

El ingenio de Juanelo Turriano

Conocido como el “Arquímedes renacentista”, Juanelo Turriano fue el creador de una de las mayores obras de la ingeniería hidráulica del Renacimiento español: el Artificio de Toledo

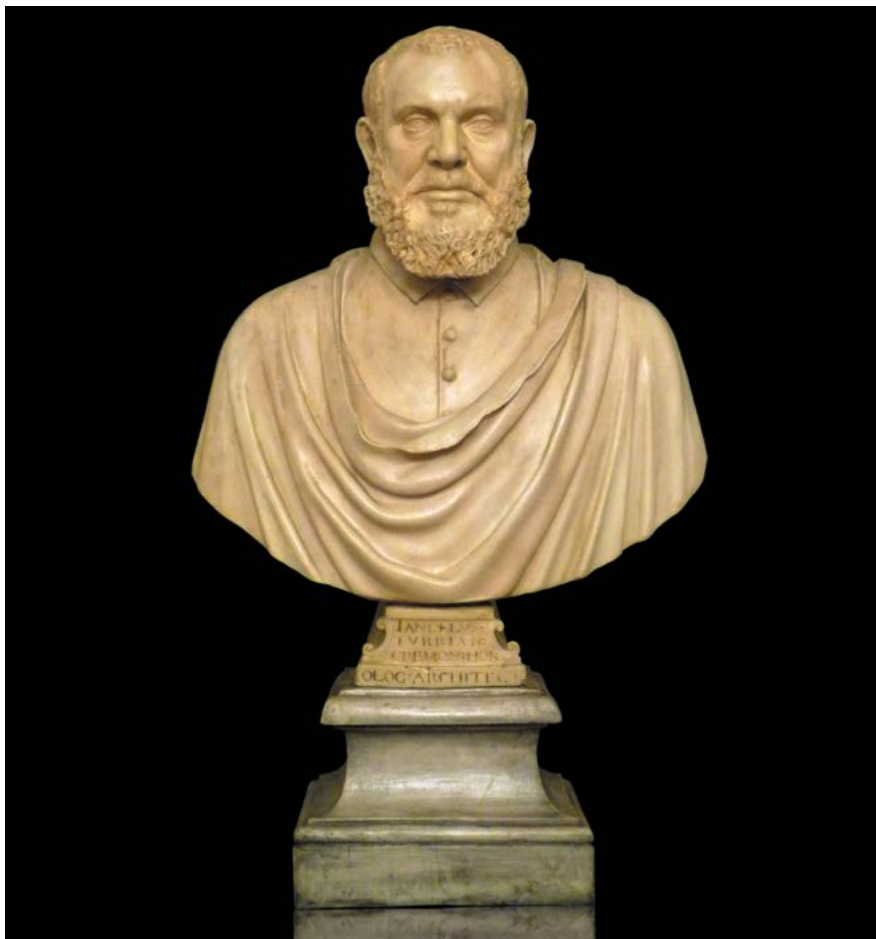
Rosa Lerma y Laura Álvaro

El 28 de septiembre de 1556 desembarcaba en Laredo (Cantabria) una comitiva imperial compuesta por 150 personas tras haber partido, apenas dos semanas antes, desde el puerto de Flessinga (Holanda). El cortejo, encabezado por Carlos I de España (V del Sacro Imperio Romano), contaba con la presencia, entre sus tripulantes, del que sería el creador de una de las mayores obras de la ingeniería hidráulica del Renacimiento y de la historia de la humanidad, Giovanni Torresani (Juanelo Turriano).

Originario de Cremona, en la región de Lombardía, Turriano (1500-1585) tuvo desde pequeño una estrecha relación con el agua y su posible explotación, debido a que su familia era propietaria de dos molinos sobre el río Po. Sin embargo, sería del mecenazgo de Giorgio Fondulo, físico, médico, filósofo, matemático, astrólogo y profesor en la Universidad de Pavia; de quién asumiría la pasión por la ingeniería, las matemáticas y la astrología.

