

La presa de Ontígola y Felipe II

Por **NICOLAS GARCIA TAPIA**

Ingeniero y Licenciado en Filosofía y Letras

y **JAVIER RIVERA BLANCO**

Doctor en Historia del Arte

En este trabajo se analiza desde diversos puntos de vista lo que representó la construcción de la presa de Ontígola en la época de Felipe II. Basándose fundamentalmente en la abundante documentación que sobre esta materia existe en el Archivo de Simancas —aunque hasta el presente sin publicar— se ha pretendido reconstruir el ambiente, las fases constructivas, el modo de resolver los problemas técnicos y la intervención de eminentes arquitectos-ingenieros como Juan Bautista de Toledo, Jerónimo Gili y Juan de Herrera, en lo que fue una de las mayores obras de ingeniería civil de la época, caracterizada por ser la primera reutilización de los contrafuertes en una presa de la era moderna. Todo ello al servicio de una gran monarquía y bajo la vigilante mirada de Felipe II, que aparece aquí como un gran aficionado de las obras de ingeniería. El artículo pretende además de realzar la magnitud de la construcción, centrarla en su ambiente histórico y estético, lo que es el resultado de una colaboración entre dos autores especialistas en Ingeniería Hidráulica y en Historia del Arte.

1. INTRODUCCION

La presa de Ontígola es en sí misma una importante obra de ingeniería del siglo XVI, por las innovaciones técnicas que en ella concurren y por el enorme volumen de agua —insólito en la época— que fue capaz de acumular, hasta el punto de ser conocido más tarde el embalse como «la mar de Ontígola». Pero esta ingente obra no puede entenderse, ni menos aislarse, del conjunto que los reyes de la casa de Austria proyectaron para la rica vega natural de Aranjuez, estableciendo una gran finca de recreo cuyo epicentro lo constituiría un palacio rural o casa de campo instalado en la ribera del río Tajo, cerca de su unión con el Jarama y, a partir de ese núcleo, una serie de jardines y bosques formando un mundo verde que se apoyaría en importantes obras de infraestructura hidráulica para regarlo, así como para crear planos de agua que enlazarían con una tupida red de canales navegables por medio de esclusas y salvados con puentes (1). Este ambicioso plan necesitó casi tres cuartos de siglo para realizarse, dependiendo las obras de los medios técnicos de la época, pero sobre todo, de las posi-

bilidades económicas de la corona, abrumada por problemas de la más diversa índole: políticos, militares, religiosos, sociales, etc. Fue la decidida voluntad de Felipe II la que dio el impulso más notable a este grandioso proyecto.

2. EL PROYECTO DEL SITIO DE ARANJUEZ

El territorio de Aranjuez ha sido siempre un bello paraje natural, de frondosa vegetación y regado por los ríos Tajo y Jarama, así como por diversos arroyos, entre ellos el de Ontígola. Al final de la Edad Media este lugar dependía de la Encomienda de Alpages, del Maestrazgo de la Orden de Santiago con sede en Ocaña. Allí se construyó entre 1387 y 1409, bajo el Maestro Lorenzo Suárez de Figueroa, un palacio de cantería y ladrillo rodeado de pequeños jardines y huertas. Posteriormente, los Reyes Católicos asumirían el maestrazgo de la orden y la corona se convirtió en administradora perpetua de sus propiedades (2).

En tiempos del Emperador Carlos I, la Familia Real matuvo largas estancias en el Palacio

de Aranjuez, para descansar en sus jardines o cazar en sus bosques. Por esta razón ordenó cercar el antiguo territorio maestral en 1534 y el 2 de octubre de 1536 firmó una cédula real en Valladolid con objeto de organizar «un bosque para recreo de Su Majestad» (3). De la misma forma, el 30 de abril de 1544, indicaba su intención de haber «elegido el Sitio de Aranjuez para en él fundar una casa de campo para su recreo, [por lo que] mandó ampliar para diversión de su casa la Encomienda de Alpages con sus dehesas, palacio, fincas, salinas y barca con todas sus pertenencias, preeminencias y regalías» (4).

Así ideó Carlos I el proyecto de un gran conjunto de habitación y recreo para la familia real y su corte. Sin embargo, el encargado de llevarlo a cabo sería su hijo Felipe de Austria, primero como príncipe y luego como Rey de España, ya que el Emperador estuvo excesivamente ocupado por las exigencias de la política imperial y Felipe, su hijo, manifestó tempranamente una gran afición hacia los temas de arquitectura, urbanismo, jardinería y, además — algo que no se ha subrayado suficientemente — hacia los problemas de ingeniería.

3. LA IDEA RENOVADORA DE FELIPE II EN ARQUITECTURA E INGENIERIA

Felipe II, al encontrar en sus manos la gran herencia legada por su padre, reordena las ideas que estaban proyectadas para la totalidad de los Sitios Reales españoles y proyecta también la creación de un gran monumento de Estado: el Real Monasterio de San Lorenzo del Escorial. Toda esta obra requería una infraestructura de ingeniería que jugase un papel renovador en la arquitectura y el urbanismo, obedeciendo a los siguientes planteamientos:

1.º Renovar la estética en la arquitectura introduciendo un nuevo estilo, el manierismo-clasicista, anulando de su entorno el gusto proto-renacentista y las tendencias góticas y mudéjares que aún pervivían con cierta fuerza.

2.º Remozar la técnica española en sus diversas especialidades en los diversos campos y formando a técnicos españoles en academias, o por medio del impulso a tratados de ingeniería

que se inspiraban en textos de la antigüedad, por lo que puede hablarse aquí de pleno renacimiento de la técnica o de ingeniería clasicista, paralelas a las corrientes artísticas dominantes.

3.º Modernizar los Sitios Reales con ayuda de los nuevos sistemas de ingeniería (presas, canales, acequias, etc.), rodeándoles de jardines manieristas y buscando, en definitiva, un estilo nacional que se caracterizara por unas apariencias propias, pero a la vez con un lenguaje universal. Es lo que se ha denominado estilo Austria, entre otras maneras, pero que creemos más propio definir como clasicismo manierista.

4.º Centralizar el imperio en Madrid, dotando a este lugar con los servicios funcionales más importantes para cumplir esta misión.

5.º Iniciar un proceso que revertiera en el desarrollo de la economía y una incipiente industria (que fue rápidamente malograda). Para ello se proyectó una red de canales de regadío, sistemas de navegación fluvial para el transporte de mercancías, explotación de moreras para la producción textil, potenciación de las aceñas y molinos con destino a la producción de harina, paños, papel, nuevas fábricas de moneda, etc.

4. JUAN BAUTISTA DE TOLEDO

Para realizar estos importantes proyectos, Felipe II precisaba de nuevas mentalidades que estuvieran formadas en los presupuestos más modernos y progresistas de la ciencia y de la técnica. Por este motivo, entre los hombres del gran equipo que deseaba organizar, uno de ellos era de capital importancia: el Director de las obras de ingeniería y arquitectura reales. Tras diversos tanteos, el Monarca decidió llamar a un español especialista en ambos campos, y que era paradigma del arquitecto-artista, pero especialmente del arquitecto-ingeniero. Se llamaba Juan Bautista de Toledo y en Italia había demostrado su gran capacidad y su categoría profesional trabajando como arquitecto segundo de Miguel Ángel en las obras de la Basílica de San Pedro de Roma y realizando en el virreinato de Nápoles importantes obras de ingeniería hidráulica, civil y militar.

Por orden de Felipe II el nuevo arquitecto

e ingeniero regio llegó a España en 1560 y recibió inmediatamente la orden del Monarca de llevar a cabo su complejo programa modernizador. Respecto a Aranjuez, su misión consistiría en construir un nuevo palacio con su casa de oficios, trazar de nueva planta todos los jardines, encauzar los ríos y sus afluentes, hacer navegable un tramo del río Tajo y comenzar una serie de diques, presas, estanques y lagunas para conseguir los fines deseados (5). Entre estas obras se encontraba la realización de las presas y embalses de Ontígola.

