

# **RESTITUCIÓN DIGITAL DEL MOLINO PARA LA MOLIENDA DEL SÍLEX DE AGUSTÍN DE BETANCOURT Y MOLINA: MODELADO TRIDIMENSIONAL Y DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA CON SOLID EDGE – ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA OBRA DE PERSONAJES ILUSTRES**

Rojas-Sola José Ignacio<sup>1\*</sup>; García-Ruesgas Laura<sup>2</sup>; Porras-Galán José<sup>3</sup>

1) Departamento de Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos, Universidad de Jaén,  
Campus de las Lagunillas s/n, 23071, Jaén, Jaén

2) Departamento de Ingeniería Gráfica, Universidad de Sevilla, Isla de la Cartuja,  
Camino de los Descubrimientos s/n, 41092, Sevilla, Sevilla

3) Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Pontificia Comillas, C/ Alberto  
Aguilera, 23, 28015, Madrid, Madrid

\*jirojas@ujaen.es

## **RESUMEN**

En esta comunicación se muestra el proceso seguido para realizar el modelado tridimensional y documentación geométrica de una invención histórica del célebre ingeniero español, Agustín de Betancourt y Molina. Se trata, concretamente, del molino de accionamiento hidráulico para la molienda del sílex, presentada y premiada en Londres el 28 de marzo de 1796. Para conseguir dicho objetivo, dicha investigación se apoya en las técnicas de diseño asistido por ordenador (CAD) realizadas con el software paramétrico Solid Edge a partir de la información

proporcionada en su expediente (sólo una lámina de gran formato y una memoria descriptiva de 2 páginas), habiendo sido necesario establecer una serie de hipótesis dimensionales y geométricas, así como una serie de restricciones de movimiento (grados de libertad), para obtener un diseño coherente. Los resultados muestran un diseño funcional para la citada invención histórica.

**PALABRAS CLAVE:** Agustín de Betancourt y Molina, restitución digital, modelado tridimensional, documentación geométrica, patrimonio histórico, Solid Edge.

## 1. INTRODUCCIÓN

Se trata de una línea de investigación iniciada recientemente, que ha dado lugar a 1 artículo en revista y 2 comunicaciones a congresos internacionales.

Agustín de Betancourt y Molina ideó numerosas invenciones relacionadas con la ingeniería en general y con la civil e industrial en particular. Una de ellas fue el molino para la molienda del sílex bajo la memoria *“Explication des principales parties du moulin pour moudre le sílex”* desarrollado en 1796. Toda la información del expediente fue cedida para su digitalización por la Escuela Nacional de Puentes y Caminos de la Universidad ParisTech.

## 2. RESULTADOS DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

La metodología empleada ha sido la restitución digital con Solid Edge, software paramétrico de diseño asistido por ordenador desarrollado por Siemens AG.

Para llevar a cabo el modelado tridimensional del conjunto ensamblado objeto de estudio (Figura 1), se han tenido en cuenta una serie de consideraciones generales que se especifican seguidamente. En el estudio de las uniones entre piezas se han considerado básicamente las uniones fijas y móviles que permiten el giro y la traslación. No se han modelado las roscas de estas uniones puesto que en aquella época no existían ni tornillos ni tuercas normalizados, ya que eran fabricados de forma artesanal y variaban tanto en tamaño como en diámetro de la rosca, así como en la separación de la misma.

Tampoco se han considerado las tolerancias de montaje entre cada una de las distintas piezas porque la fabricación artesanal de este mecanismo obliga a que sea el propio artesano quien realice los ajustes necesarios durante el proceso de fabricación.

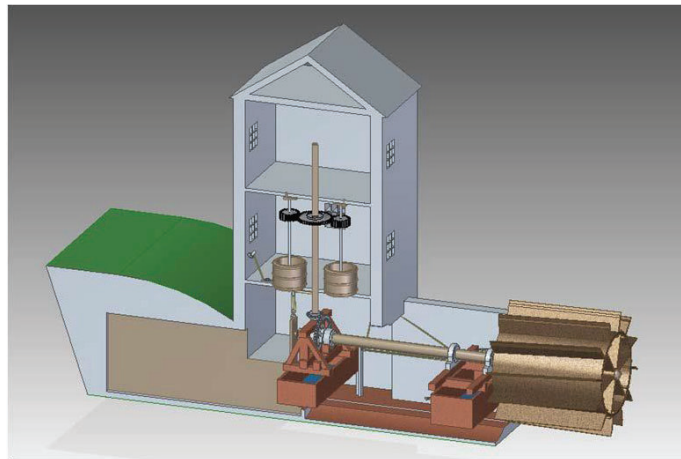


Figura 1. Perspectiva axonométrica dimétrica del conjunto ensamblado.