Ya en el 1529, Turriano era un reconocido *magíster* relojero de Cremona, año en el que restauró, para la ciudad, el reloj del Torrazzo. Pero no sería hasta 10 años después cuando, tras trasladarse a Milán, entraría en contacto con la órbita de la corte imperial de Carlos V, al cual conoció personalmente años después en Worms.

Tanta era su fama que Alfonso de Ávalos, gobernador de Milán, le encargó poner en marcha el artefacto astronómico medieval más famoso, diseñado por Giovanni de Dondi en 1348, y que se conservaba en el castillo de Pavia, el Astrario. En esta construcción, que sería un regalo para el emperador, Turriano deja clara su maestría creando un reloj mecánico nuevo superior al diseñado por Dondi, y al que el mismo monarca le pondría el nombre de Planetario. Formado por más de 1.800 piezas y tres muelles que él mismo elaboró a mano, este reloj mostraba las ocho esferas planetarias, marcaba las horas, tanto lunares como solares, y estaba



Busto de Juanelo Turriano. Fuente: Fundación Juanelo Turriano.

decorado con los signos del zodiaco y las estrellas.

Carlos V quedó tan impresionado que le concede una pensión anual de 150 ducados y le encarga una segunda pieza de relojería. El Cristalino, que es como se denominó al nuevo reloj, dejó boquiabiertos a quienes tuvieron la oportunidad de contemplar su esfera de metal cubierta por cristal, que mostraba un zodiaco móvil, y que se convirtió en la comidilla de todas las cortes europeas.

“Alto y abultado de cuerpo, de poca conversación y mucho estudio”, como lo describiría Esteban Garibay, amigo y cronista oficial de Felipe II, Turriano se convirtió gracias a sus creaciones en una de las personas indispensables

del monarca Carlos V hasta el día de su muerte en 1558, tras la cual su hijo, Felipe II, lo nombró Matemático Mayor.

Su obra no solo tuvo eco por toda la geografía italiana, en Mantua, Venecia, Florencia o Roma; sino que también dejó huella en otras tantas localidades españolas, como Yuste, el Escorial o Toledo, ciudad que fue testigo de su obra maestra y que le vio morir, en 1585, en la más absoluta pobreza.

Conocido como el *Arquímedes renacentista*, los más de 20 años que vivió en España le sirvieron para conocer y simpatizar con ingenieros y arquitectos de la talla de Juan de Herrera, quien lo introdujo en algunas de las obras más importantes que se llevaron a cabo du-



Maqueta del *Artificio de Toledo*. Fuente: Fundación Juanelo Turriano.

rante el reinado de Felipe II. Una de ellas fue la del Monasterio del Escorial, donde su experiencia en la construcción de máquinas fue indispensable para el diseño de grúas y de más ingenios utilizados por Herrera para la construcción del edificio. Actualmente, todavía se puede admirar el sello personal de Turriano en los campanarios de la Basílica del Monasterio, diseñados por él mismo.

El autómatas de Toledo

Cerca de la Catedral de Santa María de Toledo se encuentra una calle cuyo nombre rememora al que pudo ser el precursor de los robots actuales: el Hombre de Palo. Por los apenas 100 metros que la componen cuenta la leyenda que, hace casi 500 años, paseaba un autómatas de madera que tenía como misión recoger limosnas.

Dependiendo de quién cuente esta historia, el curioso hombre podría haber recorrido las calles de Toledo aledañas a la Catedral, e incluso llegar más lejos, en busca de donaciones. Existen versiones de algunos cronistas que le atribuyen la propiedad de hacer reverencias o emitir sonidos. Las menos optimistas cuentan que, en realidad, permaneció quieto en dicha calle día tras día, a la espera de recibir alguna ofrenda para que el propio Turriano y su familia pudiesen sobrevivir a la pobreza.

Pero este Hombre de Palo tiene varios predecesores que nacieron, también, de las manos y el talento de este relojero e ingeniero. Durante su estancia en el Monasterio de Yuste junto al monarca Carlos V, construyó diferentes autómatas para la diversión y distracción

del Rey y de su corte, quienes valoraban profundamente dichos artífices.