5. LOS INICIOS DE LA PRESA DE ONTIGOLA: EL PROYECTO DE JUAN BAUTISTA DE TOLEDO Y SU REALIZACION

La iniciación de la presa de Ontígola debe remontarse al 17 de mayo del año 1552 cuando Felipe de Austria, como príncipe de España, firmó una instrucción ordenando a don Diego López de Medrano, gobernador de la administración del territorio de Aranjuez «que se haga una laguna muy grande en el arroyo de Ontígola, y otros dos o tres pequeños en el de hacia Ciruelos, para que vengan a ellas aves para la alternería» (6). Se manifiesta así la voluntad del hijo del Emperador de organizar una serie de planos de agua al sur de Aranjuez con objeto de multiplicar los elementos de recreo de la finca campestre.

Sin embargo, la urgencia de otras obras previas hizo que se demorara lo concerniente a Ontígola y hemos constatado que en los años siguientes sólo se utilizó el agua del arroyo del mismo nombre para regar las huertas y jardines del viejo palacio, sin hacer nada conducente a formar los estanques o lagunas (7). En un primer período, los directores de las obras de arquitectura en el Sitio Real eran los maestros Alonso de Covarrubias y Luis de Vega, nombrados por Carlos I. En el período inmediatamente anterior a 1560, lo fueron de Vega junto con su sobrino Gaspar de Vega (8).

A finales de 1560 comenzó a ocuparse de Ontígola el arquitecto Juan Bautista de Toledo, y en el año siguiente consta ya que un «dique-ro» flamenco preparaba algunas presas para hacer lagunas artificiales en Ontígola. Los traba-

jos se multiplicaron en los meses siguientes y en septiembre de 1562 un muchacho zahorí de nueve años consigue descubrir nuevas fuentes duplicando el caudal. Parece ser que este muchacho ya había acertado en otras ocasiones y esto nos da una idea de los métodos que se empleaban para buscar agua, a pesar de que en la época los ingenieros teóricos preconizaban en sus escritos otros métodos más racionales basados en los textos clásicos sobre ingeniería, abominando de las prácticas de los zahorís; este muchacho actuaba sin varillas, simplemente «veía» bajo la tierra y, a Felipe II le gustaba verlo trabajar así.

Al finalizar 1562 estaban encargados de las obras Juan de Castro, maestro de Aranjuez, y el flamenco Adrian van der Mulse. Se construían entonces varios diques de contención y se preparaba el arroyo de Ontígola para construir en él la presa de embalses.

En enero de 1563 se estableció la forma de la presa con dos muros de piedra separados por un terraplén (Fig. 1) y sus características técnicas imitaban las que ya se habían hecho en Madrid; mientras se iban acarreamdo los materiales para llevar a cabo su construcción. Por es-

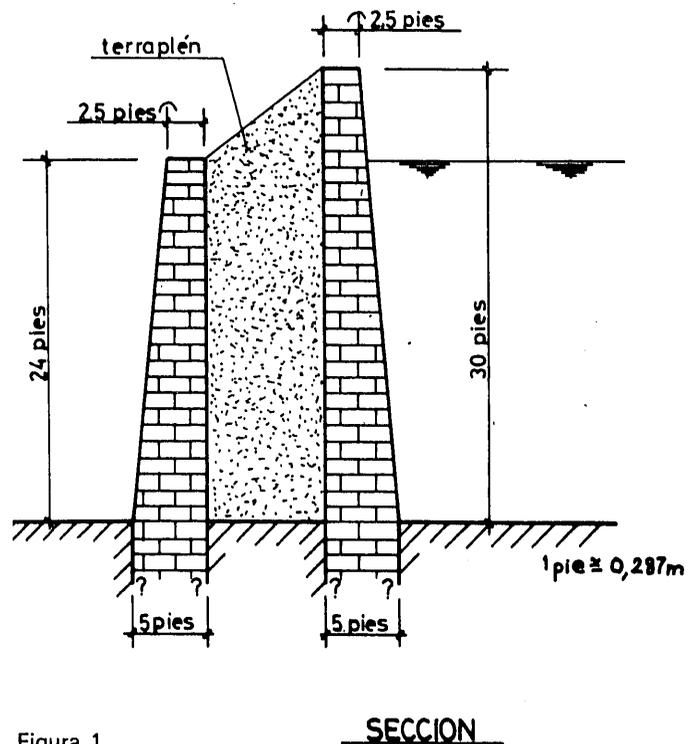


Figura 1.

tas mismas fechas se calcularon los gastos necesarios para las obras durante todo el año, ascendiendo a la cantidad de 4.000 ducados, todo ello bajo la supervisión directa de Juan Bautista de Toledo. Sin embargo, surgen algunos problemas, pues el maestro Castro había enfermado de consideración, causa por la que se eligió al maestro Francisco Sánchez para que le sustituyera y colaborara con un nuevo especialista que se ocuparía conjuntamente con él de las obras, el holandés Pietre Jansen, a quien en todos los documentos suele designarse simplemente como «el Holandés».

En julio se había gastado 1.000.000 de maravedís y durante este tiempo ya se había construido buena parte del muro de contención, por lo que Felipe II ordenó personalmente que se hicieran unas pruebas de estanqueidad llenando el embalse parcialmente de agua; así se hizo en septiembre lo que permitió llevar algunos peces y cisnes y construir islas en el interior del estanque. En los meses siguientes se igualó la presa rellenando el terraplén interior. Adrian van der Mulee realizó una inspección y vio de paso la obra, no sin establecer algunas reservas al sistema constructivo.

Durante 1564 prosiguieron las obras a buen ritmo efectuándose ya algunas ampliaciones; en septiembre se requería la inspección de Juan Bautista de Toledo con la intención de volver a rellenarlo de agua para que regresaran las aves acuáticas y se preveía entonces el final de las obras para la próxima Navidad. Había agua suficiente para llenar el embalse, ya que el muchacho zahorí había localizado nuevas fuentes, esta vez acompañado por el especialista en fuentes, Baltasar de San Juan. Así pues, a primeros de 1565 estaba ya casi concluida la presa y Felipe II ordenó la construcción de unos antepechos en el remate de la presa y que se vaciara el embalse lo suficiente como para dar más resalte a las islas que sobresaldrían del nivel de agua.

Que la culminación de los trabajos era patente por estas fechas lo prueba la solicitud del constructor Francisco Sánchez, el cual pidió a primeros de dicho año que Juan Bautista de Toledo tasara la obra. El arquitecto real cuantificó lo efectuado en 179 ducados, apreciación de la que disintió Sánchez y los administradores de

Aranjuez, por lo que surgieron disputas de las que no conocemos el desenlace, aunque la administración de Aranjuez se determinó por Francisco Sánchez contra el arquitecto; advertimos, sin embargo, que Juan Bautista de Toledo siempre mantuvo enfrentamientos con Sánchez y con la administración (9).

Cuando todo parecía ultimado, Felipe II recibió una misiva de Aranjuez fechada el día 2 de marzo de 1565 en la que se le comunicaban muy malas noticias; en ella se decía que el martes por la mañana apareció en la presa, en lo alto del terraplén, una abertura en la tierra del mismo, a causa de un desplomé parcial del muro delantero (analizaremos después las posibles causas de este contratiempo). Se vació inmediatamente el embalse y se descargó el terraplén. Llamado urgentemente Sánchez, dijo que lo mejor era hacer unos «botaletes o estribos» (los contrafuertes que serán objeto posteriormente de un estudio más detallado), como había sugerido al comienzo de la obra y no se había hecho por mofarse de ello el diquero holandés. Para ello hizo un diseño (que no está entre la documentación), aunque los datos que aporta nos ha permitido realizar la reconstrucción de la fig. 2. Juan Bautista de Toledo aprueba el diseño y añade algunas rectificaciones como unos orificios de drenaje en la presa delantera. Felipe II, aunque consternado por los nuevos gastos de la reparación —entre 1.200 y 1.300 ducados— ordena que comiencen inmediatamente las obras con arreglo a las indicaciones dadas en lo de los contrafuertes y en el resto por Juan Bautista de Toledo.

