



[www.artificiodejuanelo.org](http://www.artificiodejuanelo.org)

**Las principales obras hidráulicas europeas previas a la máquina de vapor. Marly en Versailles, La Samaritaine de París, las bombas de Peter Morice en Londres y los Artificios del agua de Juanelo Turriano en Toledo.**

Xavier Jufre Garcia.

Ingeniero Industrial. Asociación Artificio de Juanelo. [artificio@artificiodejuanelo.org](mailto:artificio@artificiodejuanelo.org)

---

**Resumen:**

Las obras hidráulicas Europeas más conocidas y divulgadas previas a la era del vapor y posteriores al imperio romano, son sin duda Marly en Versailles, La Samaritaine en París y las bombas de Londres.

Está documentada la existencia en el s. XVI, de una obra mecánica excepcional, considerada en muchos casos la principal infraestructura hidráulica Europea del Renacimiento, los artificios del agua de Toledo, diseñados y construidos por Juanelo Turriano. El primero de los dos artificios que existieron entró en funcionamiento el 1569, siendo ambos definitivamente desmantelados en 1640.

Nunca se ha conocido con certeza como era un artificio, pero gracias a descripciones y citas indirectas de cronistas y viajeros, se han elaborado varias conjeturas.

La comunicación sitúa los Artificios en la historia de la hidráulica, presenta sus prestaciones y soluciones mecánicas frente a las principales infraestructuras europeas más populares, y finalmente valoriza la conjetura más reciente: «*Modelo con escaleras de Valturio*», descrita en profundidad en el libro editado en diciembre de 2008 bajo el patrocinio de la Fundación Juanelo Turriano, el Col·legi Superior d'Enginyers Industrials de Catalunya, y la Universitat de Lleida. Presentada también en el dominio web [www.artificiodejuanelo.org](http://www.artificiodejuanelo.org).

Palabras clave: Juanelo, Ayanz, Marly, Samaritaine, Morice

**Abstract:**

The most known and publicized water works in Europe prior to the steam age and after the Roman Empire, are Marly in Versailles, La Samaritaine in Paris and the London bombs. To these must be added the waterworks of Toledo, designed and built by Juanelo Turriano (1569-1640). Only known by descriptions and indirect quotes of chroniclers and travelers, several conjectures have been elaborated, valuing in the communication the «*Model with stairs of Valturio*».

Keywords: Juanelo, Ayanz, Marly, Samaritaine, Morice

## 1. Las bombas de Peter Morice en Londres 1582.

La ciudad de Londres se ha extendido junto el Támesis des de los tiempos antiguos. En la edad media ubicada en la orilla norte con el río ejerciendo las funciones de barrera natural, tan solo sorteada por un único puente de madera. En 1176 se sustituye por una nueva construcción de piedra que se finaliza en 1209, de unos 290 metros de longitud descansando sobre 19 arcos.

El Londres medieval se abastecía del Támesis y de las aguas freáticas del subsuelo, accesibles fácilmente con pozos de poca profundidad. El aumento de población en la ciudad asociado al vertido indiscriminado de residuos y aguas fecales, contaminan estos recursos hídricos favoreciendo la aparición de enfermedades y un ambiente insalubre generalizado.

A mediados del s. XIII, numerosos manantiales extramuros de aguas limpias, son conducidos a la ciudad. El paso del agua por las calles de la ciudad se realiza en conducciones que se ramifican y disponen de depósitos en sus puntos terminales, donde se instalan grifos para repartir agua de manera gratuita entre la población.

Con el paso del tiempo, se incorporan a los recorridos de los conductos, picages de agua para abastecer a particulares que pagan por este servicio.

El consumo de agua crece sin parar y aparecen las primeras restricciones de suministro para diversas industrias artesanales, que además deberán también abonar ciertas tasas municipales según su consumo, básicamente cerveceros, pescaderos y todo el gremio de la transformación alimentaria. A partir de este momento se hace necesario disponer de un servicio de vigilancia en toda esta red de distribución para evitar hurtos y vandalismo.

Paralelamente al sistema de abastecimiento de agua de la ciudad existen los aguadores, agrupados en gremios llegaron a ser unos 4.000 a finales del s.XVI. Su actividad consistía en transportar agua desde las fuentes de la ciudad o directamente del Támesis, a particulares y actividades que la requieran.

El crecimiento de la población en Londres fue tan desmesurado y la previsión municipal tan escasa, que eran frecuentes a mediados del s. XV altercados entre aguadores, peleándose por conseguir agua de las fuentes para sus clientes y no utilizar la del Támesis, muy contaminada y peor pagada.

En este entorno aparece Peter Morice, ingeniero holandés que ofreció a la ciudad un ingenio capaz de elevar agua desde el Támesis, y sin la intervención de aguadores, ponerla a disposición de los clientes.

