



**8º Congreso Internacional de Molinología**  
**28, 29 y 30 de abril de 2012**  
**Tui (Pontevedra)**

**TÍTULO:** "El sistema mixto de molienda-prensado: recuperación desde la ingeniería gráfica de la primera evolución hacia la extracción continua del aceite de oliva"

**BLOQUE TEMÁTICO:** Bloque Temático 1º: Ingeniería, Industria, Tecnología y Desarrollo

**AUTORES:** José Ignacio Rojas Sola; Francisco Javier Contreras Anguita; Miguel Castro García

**FILIACIÓN INSTITUCIONAL:** Universidad de Jaén

**E-mail:** fanguita@ujaen.es

**RESUMEN:** En la presente comunicación, se presenta un novedoso trabajo de reconstrucción gráfica y animación por ordenador mediante técnicas de ingeniería gráfica así como un pequeño estudio productivo, sobre la primera técnica semi-continua que se introdujo en el sistema clásico de obtención de aceite de oliva y que optimizaba el proceso de extracción por lotes al permitir la disminución del tiempo de atrojado de la aceituna. El ingenio se encuentra en el Museo de la Cultura del Olivo sito en la Hacienda 'La Laguna' en el Puente del Obispo (Baeza, Jaén), provincia cuya capital es conocida internacionalmente como la capital mundial del aceite de oliva.

El interés de este trabajo reside en la difusión que supone disponer de una herramienta de apariencia realista como el video a obtener, así como de la posibilidad de realizar la planimetría detallada del citado ingenio, aparte de poder analizar las ventajas aportadas por la incorporación de un sistema de transmisión que permitía el accionamiento conjunto del molino de cónicas y de la prensa mediante tracción animal (motor a sangre).

**PALABRAS CLAVE:** Sistema Mixto Molienda-Prensado, aceite de oliva, ingeniería gráfica, diseño asistido por ordenador, animación por ordenador, patrimonio histórico, difusión.

**KEY WORDS:** Milling-Pressing Mixed System, olive oil, engineering graphics, computer-aided design, computer animation, historical heritage, dissemination.

## 1. Introducción

El trabajo que se presenta en esta comunicación aborda el estudio del primer sistema semi-continuo (o mixto) de molienda-prensado, que no es sino una evolución de los molinos aceiteros cuya principal innovación fue la posibilidad de aprovechar la tracción animal para llevar a cabo el prensado del cargo de capachos, al mismo tiempo que se realizaba la molienda del fruto.

Se trata de un sistema de transmisión mediante ruedas dentadas, cadena y embrague que interconectaba el molino de tracción animal con la prensa, y que multiplicaba la fuerza ejercida por el motor a sangre, permitiendo disminuir los tiempos de atrojado de la aceituna ya que la extracción del aceite se efectuaba con un menor esfuerzo.

Algunos autores lo consideraron como la evolución intermedia entre la prensa de torre y las prensas de torno e hidráulicas (Pequeño y Muñoz Repiso, 1898, citado en Carpio Dueñas y Carpio Dueñas, 1996, p. 168).

*Proviene de esta tardanza en la molienda, el que estando por mucho tiempo la aceituna acumulada en los trojes, y por; lo general expuesta a la intemperie, fermenta, y aun se pudre su masa, produciendo aceites que se enrancian con facilidad, y adquieren un gusto acre y nauseabundo que los hace desmerecer y aun desechar en los mercados de Inglaterra y Francia (Alvear y Ward, 1834).*

*Los sistemas de elaboración del aceite de oliva han evolucionado a un ritmo tan acelerado en los últimos tiempos, que se ha pasado a lo largo de este siglo desde el prensado totalmente manual y «Molino de sangre», con muchos siglos de supervivencia, a la revolucionaria prensa hidráulica y últimamente a los sistemas continuos de 3 y 2 fases (Carpio Dueñas y Carpio Dueñas, 1996).*

Para ello, se han estudiado los elementos integrantes del sistema mixto que se encontraba en el Molino de Alhorí<sup>1</sup> y que actualmente se conserva en el Museo de la Cultura del Olivo, ubicado en la Hacienda ‘La Laguna’ en la localidad de Puente del Obispo (Baeza, Jaén).