Sánchez calculaba que las reparaciones estarían efectuadas a finales de abril de aquel mismo año, pero Juan Bautista ordenó fortificar más los estribos, contra la opinión de la administración de Aranjuez. En abril las obras estaban prácticamente acabadas, se habían hecho los «purgadores» y se iba a comenzar a construir unos «balconcillos» sobre los estribos que por su grosor, según Juan Bautista, costarían unos 2.500 ducados.

Las obras prosiguieron durante los meses siguientes, y aún durante años, pues se ampliaron los muros de contención y se reorganizaron los canales que tomaban el agua del estanque para el riego.

LA PRESA DE ONTIGOLA Y FELIPE II

2º PROYECTO CON CONTRAFUERTE DE LA PRESA DE ONTIGOLA
DESPUES DEL DESPLOME DEL MURO DELANTERO.
marzo de 1565 - Juan Bautista de Toledo

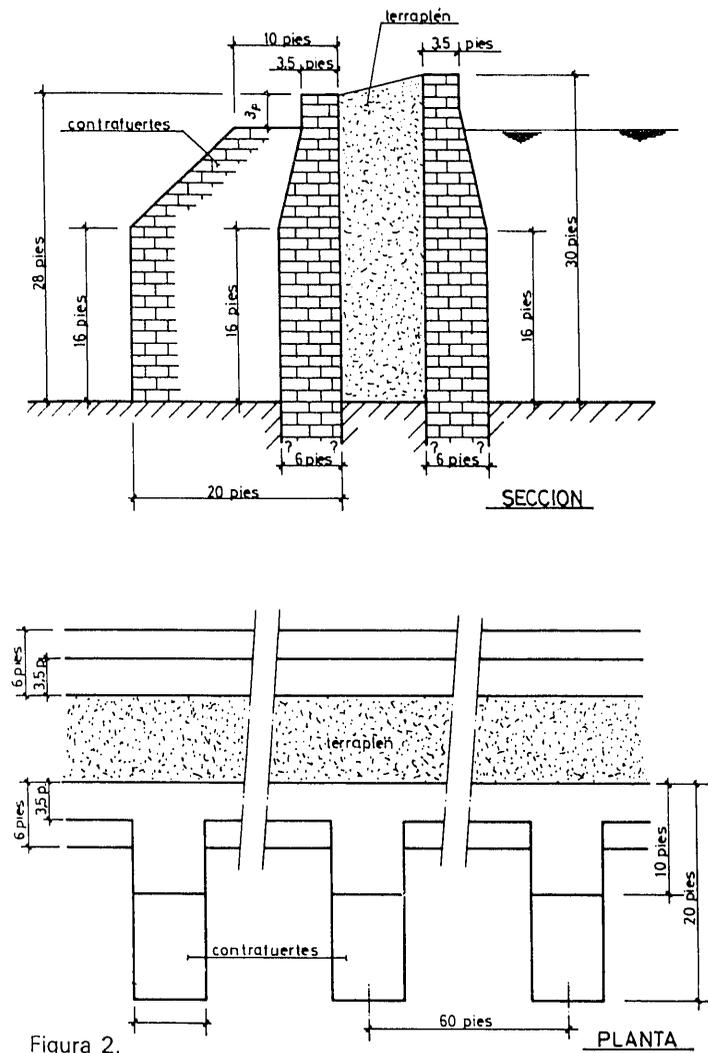


Figura 2.

A principios de 1567 el embalse estaba ya llenándose, pero en mayo falleció en Madrid Juan Bautista de Toledo, motivo por el que el monarca quedó desconcertado, pues había que procurarle sucesor en la corte. Tras una etapa de titubeos, durante la cual se paralizaron las obras de la corona y, entre ellas la de Ontigola, Felipe II decidió seguir el criterio de Juan Bautista que le había aconsejado para sustituirle, en el Sitio Real de Aranjuez, a su «discípulo viejo», el calabrés Jerónimo Gili.

6. LA INTERVENCION DE JERONIMO GILI Y JUAN DE HERRERA

A lo largo de 1567, año de la muerte de Juan Bautista de Toledo, las obras de la nueva pre-

sa con sus contrafuertes siguieron con el plan previsto y a principios del año 1568 estaban ya casi concluidas. Sin embargo, el 11 de febrero, cuando al embalse le faltaba muy poco nivel para su completo llenado, se advierte una grieta en la pared aguas arriba de la presa, por lo que se llama urgentemente al constructor Francisco Sánchez.

Pudo solucionarse fácilmente esta pequeña rotura y la obra de la presa continuó normalmente durante varios meses, hasta que el 20 de junio de ese mismo año de 1568 ocurrió el derrumbamiento de gran parte del paredón aguas arriba, precisamente aquél en el que no se habían hecho los contrafuertes. Por la parte del carrascal el muro cayó en su totalidad y por la parte del canal se derrumbó hasta la mitad de su altura. Inmediatamente se vació el agua para examinar el daño, lo que hicieron Francisco Sánchez y el especialista en presas holandés Pietre Jansen que acudieron a la obra; Juan de Castro, maestro de obras, no pudo verlo por estar enfermo. Se pensó que la presa resistiría por estar fuerte el terraplén. Francisco Sánchez propone hacer de nuevo el muro, esta vez con contrafuertes como lo había previsto en un principio y se compromete a tenerlo acabado en seis meses. A pesar de todo, no se empezó en ese momento porque les sorprendería el invierno, no fraguando la cal y porque —añade el secretario de Felipe II, Juan de Ayala— «sería un inconveniente para los peces el tenerlos que mudar en este tiempo de calor».

Lo más curioso fue la peregrina explicación que dio a este nuevo derrumbamiento: «la causa de haberse abierto y hundido tan de golpe, tengo por cierto que fue un viento solano grande que anduvo aquella noche que levantó las olas por cima del terraplén...».

En estas circunstancias, se redacta el 5 de diciembre de 1568 una nueva cédula real para rehacer el muro de aguas arriba de la presa de Ontigola. Este documento, de un interés excepcional, nos ha permitido reconstruir el proyecto original (Fig. 3), a pesar de haberse perdido el dibujo que se cita en la cédula. Consta de 20 puntos y en ellos se detallan las dimensiones de la cimentación, el muro de contrafuertes, las características del material a emplear y las condiciones económicas de la obra.

LA PRESA DE ONTIGOLA Y FELIPE II

3^{er} PROYECTO DE LA PRESA DE ONTIGOLA. REFORMA DEL MURO DE AGUAS ARRIBA TRAS SU DERRUMBAMIENTO. diciembre de 1569 - Jerónimo Gili y Juan de Herrera.