Para este fin, solicita en 1580 permiso para instalarse bajo el arco del puente de Londres más cercano a la orilla donde se ubican la mayor parte de los cerveceros, manipuladores de pescado e industria de ribera con una fuerte demanda de agua, que obtenían mediante aguadores o picages a las conducciones municipales ya muy sobreexplotadas.

Tras una demostración de las capacidades del ingenio hidráulico ante las autoridades londinenses, Peter Morice consigue un contrato de alquiler para establecer su máquina bajo un arco próximo a la orilla del puente de Londres. Poco tiempo más tarde, también es autorizado a ocupar un segundo y tercer arco.

El ingenio hidráulico está finalizado en 1582, y se mantiene operativo obteniendo beneficios económicos por la venta de agua hasta 1666, en que todo Londres arde en un gran incendio que significa el final de la ciudad medieval de calles angostas y casas de madera densamente hacinadas. La maquinaria de Peter Morice, de madera y conductos de plomo es una víctima más del fuego, quedando completamente destruida.

Gracias a un grabado de John Bate realizado en 1635, se conocen algunos detalles constructivos de las bombas.

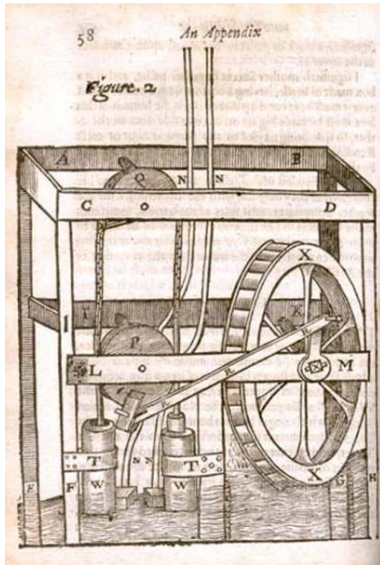


Figura 1. Bomba de Londres

Se observa un conjunto de 2 bombas de émbolo o ctesíficas, movidas por una rueda hidráulica impulsada por el cauce del río. Dispone de un sistema de transmisión biela-manivela para transformar el movimiento rotatorio de la rueda hidráulica en un movimiento lineal de vaivén, necesario para accionar las bombas de émbolo.

Se estiman las prestaciones hidráulicas del bombeo en una presión cercana a los 2 bar y un volumen de agua trasegado de unos centenares de m<sup>3</sup>/día.

La presión se valora gracias a la demostración hecha ante las autoridades, en que un chorro de agua logra superar la torre de la iglesia más cercana (Garnet 1922).

Al no existir aforos documentados, la estimación de caudal se basa en la tecnología existente en la época y sus limitaciones, tanto por lo que se refiere a materiales utilizados «básicamente madera», holguras y precisiones en la elaboración de las distintas piezas y en las posibles cadencias conseguidas con una rueda hidráulica parecida a la del grabado de John Bate.

Un nieto de Peter Morice construye un nuevo sistema de bombeo que continuará con mejores prestaciones el abastecimiento de agua interrumpido por el incendio de 1666, y que queda descrito en el grado de 1731 realizado por Henry Beighton. Consiste una evidencia de que la actividad había sido económicamente rentable.

## 2. La Samaritaine de París 1608

El abastecimiento de agua del París del siglo XVII era precario. Mayoritariamente provenía de manantiales que ofrecían agua a los ciudadanos en fuentes públicas, pero no alcanzaba a cubrir la demanda existente, haciéndose necesario el suministro con aguadores que cargaban sus cubos en un río Sena fuertemente contaminado de desperdicios y aguas fecales de la ciudad.

El monarca Enrique IV y la reina María de Médicis en época de Luis XIII, intentan poner remedio a esta situación a inicios del s. XVII, con la construcción del acueducto de Arcueil (1613-162), y promoviendo la construcción de instalaciones de bombeo en el cauce del Sena.

El acueducto de Arcueil construido sobre las ruinas del antiguo acueducto romano de Rungis, aportaba a la ciudad unos 300m<sup>3</sup>/día de agua (Pascal 1996), mediante fuentes públicas cerca del

observatorio de París, aunque una proporción no determinada de este volumen se derivaba al suministro de agua del palacio real de Luxemburgo, actual sede del senado francés.

La primera instalación de bombeo Parisina fue conocida como La Samaritaine. Entro en funcionamiento el 1608 bajo los arcos del Pont Neuf, con el objetivo de suministrar agua del Sena principalmente a la población, los palacios del Louvre y las Tullerías con sus jardines.