---

<sup>1</sup> La almazara o Molino de Alhorí fue construida a finales del siglo XIX, encontrándose ubicada en el término municipal de Bélmez de la Moraleda, provincia de Jaén (Carpio Dueñas, A. y Carpio Dueñas Juan B. 1996).

La metodología llevada a cabo se sustenta en dos aspectos fundamentales, tales como la recreación virtual de su funcionamiento mediante una infografía de carácter realista, y por otra parte, la obtención de datos productivos que muestren la capacidad de este ingenio.

## **2. Ingeniería gráfica**

### **2.1. Entrada de datos: Trabajo de campo**

El trabajo de campo (trabajo empírico) constituye una de las fases más importantes para la realización de la metodología desarrollada en este trabajo, pues en ella se apoyan las siguientes fases, y ha consistido en la elaboración de un completo reportaje fotográfico, así como la realización de croquis acotados del conjunto.

Empleando una cámara digital réflex Nikon D-200 se han realizado fotografías de todos y cada uno de los elementos funcionales que componen el Molino de Alhorí. Pero además de proporcionar información relevante para estudiar su funcionamiento (figuras 1 y 2), el reportaje fotográfico cumple la importante misión de proporcionar mapas de textura para el posterior proceso de recreación virtual.



**Figura 1. Vista de conjunto del palopedro, sistema de transmisión y empiedro**

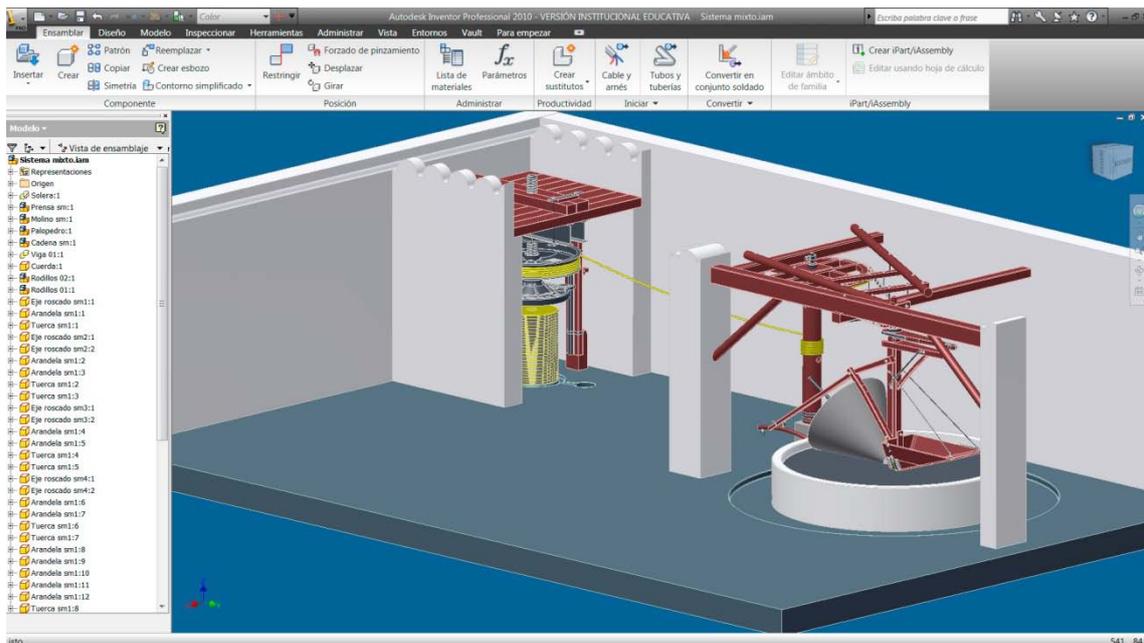
La realización de croquis acotados del sistema mixto permite obtener información referente a sus dimensiones y proporciones, persiguiendo en todo momento plasmar la