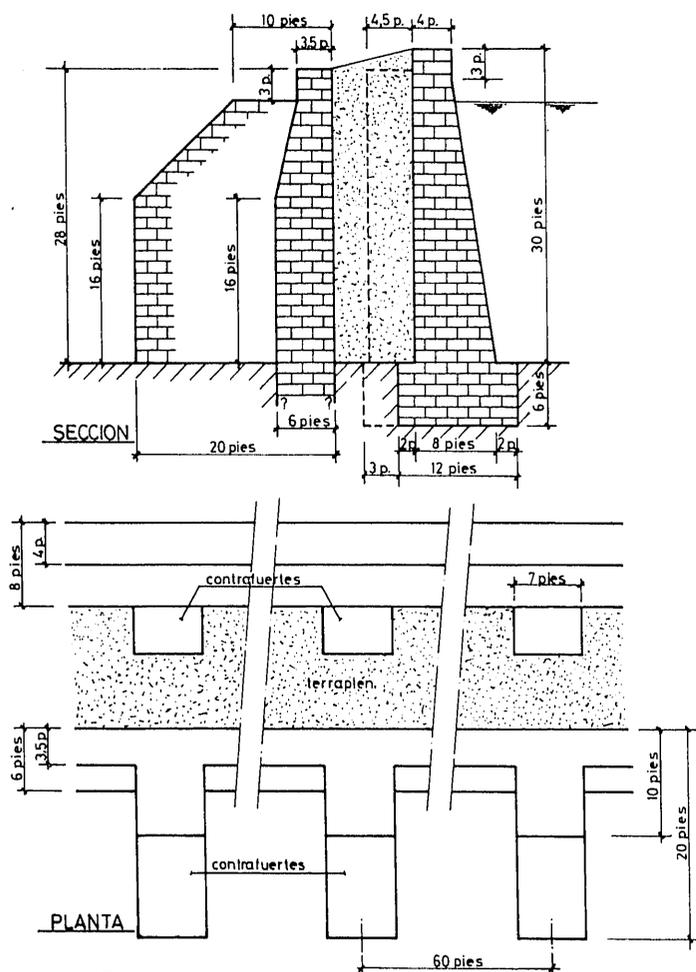


Figura 3.

La contrata de las obras de Ontigola, siguiendo las indicaciones de la cédula real, se adjudicó a destajo a Francisco Sánchez, quien de acuerdo con lo expuesto, esperó a que pasase el invierno para iniciar las obras. Así, en un documento fechado el 29 de agosto de 1569, se indica que las obras se reanudaban bajo la dirección de Jerónimo Gili, realizadas por Francisco Sánchez. No obstante, las cosas no debían de ir muy bien. Gili se queja en una carta del 22 de septiembre de 1569, de que la obra «va fría» y de que «hacen poca cuenta de mis palabras», pidiendo a Felipe II que apoye su autoridad ya que sólo se había hecho la mitad de los cimientos y «era buen tiempo ahora para trabajar en ello». La carta de Gili era seguramente una disculpa, pues a éste le «había reprendido su Magestad por su tardanza» y tuvo

que ir a visitar las obras días después, acompañado esta vez por el aparejador Juan de Minjares. Se detectaba una crisis de autoridad en la dirección de las obras que estallaría en una enemistad entre Jerónimo Gili y Francisco Sánchez, lo que repercutiría en un retraso de las obras y en una desconfianza de Felipe II hacia Gili.

Debido a estos retrasos, las heladas del invierno causaron una nueva paralización de la obra; el 6 de diciembre de 1569, cuando ya se habían terminado los cimientos y empezaban a alzarse las hileras de sillares, se detienen las obras por miedo al hielo. Sin embargo, Francisco Sánchez cree que podrá mantener su promesa de acabar la obra en abril del año siguiente; el secretario de Felipe II, más realista, añade por su cuenta en el informe al Rey: «yo digo que llegará a mayo».

Al llegar el buen tiempo se agilizan las obras; el 7 de marzo de 1570 visita la construcción Jerónimo Gili a quien le pareció bien la marcha de las obras y las mejoras introducidas. En marzo la presa contaba con una altura por encima de los cimientos de cuatro hileras de sillares, lo que viene a representar cerca de dos metros. Pero las previsiones de Francisco Sánchez no se cumplieron y Felipe II apremia a que «se use de más diligencia, pues el tiempo ayuda y el recaudo no falta», al mismo tiempo que obliga a Francisco Sánchez a emplear más oficiales de cantería con el fin de reducir a 10 ó 12 días el tiempo de colocación de una hilera de sillares, lo que, a pesar de todo, no se llegaría a conseguir. Francisco Sánchez aduce que el sistema de destajos le plantea problemas económicos y solicita un nuevo préstamo para acabar la obra, acompañando una certificación del aparejador Domingo de Alquiza de las necesidades de mano de obra y de materiales para la terminación de la obra, calculando ésta en cuatro meses si se pudiese colocar una hilera más de sillares cada 15 días. Para ello, el aparejador Juan de Minjares, que dirige la labra de sillares, tiene hecha una grúa apropiada. Sin embargo, Jerónimo Gili no está contento con la marcha de las obras, indicando que «ninguna de las obras que ha visitado en Aranjuez va como conviene». A mediados de noviembre de 1570, Francisco Sánchez termina al fin con la colocación de hileras

de sillares «a buen tiempo antes de que viniesen los hielos». Se deja preparada la construcción para que cuando termine el invierno pueda procederse a la impermeabilización de la obra haciendo que «se ahogue e hinche de cal y piedra menuda».

El 21 de junio de 1571, Felipe II ordena «que se suba la pared otras dos hileras y que sobre ellas se asiente el pretil de tres pies de alto...»; después de esto, la obra debe tasarse y pagarse a Francisco Sánchez por sus servicios. En este mismo documento aparece por primera vez el nombre de Juan de Herrera asociado a la presa de Ontígola, junto con Jerónimo Gili, indicándose las condiciones en que debía hacerse el remate de la presa:

«... Para la firmeza y perpetuidad de la obra, guardando el orden y condiciones hechas por Jerónimo Gili y Herrera, en cuanto a los lechos que han de tener los sillares y, asimismo lo que dos tizonos y mezcla de cal y que se fabrique con agua dulce... todos [los sillares] vayan bien engrapados, labrados a toca de escoda y bien entregadas las juntas con sus escuadras y enbetunadas como conveniente, de lo cual se dé aviso a los dichos Jerónimo Gili y Herrera...». Al margen Felipe II da su aprobación: «Hágase así y conforme a lo que se dice».

Para la tasación de la obra, Francisco Sánchez nombró por su parte una persona y para representar al Rey se nombró a Juan de Herrera (quien no pudo asistir por encontrarse indispuerto) junto con Jerónimo Gili que es rechazado por Sánchez. Se piensa, pues, en otros dos arquitectos, pero Felipe II ordena que la persona que nombre Francisco Sánchez se entienda con Jerónimo Gili sin estar presente el contratista. A mediados de septiembre de ese mismo año de 1571 se proseguían aún las obras de remate del pretil, pensándose que estarían para antes del invierno. Hay sin embargo, unas diferencias respecto a la forma del pretil entre Gili, que lo desea escalonado, y Herrera, que lo piensa hacer de ancho uniforme, prevaleciendo la opinión de éste último.

La presa de Ontígola estaba ya completamente acabada a principios de septiembre de 1572, quedando pendiente aún la tasación de la misma que no se hizo hasta el año siguiente entre Gili, Minjares y un representante de Francisco

Sánchez como contratista. Sólo quedaba por terminar una pequeña presa de regulación que estaba completando en esas fechas el holandés Pietre Jansen. Los canales y aliviaderos se construyeron sin mayores problemas en 1573, quedando así dispuesta la obra para su utilización, tanto para riego y alimentación de agua a Aranjuez, como para recreo de Felipe II.