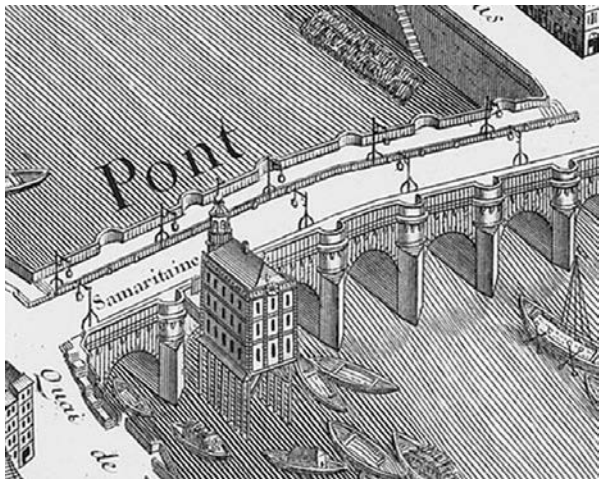


Figura 2. La Samaritaine

El nombre de Samaritaine era debido al edificio que coronaba el bombeo sobre el puente, y donde vivían los mantenedores del ingenio. La fachada estaba decorada con un reloj carrillón y diversos motivos escultóricos, destacando el conjunto que evocaba el encuentro bíblico de Jesús con la samaritana, que terminó por dar nombre a la instalación.

El ingeniero Flamenco Gener Lintlaër, diseñó un conjunto de 4 bombas de émbolo en dos grupos de 2 unidades sumergidas en el Sena, accionadas por una rueda hidráulica movida por el río y ubicada bajo el segundo arco del recién inaugurado Pont-Neuf, (el primer puente de piedra de París. Considerado en su momento innovador por no estar ocupado por viviendas y disponer de grandes aceras para el paseo de los ciudadanos).

Las prestaciones hidráulicas de la Samaritaine se estiman en:

Presión de elevación próxima a 2 bar, necesaria para abastecer el Louvre y las Tullerías según su ubicación geográfica, y considerando también la tecnología y materiales usados en la época, que no permitía mecanizar piezas con tolerancias y holguras resistentes a presiones elevadas.

Caudal próximo a los 500 m<sup>3</sup>/día (Pascal 1996). En 1670 la población de París cercana a los 500.000 habitantes, con los acueductos y bombeos de nueva construcción, disponía de una media de 6 litros/habitante.día, 6 veces superior a la existente un siglo antes.

Todo el conjunto se encontraba firmemente sustentado por una estructura de pilotes de madera inseridos en el cauce del río, tal y como se puede observar en el plano de París de Michel-Étienne Turgot de 1739, y en los croquis del arquitecto Robert de Cotte con motivo de las reparaciones realizadas durante el s. XVIII, que se conservan en la Biblioteca Nacional de París. En 1715 se sustituyen las bombas originales y en 1772 se reconstruyen los pilotes de madera que sustentan todo el ingenio.

La Samaritaine es definitivamente desmantelada en 1813. Su recuerdo ha dado nombre a unos grandes almacenes junto al Pont-Neuf, (muy famosos a principios de s. XX), actualmente catalogados y protegidos gracias a su característica arquitectura, aunque permanecen en desuso, pendientes de remodelación.

### 3. La Máquina de Marly 1684

Los jardines del palacio de Versailles fueron diseñados por André Le Nôtre y dotados de unas dimensiones enormes. Su extensión cercana a las 800 hectáreas, contenían de forma diseminada numerosos juegos de agua, fuentes y lagos, con la intención de agradar al monarca Luis XIV.

Desgraciadamente Versailles no disponía de la ingente cantidad de agua requerida por sus jardines, con lo que el ministro y superintendente de finanzas reales Jean Baptiste Colbert se encargó personalmente de resolver tal asunto, confiando en una arriesgada propuesta del barón Arnold de Ville presentada en 1678.

En una ladera junto al río Sena al paso por Marly, en la localidad le Louveciennes a unos 12 km de París, se construyó un ingenio hidráulico capaz de elevar 5.000 m<sup>3</sup>/día de agua a unos 165-170 metros (16 – 17 bar) de altitud, hasta coronar el monte más cercano tras recorrer 2 km de fuertes pendientes.

Desde este punto elevado y por gravedad mediante un acueducto, se conducía el agua hasta los jardines de Versailles, consiguiendo unas prestaciones y elevaciones hidráulicas jamás intentadas hasta el momento.



Figura 3. «Vue de la machine de Marly et de l'aqueduc de Louveciennes». P. Denis Martin le Jeune 1724

El mecánico y artesano Rennequin Sualem fue el encargado de tutelar la obra, que contó con recursos solo al alcance de un rey absolutista como Luis XIV.

Colbert ordenó desviar un tramo del Sena para conseguir un caudal lo más constante posible durante todo el año y alimentar sin variaciones el ingenio.

El corazón de la infraestructura era el primer tramo o máquina de Marly propiamente dicha. Consistía en la elevación del agua del río mediante bombas de émbolo hasta coronar el monte, desde donde el suministro ya fluiría por gravedad utilizando el acueducto de Louveciennes hasta Versailles.