máxima información dimensional para conseguir un perfecto modelado paramétrico tridimensional, así como una correcta comprensión del funcionamiento del modelo real. Así pues, gracias al concurso de una cinta métrica de 60 m de longitud, un flexómetro y un distanciómetro láser se han realizado croquis de los elementos que componen el conjunto (figura 3).



**Figura 2. Vista de conjunto de la prensa**





**Figura 4. Modelo paramétrico tridimensional del Molino de Alhori**

Aunque existen otros programas de modelado paramétrico como SolidWorks, SolidEdge o CATIA se optó por emplear Inventor Profesional debido a que trabaja con el formato (.dwg) de AutoCAD, que es uno de los más difundidos en modelado, tanto en 2D como 3D, permitiendo además realizar un diseño funcional, simulaciones u obtener modelos automáticos a partir de las vistas en 2D.

### **2.3. Recreación virtual**

A partir del modelo de CAD generado en la etapa anterior se ha obtenido una secuencia de video de carácter realista, en la que se muestra el funcionamiento del sistema mixto del Museo de la Cultura del Olivo.

Para ello, se ha empleado Autodesk 3ds Max Design 2010 (figura 5), uno de los software de modelado tridimensional, renderización y animación más extendidos del mercado. En arquitectura proporciona las herramientas necesarias para renderizar un diseño arquitectónico y en ingeniería mecánica, a través herramientas como la cinemática inversa y los controladores de animación, permite reproducir el funcionamiento del montaje mecánico más complejo. Además este software incorpora un motor de efectos visuales, permitiendo diseñar modelos 3D utilizando texturas, cámaras y luces con ajustes como las del mundo real.