Entre las hipótesis del porqué no ha sobrevivido ningún dibujo o boceto que explique el funcionamiento de dichas creaciones, se encuentran las que culpan de ello a la Santa Inquisición. Al parecer, los inventos móviles de Turriano no eran del agrado de esta institución, que los comparaban con el "golem" judío. Fuere como fuere, desafortunadamente a día de hoy no quedan escritos fidedignos que muestren la maquinaria de la que estaban compuestos dichos Hombres de Palo, solo leyendas y suposiciones sobre su funcionamiento; así como cuadros que reflejan su existencia.

El Artificio de Juanelo y otros artífices

Si relacionamos a Turriano con la ingeniería, es importante indicar que sus obras más brillantes fueron gracias a sus conocimientos hidráulicos, participando en algunos de los proyectos de obras, en esta área, más relevantes de la segunda mitad del siglo XV español. A pesar de que su invención más prodigiosa fuera el Artificio de Toledo, que comentaremos más adelante, no podemos olvidar que Turriano asesoró durante años a los ingenieros del Rey en la construcción de presas y canales cuando las obras presentaban problemas orográficos que en un primer momento parecían insalvables.

Juanelo también aportó la solución a los impedimentos geológicos para la construcción del azud en la Acequia Real del Jarama. La propuesta consistía en rellenar las oquedades y cavernas

propias de terrenos que son muy permeables con materiales de albañilería. De igual forma sucedió cuando encontró la solución a los corrimientos de tierra que ocurrieron durante la construcción de la Acequia de Colmenar de Oreja.

Tal era su reputación que, cinco años antes de su muerte, contaron con su astucia ante los problemas planteados en la ejecución de la presa de Tibi, cuya construcción puso en regadío 3000 hectáreas de la huerta de Alicante. Como resultado se obtuvo una presa con una novedosa planta en curva tipo gravedad-arco y un talud, aguas arriba, casi vertical con un perfil escalonado, aguas abajo. La altura del muro, unos 43 metros desde el fondo hasta la coronación, supuso la mayor del mundo, y hubo que esperar mucho tiempo a que fuera superada, algo que ocurriría en las construcciones de las grandes presas durante el período ilustrado, allá por los años centrales del siglo XVIII.

Pero si por algo se conoce a Juanelo Turriano es por su directa relación con la ciudad de Toledo. El desnivel existente en el río Tajo a su paso por la ciudad castellano-manchega es de casi 100 metros, por lo que era necesario un invento que contrarrestara este importante problema. Ingenieros alemanes y flamencos fracasaban al intentar salvar mediante máquinas esa inclinación reinante entre el Alcázar de Toledo y el Tajo.

Para poder explicar y demostrar el invento de Juanelo, conviene aclarar que no se conservan apenas rastros de estos artífices, ya que fueron desmantelados alrededor de 1640. Tampoco se conservan los planos de estos proyectos, por lo que es muy difícil saber exactamente qué y cómo sucedió, ya que el único legado de los ingenios que podemos tener es el elogio de escritores, viajeros y demás contemporáneos de Juanelo que incluyeron descripciones y citas indirectas en sus escritos. En realidad, se trata de una ardua tarea la de explicar este artificio, en torno a la cual se sostienen varias teorías.

Se cree que fue alrededor de 1565 cuando Juanelo se instaló de forma definitiva en Toledo y lo hizo para la construcción de sus famosos ingenios. Hasta ese momento residía y trabajaba en Madrid, al servicio de Felipe II. Según la Fundación Juanelo Turriano, terminó dicho ingenio en 1569 para realizar otro segundo entre 1575 y 1581.



Carlos V en Yuste. Miguel Jadraque y Sánchez de Ocaña (1840-1919). En esta recreación, cinco frailes dominicos observan las evoluciones de dos autómatas.

Al parecer, Turriano expuso su propuesta de trasvase a presión atmosférica, diseñada a su costa, y que solo le sería abonada si cumplía con las expectativas que se habían redactado en el contrato.