La tecnología del momento no permitía elevar el agua del río en una sola etapa de bombeo, y en Marly se usaron 3 etapas en serie.

Se dotó el proyecto de los siguientes recursos gracias a la intervención real:

17.000 es el número total de soldados que en algún momento a lo largo de la construcción de la máquina, el rey destinó para ejecutar la obra con la máxima celeridad.

8.000 son los operarios que trabajaron en la construcción de la máquina, y 1.800 el número máximo de ellos que intervinieron al mismo tiempo.

100.000 toneladas de madera, 17.000 toneladas de acero y 800 toneladas de plomo además de otros materiales se utilizaron para realizar la obra, acueducto aparte.

La máquina obtenía la energía para su funcionamiento de 14 ruedas hidráulicas de paletas de madera y 12 metros de diámetro, ancladas con pilotes también de madera dentro del cauce del río.

6 de estas ruedas accionaban 56 bombas de embolo de grandes dimensiones, y 6 líneas de «caballetes» de madera.

7 ruedas hidráulicas accionaban 14 líneas de caballetes de madera, a razón de 2 líneas por rueda.

1 última rueda accionaba 8 bombas de embolo de grandes dimensiones.

En total, las 14 ruedas hidráulicas de madera ponían en funcionamiento 64 bombas de émbolo i 20 líneas de caballetes de madera.

Se identifica como «*Línea de caballetes de madera*», a los entramados de piezas que se aprecian en los grabados de la máquina, y que dispuestos de manera continua sobre el terreno, permiten transmitir energía a larga distancia. Esta energía será utilizada para accionar los grupos de bombas que se encontraban ladera arriba.

Aunque este tipo de transmisión está fuertemente penalizado por las pérdidas en fricciones entre piezas, es uno de los pocos sistemas conocidos en el s. XVII para transportar energía, y utilizado con éxito en el sector de la minería de Europa central, como por ejemplo en la región de Clausthal en la Baja Sajonia.

Las 64 bombas de émbolo en el cauce del río, realizaban una primera elevación de 50 m.c.a (5 bar), vertiendo el agua en depósito. En este punto, nuevas bombas de émbolo y utilizando la energía de 12 de las 20 líneas de caballetes, impulsaban de nuevo el agua del depósito venciendo un nuevo desnivel de 60 m.c.a (6 bar). A imagen del segundo tramo de elevación de agua, existía un tercero donde nuevas bombas de émbolo impulsadas por las líneas de caballetes restantes, remontaban un último desnivel de 60 m.c.a más (6 bar), situando el suministro de agua en lo alto de la ladera a pies del acueducto de Louveciennes.

El mantenimiento de la máquina de Marly era endemoniado. Cerca de 60 personas engrasaban y vigilaban el buen funcionamiento del ingenio. La multitud de fricciones entre las piezas móviles de las transmisiones de energía mecanizadas en madera, acaparaban este esfuerzo. Probablemente este factor es el responsable de que la máquina vehiculara unos 3.200 m<sup>3</sup>/día de media, inferior a los 5.000 proyectados.

La máquina de Marly estuvo en funcionamiento 133 años des de su puesta en servicio. En 1817 fue sustituida por un ingenio de vapor de doble efecto tipo Watt de 64 cv de potencia, a su vez sustituido en 1858 por una nueva maquinaria hidráulica impulsada por el Sena, que se detuvo en 1893 debido a la gran contaminación del agua del río. En el año 1900 se activa de nuevo el suministro con bombas centrífugas eléctricas, que se mantienen operativas hasta el 1963, siendo desmantelado definitivamente en 1968.

#### **4. Posibles ingenios de vapor para elevación de agua anteriores al s.XVIII**

Aunque el s.XVII está considerado una etapa de «*revolución científica*», los ingenios de vapor llegarán a la madurez con la patente de máquina de vapor de Thomas Savery (1698) y Thomas Newcomen el 1712. En caso de referirnos a turbinas de vapor, debemos esperar hasta finales de s.XIX con los diseños de Charles Pearson y Gustaf Laval.

Con anterioridad a Savery y Newcomen la tecnología del vapor fue evolucionando de manera coral y con la contribución de diversos técnicos y científicos, pero sin conseguir máquinas operativas.

La evidencia del vacío no se constata hasta el 1654 de la mano de los hemisferios de Magdeburgo con Otto Von Guericke. Denis Papin en 1690 define el calor latente y lo caracteriza respecto del calor sensible. La tecnología del metal no está suficientemente evolucionada para trabajar con holguras, resistencias y la precisión necesarios. Todos estos factores condicionan drásticamente el diseño de una máquina de vapor operativa.

Entre todos los artilugios a vapor anteriores a Savery y Newcomen, destaca el ingenio de vapor de Jerónimo de Ayanz (1606). Parece ser que estaban destinados a desaguar las minas de plata de Guadalcanal, aun así, la explotación de la mina no prosperó.