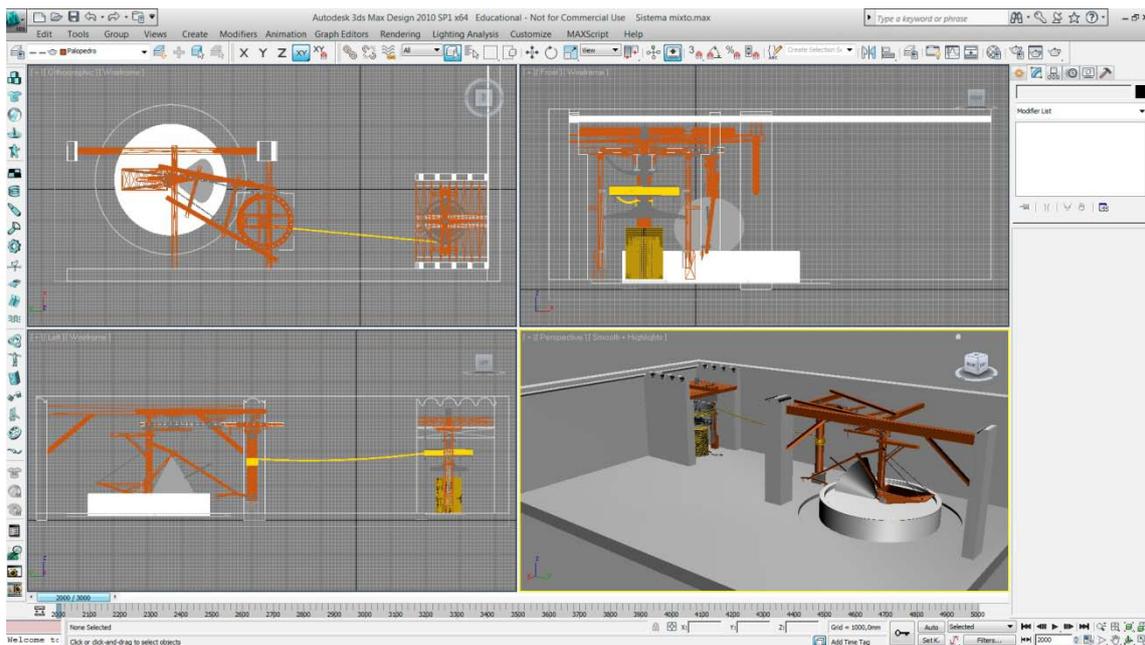


Figura 5. Modelo virtual del sistema mixto en Autodesk 3ds Max Design 2010

### 2.3.1. Cámaras

El software Autodesk 3ds Max Design 2010 posee sus propias cámaras, denominadas ‘standard’, como son la *Target* con objetivo posicionable o la *Free*, sin poder actuar sobre el objetivo. Sin embargo, para la realización de este trabajo se han empleado cámaras del tipo *V-Ray Physical Camera*, ligada al motor de renderizado V-Ray.

### 2.3.2. Iluminación

La iluminación de una escena es una tarea clave pero a la vez muy compleja pues se debe buscar la naturalidad y por ello, es clave la correcta ubicación de las fuentes de luz para una buena visualización de los objetos. Entre los factores que influyen en la solución de iluminación obtenida destacan el tipo de fuentes de emisión de luz, el modelo de iluminación empleado, la morfología y textura de los objetos y las características del receptor. En la realización de este trabajo se han empleado luces del tipo *VRayLight*, ligadas al motor de renderizado V-Ray.

### **2.3.3. Preparación y aplicación de materiales**

Los materiales son utilizados en Autodesk 3ds Max Design para revestir los objetos, de manera que mediante su aplicación se consigue la respuesta a la luz de estos últimos. Por otro lado, los mapas o texturas son elementos que se aplican a los materiales para conseguir un aspecto realista.

Las texturas se han obtenido a partir del reportaje fotográfico realizado en el trabajo de campo, y para su extracción, se ha empleado el software de edición de imágenes Adobe Photoshop CS5. El trabajo elaborado con este programa ha consistido básicamente en la preparación de las texturas para su posterior aplicación al modelo tridimensional en Autodesk 3ds Max Design.

### **2.3.4. Animación por ordenador**

Autodesk 3ds Max Design dota de movimiento a los objetos, y para ello se basa en la reproducción a una velocidad adecuada de una serie de imágenes (fotogramas, cuadros o frames), concretamente 25 por segundo en el sistema PAL, y percibiendo el ojo humano de esta forma, la sensación de movimiento.

Autodesk 3ds Max Design 2010 incluye una amplia variedad de herramientas que permiten dotar de movimiento a los elementos presentes en la escena. Una vez definidas las restricciones y grados de libertad de todos y cada uno de los elementos que conforman el sistema mixto, así como las relaciones existentes, se ha reproducido su funcionamiento empleando cinemática directa y cinemática inversa.

### **2.3.5. Renderizado**

Es el proceso computacional de una escena virtual 3D por el que se obtiene una imagen de síntesis (figuras 6 y 7). Aunque existen diversos motores de renderizado, en este caso se ha utilizado V-Ray ([www.chaosgroup.com](http://www.chaosgroup.com)), especialmente recomendado para obtener infografías de exteriores e interiores y conseguir resultados de elevada calidad en un reducido tiempo.



Figura 6. Cuadro (*Frame*) correspondiente a un plano general del Molino de Alhorí



Figura 7. Cuadro (*Frame*) que muestra un primer plano del palopedro y un plano general de la prensa

### 2.3.6. Postproducción digital

La postproducción digital ha consistido en la edición del material original obtenido con el proceso de renderizado, permitiendo la creación de un fichero con formato AVI, posteriormente convertido por razón de su tamaño, al formato mpeg4. El software empleado para la edición de vídeo ha sido Adobe Premiere Pro CS5, considerado uno de los mejores en su campo.