7. LA CUESTION DE LA AUTORIA

Queda por aclarar la autoría de la obra de Ontígola. Hemos visto que ésta es responsabilidad de varios técnicos, desde ingenieros, arquitectos hasta aparejadores y maestros constructores. Llaguno indica que la presa de Ontígola se rehizo enteramente por disposición de Juan de Herrera, atribuyendo a éste el principal mérito, citando una cédula del 19 de diciembre de 1568, seguramente una copia de la que hemos citado y que es varios días anterior a ella (10). Con arreglo a esta opinión se ha venido considerando esta obra como responsabilidad de Juan de Herrera. Sin embargo, la cuestión no es tan sencilla: Hemos visto con claridad que fue Juan Bautista de Toledo el responsable del proyecto y el introductor de los sistemas de contrafuertes. Cuando se produjo el derrumbamiento del muro aguas arriba, Francisco Sánchez, siguiendo la idea de Juan Bautista de Toledo, había sugerido el rehacerlo con contrafuertes. En el año de 1568, cuando se redacta la cédula para la reforma del muro de aguas arriba (el resto continuaría intacto) se hace siguiendo la sugerencia de Francisco Sánchez, quien a su vez, se basaba en la idea original de Juan Bautista de Toledo. Además, en los años siguientes a la muerte de éste, el máximo responsable de las obras reales fue Jerónimo Gili, principal discípulo de Juan Bautista de Toledo y uno de los mayores expertos en ingeniería hidráulica del momento. Esto fue así hasta hacerse cargo definitivamente Juan de Herrera de todas las edificaciones, como arquitecto del Rey, cuando ya la presa de Ontígola ve cercana su conclusión.

Queremos, pues subrayar que la obra del embalse de Ontígola (el llamado «mar de Ontígola») para el que Felipe II consultó e hizo trabajar a numerosos expertos, debe ser considerada como responsabilidad inicial y principal de

Juan Bautista de Toledo, continuada por Jerónimo Gili y Juan de Herrera con la ayuda de varios especialistas en hidráulica.

8. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y CONSTRUCTIVAS

La abundante documentación sobre la presa de Ontígola localizada en el Archivo General de Simancas, nos ha permitido realizar una reconstrucción de las distintas fases de la obra, a pesar de que no se conserva ningún dibujo ni plano de la misma. Esto permite comprobar cómo desde un primer momento la presa se configuró con dos paredones de sillería de sección trapezoidal, encerrando en su interior un terraplén (Figura 1). La altura de la presa sería de 7 m, con una coronación de 1 m, aproximadamente. La anchura exacta no puede determinarse al no precisar la documentación el grosor del terraplén. Los muros de sillería fueron sobredimensionados, además con respecto al proyecto inicial. No es cierto pues que se hiciese una simple presa de tierra como dice Llaguno (11) y que fue posteriormente aceptado por otros

autores y recogido en el libro sobre presas españolas de Norman A. F. Smith (12). Este tipo de presa fue después modificada con la adición de sendos contrafuertes, primero en la cara anterior (Fig. 2) y luego también en la pared aguas arriba. Presenta pues, dos características muy interesantes como son el relleno de tierra interior y los muros de contrafuertes que conviene analizar con más detalle.

8.1. Presas con terraplén

El origen de este tipo de construcciones es muy antiguo. SCHNITTER ha indicado en varios trabajos suyos cuáles son los antecedentes de las presas de mampostería con espaldón de tierra (13). Cita como antecedente más remoto la presa de Jawa en Amman (Jordania) de 3.000 años a. C., aproximadamente; luego hacia el 500 a. C., señala una presa griega cercana a Kardtisa, a unos 65 km al noroeste de Atenas; saltaríamos luego a la española de Granjilla de 1560, de la que habría mucho que comentar (14) y seguiría la que nos ocupa de Ontígola.

Otros antecedentes serían las presas romanas

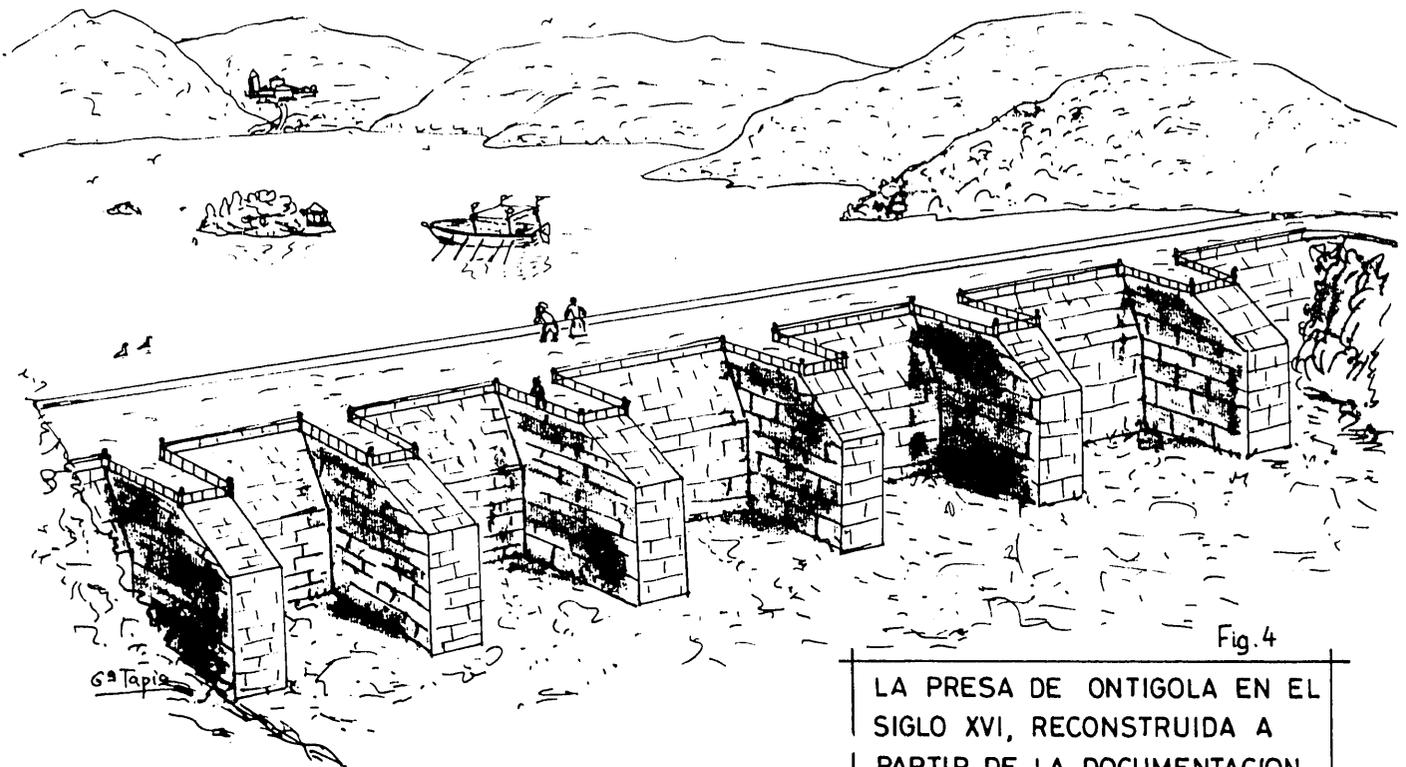


Fig. 4

LA PRESA DE ONTIGOLA EN EL SIGLO XVI, RECONSTRUIDA A PARTIR DE LA DOCUMENTACION DE LA EPOCA.

situadas en Hispania, de Proserpina, Alcantarilla y Cornalvo, estudiadas por Fernández Casado (15). Este mismo autor indica como posible antecedente «los muros defensivos de las ciudades etruscas, aunque tanto en lo que se refiere a condicionamientos funcionales y estructurales no tengan relación» (16). Sin embargo, en esta misma línea creo que es posible buscar un antecedente más inmediato en nuestro país y son las estructuras de los muros defensivos de las culturas prerromanas de los Verracos (a partir del 500 a. C.), cuyo ejemplo más notable sería el de las Cogotas (Ávila) y las celtibéricas de las que citaremos el emplazamiento de Castilfrío de la Sierra en Soria. Ambos sistemas defensivos están formados estructuralmente por dos murallones de mampostería rellenos de piedra y tierra. Naturalmente, salvando la finalidad, la idea constructiva viene a ser la misma que para los tipos de presas que estamos analizando.