De las pocas pruebas que constan sobre este artificio, el más importante pertenece al propio Turriano, según el testimonio de su amigo Ambrosio de Morales, que al parecer no vio los artificios, pero sí la pequeña maqueta que Juanelo construyó para convencer al pueblo de la validez de su idea. Posteriormente, el ingeniero de minas Don Luis de la Escosura y Morrogh le intentó dar una explicación, allá por el año 1880, siendo la primera persona en enfrentarse a dicho reto. Sin embargo, contaba con algunas diferencias respecto a la descripción de Morales, correspondiendo la idea de este ingeniero con un sistema de plano inclinado, de pendiente continua, a través del cual se elevaba el agua desde el río Tajo hasta el Alcázar, constituyendo así la primera de las dos teorías vigentes acerca del funcionamiento de las máquinas.

La hipótesis más acertada y compartida por la Fundación Juanelo Turriano fue la pronunciada por el conocido investigador D. Ladislao Reti, que se interesó por la teoría anterior y decidió hacer un estudio más crítico. La presentó en una conferencia en Toledo en 1967,

donde incluso contó con una maqueta elaborada por el artesano D. Juan Luis Peces Ventas, en la que se incluían todas las conclusiones a las que había llegado Ladislao. En resumen, la teoría de Reti sobre el famoso artificio de Juanelo, consistía en un sistema vertical, inspirado en estos torreones de cucharones que elevaban el agua de forma escalonada: el agua ascendía a lo largo de la torre gracias al movimiento del vaivén de las cucharas para luego ser transportada mediante conducciones de latón de una torre a la siguiente. Pudo apoyar su teoría en diversos grabados de la época que ejemplificaban esa elevación realizada de forma escalonada.

Según la Fundación Juanelo Turriano, el funcionamiento del Artificio se realizaba en dos etapas: la primera estaba compuesta por una rueda hidráulica que movía una cadena de cangilones para elevar el agua 14 metros hasta un primer depósito. Es un sistema ampliamente conocido utilizado desde épocas anteriores. Aun así, el primer problema mecánico consistía en la conversión del movimiento circular continuo de la rueda motriz en otro oscilante rectilíneo ejecutado por los tirantes y forzantes.

La segunda etapa estaba constituida por las torres de cazos oscilantes que vierten el agua de uno para conseguir sucesivos incrementos de elevación. Los tirantes y forzantes describen una tra-

El Artificio estaba inspirado en torreones de cucharones que elevaban el agua de forma escalonada

yectoria quebrada siguiendo el perfil del terreno. En la base de cada torre transmiten su movimiento a un mecanismo que lo convierte en oscilante vertical moviendo los cazos arriba y abajo. Además, introduce una pausa para permitir la descarga del agua de los cazos. Este mecanismo también transmite dicho movimiento general oscilante al siguiente módulo de tirantes y forzantes ajustándose, cuando es necesario, a los cambios de pendiente. El contrapeso actúa sobre una leva para asegurar la completa parada de los cazos cuando sobre ellos no actúa el mecanismo de tirantes y forzantes por la intencionada holgura del mecanismo de transmisión. La pieza de cierre de la parte superior de las torres es fundamental para el funcionamiento eficiente del mecanismo de cazos oscilantes.

Las pruebas de funcionamiento del Artificio realizadas en 1569 permitieron comprobar que el caudal de agua suministrada era de más de 18.000 litros al día, superior en un 50% a lo estipulado en el contrato firmado entre un representante de Felipe II, la ciudad de Toledo y Juanelo Turriano. Con lo que las expectativas estaban más que superadas, pero la ciudad de Toledo no pagó a Turriano por este ingenio, lo que unido al coste de mantenimiento, hizo que Juanelo muriera arruinado.

Juanelo falleció en 1585, pero fue en torno a 1604 cuando los artificios comenzaron a fallar, deteniéndose definitivamente en 1617. Los últimos restos de la obra civil fueron volados en 1868.

En definitiva, la construcción del Artificio en Toledo causó una gran sensación, ya que hasta entonces nada parecido se había hecho en el mundo. Durante bastantes años sería una visita obligada para los viajeros que pasaban por Toledo y, de hecho, los ilustres de la época la incluyeron entre sus escritos.

Como dijo Quevedo en su romance 75, dejando huella en la historia de este gran ingeniero tan ilustre en su campo y tan poco conocido, "solo pudo mecer el agua Juanelo como si fueran columpios".