, en cuyo proyecto intervine, descritas en el artículo de ANTONIO DEL AGUILA: *Proyectos de aprovechamiento de las aguas de los ríos Zadorra y Bayas*, "Revista de Obras Públicas", octubre 1948.

Con este sistema (no siempre el más adecuado) se combinan las ventajas hidráulicas de la presa vertedero con el ahorro de hormigón que producen los contrafuertes.

12. *Le diverse et artificiose machine del capitano Agostino Ramelli dal Ponte della Tresia Ingegniero del Christianissimo Re di Francia e di Polonnia* (1588). Hay una edición facsímil: Gregg International Publishers Ltd., Westmead, Farnborough, Hants, U. K. (1970).

Reproducimos sólo uno de estos tipos de azudes (figura 16). Dibuja otros, incluso uno que, en planta tiene tres tramos de bóveda, uno de ellos en dirección contraria a la lógica. Y finalmente, trata de sistemas para «embellecer», desviando ríos, a las ciudades costeras haciendo que puedan entrar en ellas navíos. Y en conexión con esto, de la fortificación de costas; lo que se aparta del tema de este artículo: aunque completa otras partes del código que, por cierto, contiene datos muy importantes para la Historia de las obras marítimas.

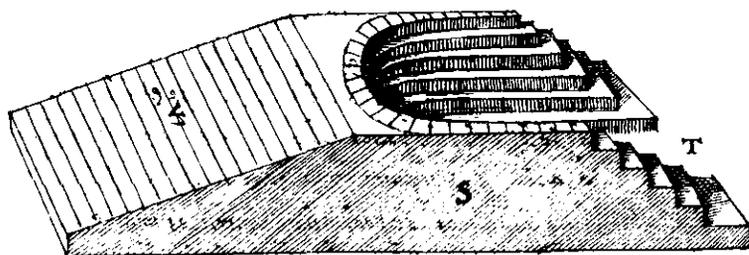
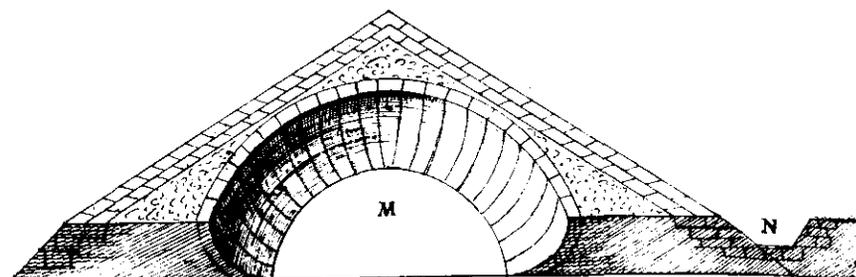


FIGURA 16

Pasamos ahora a un problema fundamental, pero que necesitaría un estudio mucho más profundo para ser resuelto. Es el de determinar en qué construcciones anteriores se basa para los tipos de azudes que no son de su invención.

El autor conoce directamente muchas obras hidráulicas romanas —acueductos, baños, etc.—, tanto en España como en Italia. Pero no menciona ninguna presa, ni siquiera las tres principales que hoy se conservan, Proserpina, Cornalvo y Alcantarilla; las dos primeras están en Mérida y la tercera en Toledo. No hay razón para suponer que estuviera en ninguna de las dos ciudades, aunque en otro libro cita la existencia del acueducto de Mérida.

Puede entonces pensarse en la tradición árabe. Pero si influyó en él fue tan discretamente que no puede definirse; basta para ello comparar lo que aparece en las anteriores páginas con el estudio y las figuras de la parte del citado libro de Smith, que estudia las presas arábigo-españolas¹³.

Tenemos que contentarnos como hipótesis de trabajo con suponer que, cuando no hace obra original, se funda en estructuras sobre todo españolas e italianas de su misma época. Y quizá en azudes medievales de la España cristiana, de los que aún sabemos poco.

Para terminar, querría dejar constancia de lo que puede deducirse de la personalidad del autor y a la vez, de su postura ante el entorno social en el que vivió. Es poco, desde luego, pues sólo hemos estudiado una mínima parte de su obra; pero creo que tiene cierto interés.

El que fue constructor es manifiesto. A veces deja en libertad una cierta fantasía de intelectual. Pero casi siempre se nota que ha vivido a pie de obra y allí resuelto problemas prácticos, lo que le ha dejado indeleblemente marcado; se refiere inteligentemente a los remolinos que pueden arruinar una obra: no a su fundamento teórico. Ya hemos citado en parte lo referente a la cimentación en agua y a las dificultades graves de los obreros para desaguar día y noche; el que así escribe me parece seguro que vivió situaciones de este tipo. El capítulo parece completamente original en su concepción, al menos al no citar autores antiguos como hace en otras partes (generalmente grecorromanos y que no añaden casi nada útil al contexto). Aunque ello en marcadamente menor proporción que muchos de sus más ilustres contemporáneos, por ejemplo Montaigne.

Sólo aparecen citados en el capítulo dos nombres de ciudades. Una es Sevilla, en la que nunca estuvo, como parece deducirse de otra referencia en «Libro» distinto, y la otra Tortosa; ambas en la parte final, que como ya dijimos se ocupa más de obras marítimas que de azudes. Pero la lectura del total del manuscrito nos hace inferir que adquirió su experiencia —principalmente, ya que quizá el ámbito deba ampliarse— en varios Estados italianos y, dentro de España, en Aragón y Cataluña.

Su preocupación principal parece ser la seguridad de las presas, aunque también tiene en cuenta el coste de la obra. Pero el primer factor es el

13. SMITH: *op. cit.*, págs. 90-101.

preponderante y su opinión sobre ello creo que es un apropiado final para el estudio sobre una pequeña parte del códice escrito por un gran maestro: «Los açutes deben ser hechos con un ánimo sincerissimo y que los que tales cargos tienen de hazerlos... conviene que ellos no sean gente que tenga cuenta con el interesse que si esto hay pocas vezes haran lo que deven en lo de la obra, porque estas obras conviene hazerlas a ellas muy riquissimas de materia y de artificio...».