Aunque se han buscado parecidos entre la máquina de vapor de Savery y Ayanz, estos son básicamente geométricos.

La máquina de Savery realizaba un vacío parcial para conseguir una primera elevación del agua. Posteriormente con la inyección de vapor directo intenta una segunda elevación. Las máquinas de Savery funcionaron aceptablemente con volúmenes de trasego reducidos y elevaciones de agua de pocos metros, básicamente obtenidos en la primera elevación mediante vacío parcial. Al no separar con un pistón el agua a trasegar del vapor que la impulsa, en la segunda elevación de agua se perdían ingentes cantidades de calor en calentar el agua a trasegar hasta el punto que no provocara la condensación de vapor entrante y la correspondiente pérdida de presión (inconveniente derivado de no tener en consideración la existencia del calor latente). Añadiendo las pérdidas de calor por aislamiento deficiente, fugas en conductos..., se estiman unos rendimientos de la máquina de Savery inferiores al 2%.

El diseño de Jerónimo de Ayanz es el equivalente a la segunda elevación de la máquina de Savery con todos sus defectos, probablemente magnificados por la capacidad de los artesanos constructores coetáneos y la técnica de principios de s.XVII, (100 años anterior a Savery y Newcomen). El ingenio de Ayanz se muestra inoperativo y encuentra más parecidos técnicos con la eolípila de Herón de Alejandría, que con la máquina de Savery.

No puede incluirse el ingenio de Jerónimo de Ayanz en la lista de infraestructuras hidráulicas más destacadas del Renacimiento europeo, ni entre las previas a la era del vapor tal y como lo conocemos actualmente.

## **5. Los Artificios de Juanelo 1569**

Las 3 infraestructuras hidráulicas de elevación de agua más famosas de la edad moderna hasta la llegada de la máquina de vapor de Thomas Newcomen son, las bombas de Londres de Peter Morice (1582), La Samaritaine de París (1608) y la máquina de Marly de Versailles (1684). Todas ellas basadas en la utilización de bombas de émbolo, y en particular la máquina de Marly destaca por constar de 3 etapas de bombeo en serie, requiriendo de un sistema de transmisión de energía a distancia.

Han quedado en el olvido los Artificios de Juanelo Turriano en Toledo, que merecen ser considerados un referente de la ingeniería hidráulica por su particular diseño y por conseguir una elevación de 90 metros (9 bar) en un corto recorrido de 306 metros con un sistema sin presión. Supone superar una pendiente muy pronunciada resiguiendo la ladera entre el río Tajo y el Alcázar, consistente en multitud de trasvases sin presión de agua encadenados.

El primer artificio de los dos que existieron entró en servicio el 1569. El segundo en 1581. Ambos capaces de vehicular unos 17 m<sup>3</sup>/día.

### **5.1. Planos constructivos de los Artificios**

La ciudad de Toledo encaramada en lo alto de un montículo, necesitaba ser abastecida con numerosos aguadores o «*azacanes*» según la denominación común. Disponer de un

abastecimiento continuo de agua era deseado tanto por las autoridades municipales, como por los responsables del Alcázar real.

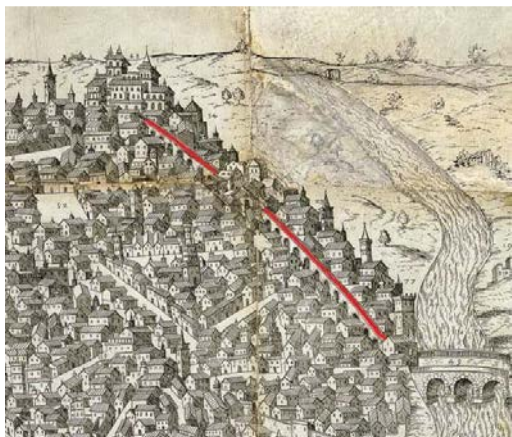


Figura 4. Vista de Toledo - Artificios en negrilla.

Debido a numerosos intentos fallidos, las autoridades veían con recelo cualquier nueva propuesta de bombeo de agua del río. Juanelo recurrió a la presentación de una maqueta para convencer a las autoridades en 1565, pero no obtuvo dotación económica para la totalidad del proyecto, con lo que corrió por su cuenta y riesgo con la mayor parte de los costos de un primer artificio, que en teoría les serían reembolsados posteriormente con creces, gracias a la concesión por la venta de agua trasegada.

Posiblemente la presentación de la maqueta en sustitución de los habituales planos constructivos, al ser el propio Juanelo el promotor de la obra y el deseo de salvaguardar el secreto de la mecánica del funcionamiento, provocaron que no haya llegado hasta nuestros días ningún documento explícito que muestre con esquemas técnicos los artificios.