8.2. Presas con contrafuertes

La evolución de las presas con contrafuertes ha sido estudiada por el ya citado N. J. SCHNITTER (17), quien señala que el concepto de contrafuerte en las presas tiene su origen en la ingeniería romana, pero indicando que en algunas de ellas los contrafuertes no tienen una verdadera misión estructural. Cosa lógica si se piensa que el estudio científico de la resistencia de los materiales y de las estructuras es relativamente reciente, iniciándose su verdadero desarrollo a fines del siglo pasado.

Las más próximas a la idea de verdadera presa de contrafuerte, dentro de las presas romanas, serían las de Iturránduz, a 30 km al sudoeste de Pamplona, estudiada recientemente por María Angeles Mezquiriz (18) y la de Esparragalejo, al noroeste de Mérida (19), esta última, además de arcos múltiples entre contrafuertes.

Siguiendo a SCHNITTER, el concepto de presa de contrafuerte se perdió con la caída del Imperio Romano, sin darse ningún ejemplo conocido hasta el Renacimiento, salvo el de la presa de Eruisk, a 40 km al sur de Leninakan en la Armenia soviética, demasiado aislado de nuestro ámbito cultural para que lo tengamos en cuenta. Sin embargo, según nuestra idea,

no se perdió el concepto estructural del contrafuerte, ya que se aplicó a la edificación en la Edad Media, en el románico y en el gótico. En nuestra península fue empleado corrientemente en el prerrománico asturiano en edificios religiosos y civiles, así como los sistemas de murallas defensivas con contrafuertes fueron abundantes en las áreas musulmana y cristiana durante la Reconquista. Es posible pues, que si no han aparecido aún presas medievales de contrafuertes, se deba más bien al abandono de la idea de grandes embalses para abastecimiento de agua, que a la pérdida del uso constructivo del contrafuerte.

La verdadera reaparición del concepto de las presas de contrafuerte —seguimos también en esto a Schnitter— ocurrió en España un milenio después de la era romana, coincidente con el máximo poderío político de los Austrias, Carlos I y sobre todo, Felipe II, durante cuyo reinado se produjeron avances en algunos campos de la técnica, aún por valorar y en este concretamente de las presas de embalse. La primera presa que utilizó los contrafuertes en la era moderna fue precisamente la de Ontígola que estamos analizando, que no fue un caso aislado ya que la siguió casi inmediatamente la de Trujillo, en la provincia de Badajoz iniciada en 1572 por Francisco Becerra, otro importante ingeniero y arquitecto español, caracterizado precisamente por el empleo abundante de contrafuertes para resistir los seísmos en sus construcciones americanas (20).

Pero la idea del contrafuerte en las presas españolas del siglo XVI, no es solamente una cuestión práctica. Está también en el manuscrito conocido como *Los ventitún libros de los ingenios y de las máquinas* (21), falsamente atribuido a Juanelo Turriano y que hay que suponer más bien de un autor aragonés, posiblemente Pedro Juan de Lastanosa, quien lo escribiría hacia 1570. En este código hay un libro sobre azudes en que se indica la forma constructiva de uno de contrafuertes y arcos múltiples (22), lo que indica que esta forma estructural de presas estaba ya en la idea y en la práctica en la España de la época.



Presa de Ontígola. Vista desde la coronación.

9. ANALISIS DE LAS SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS DE LA PRESA

Fue de Juan Bautista de Toledo la idea de utilización de los contrafuertes en la construcción de las presas y diques de contención que se hacían en Aranjuez. Así en noviembre de 1561 se ordena que «en el dique grande se haga el contraforte que ordenó Juan Bautista de Toledo» refiriéndose a los diques de la calle de Alpages, sin llegar a realizarse los contrafuertes a pesar de ello (23). Tampoco se hicieron contrafuertes en la primera construcción de Ontígola del año 1563, que fue realizada con dos muros de sillería incluyendo un núcleo de arcilla entre ellos (Figura 1). Hemos visto ya la posible procedencia, remota en el tiempo y en el espacio, de tal tipo de técnica; su procedencia inmediata se indica en el documento del 13 de enero de 1563: esta presa debe ser realizada «a la manera de la de los estanques que se han hecho en Madrid». En el mismo documento se indican sus dimensiones (salvo el espesor del terraplén) lo que nos ha permitido la reconstrucción de la figura 1. La idea de realizarse finalmente sin contrafuertes parece ser de Pietre Jansen, siguiendo el sistema constructivo de su país, Holanda, en contra de la opinión del propio Juan Bau-

tista de Toledo y del constructor Francisco Sánchez. Curiosa es la forma en que se comprueba sobre la marcha la impermeabilidad del embalse: «Su Magestad querría que subiéndose un poco más al estanque de Ontígola se cerrasen muy bien los acotaderos de una y otra parte y se terraplenase lo de dentro hasta el nivel de lo que estuviese alzada la cantidad, a fin de poder echar alguna cantidad de agua..., «porque se pudiese ver si hay algunos sumideros de agua, para que se cierren y macicen con almátriche...». Esta prueba se realizó efectivamente en septiembre de 1563. El holandés Jansen dirigió estas operaciones, aunque él prefería los diques sólo de tierra como se hacían en su país. En un documento del 12 de enero de 1565 se dice: «... también mandó su Majestad [aparte de hacer un antepecho a la presa] a Pedro el diquero que viese si se podrían hacer otros estanques al modo de su tierra que a hecho muchos sólo con tierra. Pero dice que no se hacen de más de dos pies y que son mejores para los peces...». Sin embargo, Felipe II lo desestima por «ocupar tan buen sitio y lugar donde se podría hacer otro de fábrica muy mayor que el que ahora está hecho y que llegase al remate del agua a la pared del que ahora hay». Sin duda el Rey prefirió seguir en este punto el consejo de los españoles encabezados por Juan Bautista de Toledo, en la técnica de presas de piedra.

El desprestigio del holandés llegaría a su máximo cuando el 2 de marzo de 1565 aparece en lo alto del terraplén de la presa una gran grieta, y el muro delantero desplomado más de un pie, a causa del empuje del terraplén. Las acusaciones contra Jansen menudean: Juan de Castro, maestro de las obras, junto con Francisco Sánchez y el mismo Juan Bautista de Toledo, habían ya aconsejado antes de empezar las obras poner unos «botaletes» o contrafuertes, pero «el holandés lo reprobó e hizo burla diciendo que sobraba de la manera que iba, y que era un gasto superfluo». Por otra parte, Francisco Sánchez aconseja «que el terraplén fuese de buena tierra, limpia y bien pisada... y que en ninguna manera se echase al terraplén de lo que se sacaba del estanque como el holandés lo ordenó...». Tampoco se había previsto el drenaje del muro; así pues, Juan Bautista de Toledo debe ordenar que, además de



Presas de Ontígola. Detalle de uno de los contrafuertes.

los contrafuertes «... estaría bien hacerse en la pared baja algunos respiradores... por donde pueda salir el agua del terrapleno y no se haga reventar la pared por abajo...». Se hacen pues los contrafuertes, aunque de momento sólo en la pared de aguas abajo, y para ello Francisco Sánchez hace un diseño con seis contrafuertes repartidos a una distancia uno del otro de 60 pies. Aunque este diseño se ha perdido, podemos hacernos una idea de las reformas propuestas gracias a las indicaciones que nos proporciona este interesante documento ya citado, del Archivo de Simancas, y que hemos reflejado en la fig. 2. Los contrafuertes estaban rellenos de cal y piedra de mampostería. Es interesante añadir, como rasgo del carácter de Felipe II, cómo este Monarca se jactaba de saber interpretar los planos constructivos: Francisco Sánchez hace notar que si da tantos detalles por escrito es porque su dibujo «no se puede entender por no ser curioso», a lo que el Rey replica en el margen, «yo bien lo entiendo por el rascuño».