Se consideran tres partes diferenciadas en el modelado de este mecanismo: la estructura fija (soporte del mecanismo), el sistema de rotación del eje horizontal (Figura 2) y el sistema de rotación del eje vertical (Figura 3).

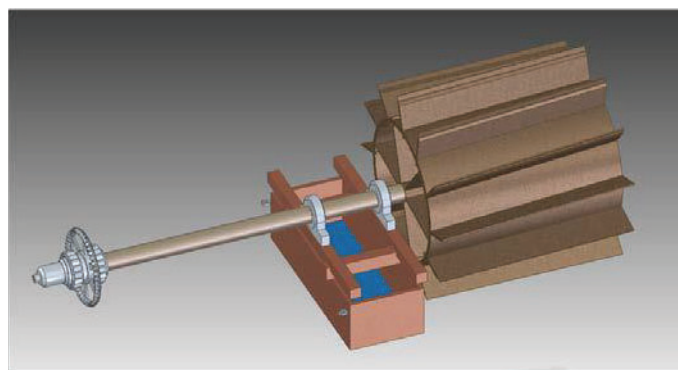


Figura 2. Sistema de rotación horizontal.

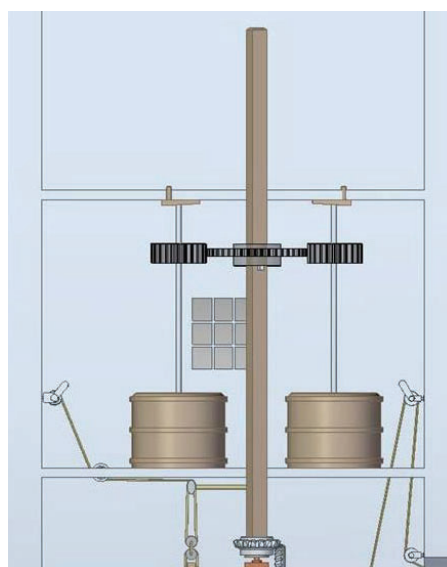


Figura 3. Sistema de rotación vertical.

El funcionamiento del mecanismo se basaba en el movimiento de rotación de la rueda hidráulica situada en el cauce del río Severn, ya que allí se estaba construyendo la esclusa de Coalbrookdale (Inglaterra), y necesitaban molturar el sílex para su construcción. Dicha rueda forzaba el giro del eje horizontal o árbol de transmisión solidario a un engranaje cónico que hacía girar a su vez, el eje vertical de rotación, el cual, mediante otro sistema de engranajes provocaba el giro de 4 pares de piedras. Además, era posible replegar el eje horizontal y con él la rueda mediante tensores, en el caso de que la corriente fuera muy fuerte para evitar su deterioro.

## **AGRADECIMIENTOS**

La investigación presentada en esta comunicación ha sido realizada en el seno de un Proyecto de Investigación de Excelencia financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad dentro del Programa Estatal de Fomento de la Investigación Científica y Técnica de Excelencia, en el marco del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2013-2016, y por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (HAR2015-63503-P). Asimismo, agradecer a la Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia su amabilidad para la disposición de la información del Proyecto Digital Betancourt.

## **3. EQUIPO INVESTIGADOR**

**Nombre:** José Ignacio Rojas Sola  
**Centro:** Universidad de Jaén. Escuela Politécnica Superior de Jaén  
**Departamento:** Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos  
**Categoría:** Catedrático de Universidad

**Nombre:** Laura García Ruesgas  
**Centro:** Universidad de Sevilla. Escuela Superior de Ingenieros  
**Departamento:** Ingeniería Gráfica  
**Categoría:** Profesora Colaboradora

**Nombre:** José Porras Galán  
**Centro:** Universidad Pontificia Comillas. Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI)  
**Departamento:** Ingeniería Mecánica  
**Categoría:** Profesor Colaborador Asistente