## 5.2. Descripciones de los Artificios

Existen numerosas descripciones de cronistas, viajeros... de la época, que plasman sus impresiones referentes a los artificios, aunque cabe indicar que estos ingenios se hallaban ocultos en el interior de edificaciones que los protegían de la intemperie, los hurtos de materiales valiosos, y al mismo tiempo de la visión de los ciudadanos. Las visitas eran mínimas.

Los artificios estuvieron funcionando y siendo mantenidos por su creador hasta su muerte.

Sabemos por los textos de Ambrosio de Morales, que basados en la «*escalera de Valturio*», requerían de engrase y cuidados continuos.

También se conocen todas las penurias económicas que sufrió Juanelo debido a los impagos de los representantes municipales, y que le llevaron a la ruina. Probablemente estas dificultades económicas entorpecieron el mantenimiento necesario del primer artificio, que en 1579 necesitó reponer una gran cantidad de piezas, la mayoría de madera.

Tras la muerte de Juanelo en 1585, la conservación de los Artificios quedó bajo custodia de un nieto suyo que muere en 1597, encargándose entonces el mantenimiento a Juan Fernández del Castillo.

La complejidad de los mecanismos y la dificultad que conllevan sus reparaciones, provocó que en el año 1600 Juan Fernández del Castillo proponga construir un nuevo ingenio basado en bombas de émbolo.



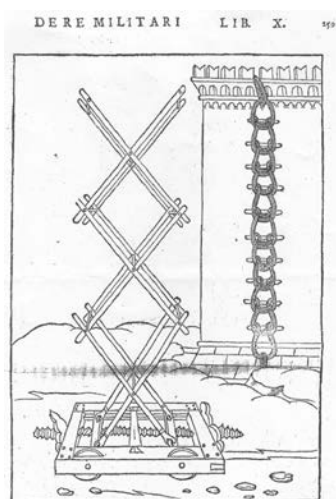


Fig.5. Escalera de Valturio

Construye a su costa un primer tramo a orillas del Tajo, que remonta la ladera adosado a las paredes exteriores de los Artificios de Juanelo. Terminado en 1602, se mantuvo en fase de pruebas hasta el 1605.

Castillo deseaba encadenar varias elevaciones de agua hasta el Alcázar, utilizando como fuente de energía para mover las bombas, la transmisión de líneas de caballetes parecida a la que más tarde se usó en la máquina de Marly, construida por Juanelo para mover todo el entramado de piezas de sus artificios.

En 1605 el primer artificio de Juanelo estaba ya fuera de servicio y amenazaba ruina.

Tras numerosos informes sobre la conveniencia de este nuevo ingenio de Castillo, el rey Felipe III autoriza su construcción en julio de 1606, aprovechando todos los materiales útiles del primer artificio de Juanelo.

En 1624 se detiene el segundo Artificio de Juanelo, que tras años de abandono y hurtos de piezas, termina desmantelándose en 1640.

Analizada la vida de los Artificios, se concluye que todas las descripciones y crónicas referentes a ellos, deben separarse en 2 grandes bloques.

Bloque 1: Documentos anteriores a 1602-1604. El cronista no puede confundirse con el ingenio de Castillo, visible por estar ubicado a la intemperie y no en el interior de edificios de obra como los de Juanelo. Los principales documentos son:

Ambrosio de Morales, cronista real y amigo de Juanelo a quien mostro el artificio en persona, «*Las Antigüedades de las ciudades de España. Que van nombradas en la crónica con las averiguaciones de sus sitios y nombres antiguos, que escribía.*», publicado en 1577.

Jehan Lhermite, cortesano real que visitó distintos lugares entre ellos Toledo en 1591, 1596 i 1600, y que estuvo indagando el funcionamiento y solicitando planos de los artificios, publicando sus impresiones en «*Le passetemps de Jehan Lhermite, depuis son voyage d'Espagne*», publicado 1890-1896.

El Greco, «*Vista y plano de Toledo*», pintado en la primera década del s. XVII. Aparece un plano de Toledo con una traza continua por donde circulan los Artificios. Actualmente en el Metropolitan de Nueva York.

Bloque 2: Los documentos posteriores a 1602-1604, el cronista puede estar describiendo el ingenio de Castillo. El principal documento es:

El relato de Manuel Severim fechado en 1604, quien con 21 años se alojó en Toledo durante 4 días, siendo su estancia un alto en el camino de la peregrinación al Monasterio de Guadalupe para dar gracias a la virgen por la reciente remisión de la epidemia de peste que había azotado la ciudad de Évora. Titulado «*Peregrinação de Baltasar de Faria Severim, Chantre de Evora, ao Mosterio de Guadalupe, no anno de 1604*», aparece un leve esquema que muy probablemente sea una primera elevación del ingenio de Castillo a orillas del Tajo previa a las bombas de émbolo, ya que ofrece grandes contradicciones con la descripción detallada de Ambrosio de Morales. Muestra un ingenio de concepción mecánica muy simple, excesivamente alejada de la gran complejidad que afirman Ambrosio de Morales, Jehan Lhermite y casi todos los demás cronistas, siendo uno de los principales rasgos diferenciales de los Artificios respecto de los demás bombeos que existieron hasta la llegada de la máquina de vapor de Newcomen.