Así pues, el 11 de marzo de 1565, se inicia la reparación de la presa, ya de contrafuertes en el muro delantero, pues se pensaba que el muro aguas arriba resistiría con el empuje del agua y de momento no necesitaría estribos. Además se remata la presa con un pretil «según le ha parecido a Juan Bautista de Toledo y Su Majestad lo manda». Se hacen también los orificios de descarga en el muro y se rema-

tan incluso los contrafuertes con unos balconillos.

Al iniciarse el año de 1568 estaban ya casi finalizadas las obras, pero al mismo tiempo empiezan a aparecer grietas en la pared aguas arriba que culminan con el derrumbamiento casi total del muro el 20 de julio de 1568, del que ya hemos hablado. Se evidencia entre los técnicos el desconcierto que este fracaso produce y que atribuyen a las razones más peregrinas, incluso «al viento solano que anduvo aquella noche». Lo que no podían saber, pues la técnica de la época estaba lejos de ello, es que estaban cimentando sobre yeso. Finalmente se decide rehacer de nuevo el muro aguas arriba con los contrafuertes previstos anteriormente, embebidos en el terraplén. La cédula del 5 de diciembre de 1568, que ya hemos comentado anteriormente, proporciona las dimensiones del mismo y sus contrafuertes, lo que permite su reconstrucción (Fig. 3). Allí se recomienda, en sus más mínimos detalles, los tipos de materiales que deben emplearse, sillares engrapados, bien escodados y embetunados, como deben realizarse las mezclas de cal y arena, y todos los detalles constructivos que en un actual pliego de condiciones se especificarán. Con todas precauciones se consiguió finalmente, en 1572, después de vacilaciones, accidentes y múltiples reparaciones llevar a buen término lo que consideramos una de las mayores obras de ingeniería de la época.

10. REPERCUSION DE LA TECNICA CONSTRUCTIVA DE LA PRESA DE ONTIGOLA

La técnica del núcleo de relleno entre dos muros resistentes y el empleo de contrafuertes en las presas, empleado conjuntamente en la de Ontígola, corresponde a dos sistemas estructurales que por su racionalidad constructiva son empleados profusamente en las presas actuales. Sobre todo de las presas de contrafuertes hay numerosos ejemplos en el siglo actual, una vez asimilado el principio funcional del mismo, con arreglo al desarrollo de la resistencia de materiales. Este tipo de presas representa un ahorro de material considerable respecto a las presas de gravedad, lo que las hace interesantes desde el punto de vista económico.

Sin entrar en la discusión de una posible repercusión lejana en el tiempo, sí que es posible encontrar esta técnica en el siglo inmediato a las realizaciones españolas de Ontígola, Granjilla y Trujillo del siglo XVI. Siguiendo de nuevo a Schnitter en los artículos ya citados, se han utilizado por esta época presas con espaldón de tierra en Secunderabad en la India, estableciendo la hipótesis de que este tipo de técnica fue llevado allí por comerciantes españoles que llegaron a los sultanatos del Deccan, como consecuencia de las misiones religiosas y establecimientos comerciales a lo largo de la costa occidental de la India en el siglo XVI. Otra aplicación del espaldón con terraplén sería la mucho más cercana de Ternavasso, construida hacia 1600, a unos 30 km de Turín, con una pantalla resistente reforzada además por medio de contrafuertes en la cara aguas arriba.

Un ejemplo muy similar al de Ontígola, con la parte de fábrica consistente en dos muros de mampostería sin contrafuertes y entre ellos un delgado núcleo de arcilla, perteneció al conjunto de embalses que alrededor de 1680 hizo Luis XIV para alimentar las numerosas fuentes de los jardines de Versalles. Sin embargo, la ausencia de contrafuertes hace este sistema más bien peligroso en caso de desembalse rápido, estando pues, de acuerdo totalmente con SCHNITTER, ya que esta fue posiblemente una de las causas del hundimiento de la presa de Ontígola, antes de recurrir al empleo de contrafuertes.

En el siglo XVIII es posible encontrar ya varios ejemplos de presas españolas con una elaboración estructural muy desarrollada. Son especialmente notables las del noble vasco PEDRO BERNARDO VILLARREAL DE BERRIZ, quien las expuso en un libro en el que da además las bases empíricas de su diseño (24). La más importante de ellas es la presa de Bedia con cinco arcos escarzanos entre contrafuertes muy similar a la romana de Esparragalejo (25). Por otra parte, cercanas a Mérida se desarrollan una serie de presas estructuralmente cercanas a la de Ontígola, en lo que a los contrafuertes y muro se refiere, imitando también la de Trujillo. La técnica española pasa a Méjico, donde en este siglo XVIII existen las presas de contrafuertes de Olla (entre 1742 y 1749), cercana a Guanajuato, y otras dos cercanas a la localidad de Aguascalientes. Finalmente, señalaremos como caso curioso la presa de Gasco empezada en 1787 por el ingeniero francés Charles Lemaury, que pretendía alcanzar la insólita altura para la época de 87 m; situada a unos 30 km de Madrid, su estructura estaba compuesta por unos contrafuertes interiores entre dos muros, dejando espacios que se rellenaban de tierra. Este peculiar modo constructivo causó su derrumbamiento debido a la presión de la tierra interior húmeda, durante un fuerte temporal ocurrido en mayo de 1799, lo que recuerda de alguna forma el primer desplome del muro de Ontígola en 1565.

11. CARACTERISTICAS ARTISTICAS Y ESTETICAS DE LA PRESA Y EL EMBALSE DE ONTIGOLA

En primer lugar, creemos importante señalar que en el siglo XVI en España aún no se habían separado de la misma persona, ni profesional, ni académicamente, las funciones de la arquitectura y la ingeniería, pudiendo ocurrir que los más cualificados fueran especialistas en ambos campos del saber. En Italia era distinto, pues la conciencia profesional y los objetivos cualitativos habían formulado ya dos mundos distintos, si bien, al igual que en España, los grandes maestros que trataban de imitar en su formación las cualidades que señalaban Vitruvio, Alberti, Serlio o Viñola para un buen arquitecto e ingeniero, precisaban tener los mayores co-

nocimientos posibles, tanto en la rama artística y literaria como en la rama científica y técnica con una amplia base geométrica y matemática. Su ideal era llegar a ser auténticos «hombres nuevos» del humanismo. Tal fue el caso de algunos de los artífices que estuvieron activos en la dirección de las obras de Aranjuez, y concretamente de la presa de Ontígola, como Juan Bautista de Toledo, Jerónimo Gili y Juan de Herrera.

Por esta razón, en toda obra de ingeniería del Renacimiento es preciso valorar junto a su técnica, su estética. Además y con especial significación, se debe situar en lugar preeminente al patrono de todo el proceso, al Rey Felipe II, quien a partir de 1560, con la incorporación a la corte de Juan Bautista de Toledo, va a proseguir ambos fines para las obras de la Corona — el estético y el técnico — convirtiéndose personalmente en uno de los más importantes mecenas de las nuevas ideas del clasicismo manierista, cuyo introductor en España fue Juan Bautista de Toledo (26). En particular estas ideas se llevaron a cabo en Aranjuez, donde una gran extensión de jardines recortados en formas geométricas, configuraban un mundo verde a imagen del universo cósmico que regía entonces la monarquía filipina. Una extensa red de canales y lagos artificiales regaba todo y obligaba a la naturaleza a mostrarse generosa. En estos planos de agua se celebrarían las *naumachia*, los festejos náuticos y las batallas navales que conmemoraban los triunfos de la corona.