### 3. Análisis productivo

Una vez estudiado el funcionamiento del sistema mixto y reproduciendo de forma virtual la secuencia de trabajo que se realizaba para llevar a cabo la extracción del aceite

de oliva, se plantea un pequeño estudio productivo para determinar la capacidad de trabajo de este sistema.

Puesto que no se dispone de testimonios orales que proporcionen datos necesarios para llevar a cabo este estudio, se ha analizado bibliografía etnográfica existente sobre la extracción del aceite de oliva, obteniendo datos relevantes tales como la cantidad máxima de aceituna que debía depositarse en el empiedro por m<sup>2</sup> de superficie, que era de 20 kg (Arambarri Cazalís, 1992).

Por lo tanto, si el diámetro interior del empiedro del Molino de Alhorí es de 3200 mm, su superficie será:

$$S_{empiedro} = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot (1.600 \text{ mm})^2 = 8,042 \cdot 10^6 \text{ mm}^2 = 8,042 \text{ m}^2$$

Así pues, la cantidad máxima de aceituna que se debía depositar era:

$$\text{Cantidad máxima} = 8,042 \text{ m}^2 \cdot 20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 160,85 \text{ kg} = 3,574 \text{ fanegas}^2$$

Además, se han obtenido datos relativos al tiempo máximo durante el que se debía trabajar la pasta, aproximadamente no superior a media hora, y siendo la velocidad adecuada para molinos dotados de un rulo de 6 r.p.m. con una capacidad de molturación de 4 fanegas por hora (Arambarri Cazalís, 1992).

A título de información, la tabla 1 muestra la cantidad de aceituna molturada por unidad de tiempo y las especificaciones técnicas para diversas configuraciones y dimensiones de molinos de rulos.

**Tabla 1. Características técnicas de varias configuraciones de molinos de rulos. (Arambarri Cazalís, 1992)**

Molturación (kg/h)	N.º de rulos	Solera		Rulos			r.p.m. del eje central	Potencia (CV)
		φ (mm)	Altura (mm)	φ mayor (mm)	Batalla (mm)	φ menor (mm)		
200-800	1-4	2.600	300	1.250	1.100	180	12-14	3-6
750-1.000	3-4	2.900	300	1.400	1.250	200	12-15	5,5-6,5
900-1.200	3-4	3.250	400	1.550	1.350	250	12-14	7,5-8,5

<sup>2</sup> 1 fanega = 45 kg de aceituna (Rojas Sola, 1997).

1.200-1.500	3-4	3.600	400	1.700	1.450	300	12-14	8-9,5
-------------	-----	-------	-----	-------	-------	-----	-------	-------

Teniendo en cuenta los datos anteriores, es decir, que la capacidad normal de molturación para un molino dotado de un rulo era de 180 kg/h, se puede establecer los siguientes datos para el empiedro del sistema mixto analizado:

$$Productividad\ horaria_{Molino\ Alhorí} = 160,85 \frac{kg}{h} \approx 4 \frac{fanegas}{h}$$

Puesto que la jornada de trabajo del molino era de 24 h (Arambarri Cazalís, 1992), es posible calcular la cantidad de aceituna molturada en un día:

$$Productividad\ diaria_{Molino\ Alhorí} = 160,85 \frac{kg}{h} \cdot 24 \frac{h}{día} = 3860,4 \frac{kg}{día}$$

Como por otro lado, durante una jornada de trabajo se realizaban 3 aprietos con una duración de 4 a 8 horas (Arambarri Cazalís, 1992) y suponiendo que un cargo estaba compuesto por 50 capachos aproximadamente, se puede obtener los Kilogramos de aceituna por capacho:

$$kg\ de\ aceituna / capacho = \frac{3860,4 \frac{kg}{día}}{3 \frac{prensadas}{día} \cdot 50 \frac{capachos}{prensada}} = 25,736 \approx 26 \frac{kg}{capacho}$$

A continuación se reproduce un texto que describe perfectamente el proceso.