Junto a los dos grandes bloques de documentos referentes a los Artificios, existe también un documento conservado en el archivo de Simancas, sin fecha ni autor conocido, en el que se representa un croquis muy básico y elemental sin valor técnico, correspondiente a una elevación por etapas. El trazo es muy parecido a representaciones medievales. Al estar conservado en un legajo con otros documentos Toledanos fechados en 1561, en ocasiones se ha relacionado con los Artificios, pero la opinión predominante tal y como cita N. García Tapia: «*Desde luego no se trata de los ingenios construidos en años posteriores por Juanelo Turriano -al contrario de lo que se ha dicho- con los que no corresponde en absoluto*» (García 1990).

### 5.3. Conjeturas sobre el diseño de los Artificios

Des de la desaparición de los Artificios hasta nuestros días se han contabilizado varias conjeturas, algunas de ellas basadas en las láminas n.º 95 y 96 de «*Le diverse et artificieuse machine*» de Agostino Ramelli (París 1585), alguna de ellas usando el relato de Manuel Severim, pero tan solo el «*Modelo con Escaleras de Valturio*» publicado en 2008, basa su propuesta en la «*escalera de Valturio*», define un modelo continuo sin torres, define una transmisión parecida a la de Marly, explica el trasvase de agua según indica Ambrosio de Morales y justifica con cálculos las cadencias y movimientos del conjunto.

La conjetura clásica de las «*Torres Oscilantes*» expuesta en Toledo en 1967, aun presentando lagunas e indefiniciones respecto de los textos históricos anteriores a 1604, sigue manteniéndose como referente en numerosos ámbitos académicos. Seguramente debido a la importancia de su postulador, el reconocido Leonardista Ladislao Reti, partícipe en la publicación de los códices Madrid de Leonardo da Vinci hallados en 1967 en los fondos de la Biblioteca Nacional. La conjetura se ha modificado en varias ocasiones para adaptar-la mejor a los textos históricos, primero con la intervención de N. García Tapia y posteriormente asimilando detalles del «*Modelo con Escaleras de Valturio*» (sistema de transmisión y trasvase).

La conjetura «*Modelo con Escaleras de Valturio*» (publicada en 2008), se adapta especialmente a lo indicado en la descripción de Ambrosio de Morales referente a la elevación y los trasvases de agua, mecanismos y cadencias. Utiliza como referentes mecánicos de algunas de las soluciones constructivas, los sistemas de relojería del «*Astrario*» de Giovanni di Dondi, reparado por Juanelo Turriano para Carlos V.

Junto a la publicación de 2008, el «*Modelo con Escaleras de Valturio*» se describe en el dominio web [www.artificiodejuanelo.org](http://www.artificiodejuanelo.org)

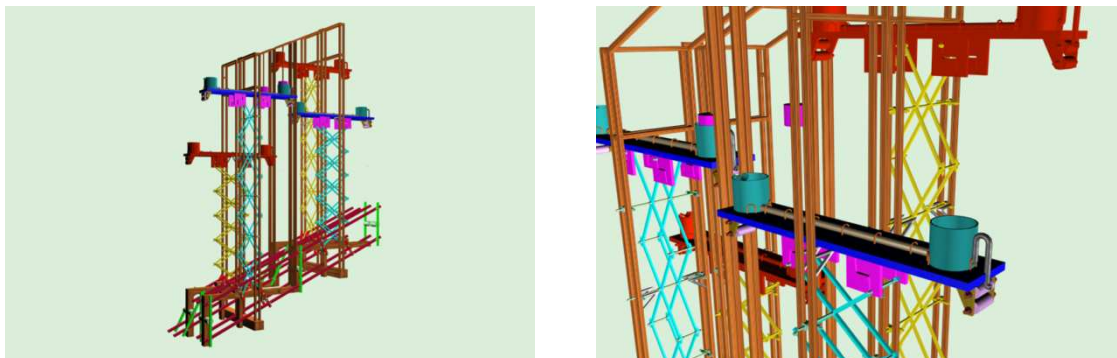


Fig.6 y 7. Modelo con escaleras de Valturio. Unidad básica repetitiva // Grupos de trasvase

## 6. Conclusiones:

Junto a las elevaciones de agua europeas más famosas previas a la llegada del vapor, Peter Morice en Londres (1582), La Samaritaine en París (1608) y la máquina de Marly en Louveciennes (1684), cabe incluir los dos Artificios de Juanelo Turriano en Toledo (1569, 1581).