Solamente en este contexto se puede entender la construcción del embalse de Ontígola y su inclusión en el programa simbólico ideado para la vega de Aranjuez es indudable.

A su carácter estrictamente hidráulico, como regulador de volúmenes de agua con fines económicos y de regadío, hay que unir los logros técnicos alcanzados por un excelente equipo de artífices de la corona española.

Analizada la presa individualmente desde el punto de vista estético y en función del conjunto del Real Sitio de Aranjuez, su importancia es notable. En primer lugar, sus realizadores se preocuparon insistentemente por conseguir en sus aspectos constructivos características artísticas de las que resultaran valores estéticos, co-

mo por ejemplo, el cuidadoso tratamiento de los tamaños y formas de los sillares, se procura un desarrollo equilibrado de los taludes de los muros de contención y la construcción esmerada de pretilos y antepechos. Los contrafuertes se ordena que se hagan «como conviene sin que haya fealdad ninguna» y que resulten a distancias iguales, creando un ritmo armónico que rompa la monotonía de una pared lisa. Incluso se mandan revocar los muros de sillería, sin duda buscando su pulcritud y una armonía en el paisaje. Pero también se añaden elementos arquitectónicos y decorativos, como los ya citados pretilos y antepechos, que junto con varios balconillos que se mandaron hacer sobre los contrafuertes, permitirían no sólo disfrutar desde ellos del paisaje y de la naturaleza, sino también presenciar las diversas fiestas acuáticas y batallas navales que se desarrollaron en la superficie del estanque.

Ontígola, «la mar de Ontígola», fue mucho más que un alarde de ingeniería técnicamente revolucionario en su época, resuelto con una acabada forma estética. Fue sobre todo un lugar bucólico y de recreo para el Monarca, con diversas aves acuáticas e islas artificiales, enmarcado en el inmenso jardín artificial de Aranjuez, a imagen de los jardines de las villas italianas del renacimiento, inspiradas a su vez en los textos clásicos. Simboliza el poderío intelectual y político de Felipe II, llevado a cabo por hombres como Juan Bautista de Toledo, Jerónimo Gili y Juan de Herrera, en sus aspectos prácticos.

12. CONCLUSION

Hemos querido poner de manifiesto el interés que tiene la presa de Ontígola en los más variados campos, tanto en el histórico como en el artístico y en el técnico. Por la importancia de los arquitectos e ingenieros que intervinieron en la obra y el interés que en ella tuvo Felipe II, debiera constituir para nosotros un importante monumento artístico, histórico y técnico. Para este trabajo nos hemos basado principalmente en documentos contemporáneos a la obra del siglo XVI y para completarlo hubiera sido preciso un estudio más profundo de la obra «in situ», así como de las modificaciones que

se han realizado en la misma hasta nuestros días. Todo ello no puede hacerse más que con la colaboración de los organismos competentes, empleando los medios técnicos de que disponen para un estudio global de esta importante estructura hidráulica del siglo XVI y para su restauración posterior. Nos unimos en esta petición a los deseos ya expresados repetidamente en este sentido por los señores García-Diego y Díaz Marta y esperamos haber contribuido con este trabajo a despertar la curiosidad y el estímulo hacia la revalorización de un monumento actualmente en un lamentable estado de abandono.

REFERENCIAS

1. RIVERA BLANCO, JAVIER: *Juan Bautista de Toledo y Felipe II. La implantación del Clasicismo en España*, Valladolid 1984.
2. Hay una numerosa bibliografía sobre el territorio de Aranjuez y la Encomienda. Entre ella, citaremos:
ALVAREZ QUINDOS Y BAENA, JUAN ANTONIO: *Descripción histórica del Real Bosque y Casa de Aranjuez*, Madrid 1804.
JUNQUERA DE VEGA, PAULINA Y RUIZ ALCON, TERESA: *Guía Ilustrada del Real Palacio de Aranjuez*, Madrid 1958.
MARTIN GONZALEZ, JUAN JOSE: «El Palacio de Aranjuez en el siglo XVI», AEA. T. XXXV, n.º 139, 1962, p. 237 y ss.
OLIVERAS GUART, ANGEL: *Guía de Aranjuez. Historia, palacios-museos y jardines*, Madrid 1977.
RIVERA BLANCO, JAVIER, *Ob. cit.*
3. MARTIN GONZALEZ, J. J., art. cit., p. 237.
4. Archivo General de Palacio. Madrid: *Sección Administrativa*. Títulos de Propiedad. Leg. 3, n.º 3, sección 7.ª Cédula Real.
5. RIVERA, J., *Ob. cit.*
6. LLAGUNO y CEAN BERMUDEZ: *Noticias de los arquitectos y de la arquitectura en España*, Madrid 1829, t. II, pp. 161-2.
7. La documentación referente al desarrollo de la presa de Ontígola, de la que hemos extractado las noticias referentes a la misma que se mencionan a lo largo de este artículo, se encuentran en el Archivo General de Simancas. Sección Casas y Sitios Reales, Legs. 251, 252 y 253.
8. RIVERA, J., *Ob. cit.*
9. Sobre ello, véase RIVERA, J., *Ob. cit.*

10. LLAGUNO y CEAN BERMUDEZ, *Ob. cit.*, tom. II, p. 132. En la página 276, se copia parte de la Cédula del 19 de diciembre de 1568, en la que Herrera se limita a suprimir algunas cosas superfluas de la presa.
11. *Idem.*
12. SMITH, NORMAN A. F.: *La Herencia de las Presas Española*, Madrid 1970.
13. Entre otros pueden citarse los comentarios de N. J. SCHNITTER al «Estudio de la Presa de Consuegra», coordinado por J. A. GARCIA-DIEGO. *Rev. de Obras Públicas*, julio, agosto y septiembre de 1983 y marzo de 1984.
14. *Idem.* Comentario de NICOLAS GARCIA TAPIA.
15. FERNANDEZ CASADO, CARLOS: *Ingeniería Hidráulica Romana*, Madrid 1983.
16. *Idem.* Comentario al «Estudio de la presa de Consuegra», *Ob. cit.*
17. SCHNITTER, N. J.: «The evolution of buttress dams». *Water Power & Dam Construction*, junio 1984.
18. Comentarios al «Estudio de la presa de Consuegra», *Ob. cit.*
19. DIAZ MARTA, M. y GARCIA-DIEGO, J. A.: Comentarios al artículo «Don Pedro Bernardo Villarreal de Beriz y sus presas de contrafuertes». *Revista de Obras Públicas*, marzo 1972.
20. GARCIA-DIEGO, J. A.: *Las presas antiguas de Extremadura*. Badajoz 1979. Traducción de History of Technology. Londres 1977.
21. Sobre la atribución de «Los veintinueve libros de los ingenios y de las máquinas» a P. J. LASTANOSA, véanse los artículos de Nicolás García Tapia en la *Rev. «Técnica Industrial»* n.º 173 y en el *Boletín del Departamento de Arte y Arqueología de la Universidad de Valladolid*, 1984.
22. GARCIA-DIEGO, J. A.: *El capítulo de azudes del código de Juanelo Turriano, con una referencia a la atribución*. Technology and Culture, 1976, traducción 1982.
23. Las citas de este apartado corresponden a los legajos ya citados del Archivo General de Simancas.
24. VILLARREAL DE BERRIZ, P. B.: *Máquinas hidráulicas de molinos y herrerías y gobierno de los árboles y montes de Vizcaya*, Madrid 1973. Edición facsimilar de una de 1736.
25. GARCIA-DIEGO, J. A.: «Don Pedro Bernardo Villarreal de Berriz y sus presas de contrafuertes». *Revista de Obras Públicas*, agosto 1971.
26. Véase la aplicación de estas ideas para las Obras Reales de la Casa de Austria en el libro ya citado de Javier Rivera.