*El cargo lo hacían con masa, contramasa y orujo.*

*El orujo: de la masa de aceituna que ha pasado 2 veces por la prensa, es decir, que se ha prensado 2 veces.*

*La contramasa: la masa que ha pasado una vez por la prensa. Se ha prensado una vez.*

*La masa: la masa de aceituna recién molida y recogida del empiedro.*

*Si el cargo lo formaban por ejemplo 30 capachos de masa, 10 de contramasa y 10 de orujo, al sacar el cargo, los 10 capachos que se habían prensado con orujo, se tiraban; y la contramasa del cargo anterior pasa a ser el orujo de la siguiente.*

*La masa del anterior pasa ahora a contramasa y el resto de los capachos se llena con masa recién molida* (Carpio Dueñas, A. y Carpio Dueñas Juan B. 1996).

#### **4. Conclusiones**

El estudio llevado a cabo pone de manifiesto los objetivos perseguidos con la evolución de los molinos y prensas de aceite de oliva.

Por un lado, el aumento de la productividad fue clave en aras a disminuir el largo tiempo de atrojado del fruto una vez recolectado, ya que efectivamente se producía una pérdida de sus características organolépticas, y por tanto, de la calidad del aceite de oliva. Así lo corrobora, el mecanismo empleado en el Molino de Alhorí para molturar y prensar al mismo tiempo, que como se ha indicado es el primer sistema semi-continuo de molienda-prensado antes de llegar al actual sistema continuo de extracción por centrifugación.

Pero además, el sistema mixto permitía alcanzar un mayor agotamiento del cargo de capachos, ya que mediante el motor a sangre (fuerza animal) se podían alcanzar mayores presiones, si bien, por ejemplo, la ausencia de un sistema de prensado más efectivo, como por ejemplo pudiera ser una prensa de torre, limitaba su capacidad de prensado y por tanto, la cantidad de aceite de oliva obtenida en primera presión que era de mayor calidad.

Sin embargo, una de las características más importantes es que las dimensiones del rulo y de la prensa no condicionaban en absoluto el diseño de la almazara, al contrario que ocurre con una prensa de viga y quintal o una prensa de torre.

Por lo tanto, la incorporación del sistema semi-continuo a las almazaras permitió modernizar en cierta medida el proceso de extracción de aceite oliva, mejorando el rendimiento industrial de la operación.

#### **Agradecimientos**

Esta investigación ha sido realizada en el seno del Proyecto de investigación titulado *Las técnicas infográficas y la ingeniería industrial como apoyo de la historia de la tecnología convertida en herramienta museográfica para centros de interpretación y museos del aceite de oliva* (HAR2009-06943), concedido por el Ministerio de Ciencia e Investigación.

## **Bibliografía**

Alvear y Ward, Diego (1834), *Descripción, uso y ventajas de la prensa hidráulica establecida en Montilla, provincia de Córdoba, para la elaboración del aceite de olivas*. Impreso por D. E. Aguado, Impresor de Cámara de S. M. Madrid.

Arambarri Cazalís, Andrés (1992), *La oleicultura antigua*. Agrícola Española. Madrid.

Carpio Dueñas, Anunciación y Carpio Dueñas Juan B. (1996), *Los molinos de torre y torrecilla*. Boletín del Instituto de Estudios Giennenses. Jaén.

Rojas Sola, José Ignacio (1997), *Estudio histórico-tecnológico de molinos y prensas para la fabricación de aceite de oliva. Aplicación al estudio en detalle y reconstrucción gráfica de una prensa de viga y quintal*. Instituto de Estudios Giennenses (CSIC). Jaén.