Destacan por conseguir una elevación de 90 metros, utilizando un método de trasvase de agua sin presión totalmente distinto de las bombas de émbolo usadas en los demás grandes bombeos.

La compleja concepción mecánica de los Artificios, unida a la no existencia de planos que los definan, ha generado la elaboración de distintas conjeturas basadas en las descripciones de cronistas y viajeros. De todas ellas, la que se ajusta mejor a los documentos históricos, especialmente a las indicaciones publicadas por Ambrosio de Morales en 1577, amigo de Juanelo Turriano a quien este le mostró el primer Artificio en persona, es el «*Modelo con escaleras de Valturio*», publicado en 2008.

## Bibliografía básica:

BATE, John. (1635). *The Mysteris of Nature and Art. The Second Booke*. 2<sup>nd</sup> ed. Printed by T. Harper. London

BRAMBILLA, Ambrogio. (1585) *Vista de Toledo*. Biblioteca Nacional de España. Madrid

DOMINGUEZ, L.M. , ALGUACIL SAN FÉLIX F.J. y ALGUACIL SAN FÉLIX, P. (2002). *El Toledo Invisible*. Antonio Pareja Editor. Toledo

ESCOSURA MORROGH, L. (1888). *El artificio de Juanelo y el puente de Julio Cesar*. Memorias de la Real Academia de ciencias exactas, físicas y naturales de Madrid. Tomo XIII, parte 2<sup>a</sup>. Madrid

GARCIA TAPIA, N. (1990). *Ingeniería y arquitectura en el Renacimiento Español*. Universidad de Valladolid-Caja de ahorros de Salamanca. Serie: Historia y sociedad, nº11. Valladolid

GARCIA TAPIA, N. (2001). *Un inventor navarro jerónimo de Ayanz y Beaumont 1553 - 1663*. Gobierno de Navarra. Pamplona

GARNET, William. (1922). *A Little book on water supply*. Cambridge University Press. Cambridge

JUFRE GARCIA, F. Xavier. (2008). *El Artificio de Juanelo Turriano para elevar agua al Alcázar de Toledo (s.XVI). Modelo con Escaleras de Valturio*. Ed. Milenio. Lleida

KIAULEHN, Walther. [1941] (1959). *Los Ángeles de Hierro*, 2<sup>nd</sup> ed. Ed. Labor. Barcelona

LHERMITE, Jehan. (2005). *El pasatiempos de Jehan Lhermite. Memorias de un Gentilhombre Flamenco en la corte Felipe II y Felipe III*. Ed. Doce Calles. Aranjuez

MATAIX, Claudio. (1982). *Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas*. 2<sup>nd</sup> ed. Ed. Del Castillo. Madrid

MORALES, Ambrosio. (1577). *Las Antigüedades de las ciudades de España. Que van nombradas en la crónica con las averiguaciones de sus sitios y nombres antiguos, que escribía*. Casa de Juan Iñiguez de Lequerica. Alcalá de Henares.

MORENO SANTIAGO, A y MORENO NIETO, L. (2006). *Juanelo y su artificio. Antología*. Ed. D.b. Comunicación. Toledo

PASCAL HUSSON, Gilles. (1996). *Historique de l'alimentation en eau potable de la ville de Paris*. Journal européen d'hydrologie Vol. 27, n°2. París

PORRES, J. (1987). *El Artificio de Juanelo. Conferencia que el doctor Ladislao Reti de la Universidad de Los Ángeles pronunció en la Casa de la Cultura de Toledo el día 15 de junio de 1967*. Revista Estudios Toledanos, S.VI, Vol.47. Toledo

RAMELLI, Agostino. (1588). *Le diverse et artificiose machine*. París. Biblioteca Nacional, de Madrid

STRANDH, Sigvard. (1982). *Máquinas, una historia ilustrada*. Herman Blume ediciones. Madrid

TURGOT, Michel-Étienne. (1734). *Plan de Turgot*. Biblioteca National de France. París

VALTURIUMI, Robertum. (1483). *RE MILITARI. Libris XII*. París. Real Biblioteca del Monasterio de San Lorenzo del Escorial

### **Ilustraciones:**

Figura 1. Bomba de Londres (BATE 1635)

Figura 2 La Samaritaine (TURGOT 1734)

Figura 3 «*Vue de la machine de Marly et de l'aqueduc de Louveciennes*». P. Denis Martin le Jeune 1724. Versailles, Musée national des châteaux de Versailles et de Trianon.

Figura 4. Vista de Toledo - Artificios en negrilla (BRAMBILLA 1585)

Fig.5 Escalera de Valturio (VALTURIUMI 1483)

Fig.6 y 7. Modelo con escaleras de Valturio. Unidad básica repetitiva (Jufre 2008) // Detalle grupos de trasvase de agua (JUFRE 2008)