



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

TÍTULO: "La prensa de viga y quintal: recuperación virtual y análisis técnico desde la ingeniería gráfica"

BLOQUE TEMÁTICO: 1. 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 de una prensa de viga y quintal, así como su análisis técnico, principalmente de la presión obtenida en el cargo de capachos donde se depositaban las aceitunas molturadas. 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, siendo la prensa de viga y quintal de mayor longitud de España.

La prensa de viga y quintal se ha erigido como uno de los principales elementos en las almazaras clásicas hasta principios del XX, pues determinaba aspectos fundamentales como las dimensiones del edificio, condicionando el diseño de las almazaras de la época. Entre otros argumentos, su rápida reparación y fácil manejo hacían de la prensa de viga y quintal un valor seguro en los molinos aceiteros y vitivinícolas, por lo que su uso se generalizó rápidamente en España. Por todo ello, el desarrollo de este trabajo pretende aportar un punto de vista técnico del funcionamiento de estos ingenios, proporcionando información relevante.

PALABRAS CLAVE: Prensa de viga y quintal, aceite de oliva, ingeniería gráfica, diseño asistido por ordenador, animación por ordenador, patrimonio histórico, difusión.

KEY WORDS: Beam and hundredweight press, olive oil, engineering graphics, computer-aided design, computer animation, historical heritage, dissemination.

1. Introducción

La prensa de viga y quintal ha constituido uno de los principales elementos en las almazaras clásicas hasta mediados del XX, si bien, la aparición de las prensas de torno y prensas hidráulicas propiciaron su desaparición, aunque convivieron durante un tiempo.

Todos nuestros olivicultores conocen las llamadas prensas de viga, reducidas casi siempre a tres, cuatro o más gruesos maderos de haya, encina o pino, unidos y enlazados de trecho en trecho con fuertes cinchos de hierro, y de unos 12 a 18 metros de longitud, formando una gran palanca de segundo género (Pequeño y Muñoz Repiso, 1879).

Los propietarios de vigas se encuentran, sin embargo, bien con ellas, por no tener necesidad de recurrir a los talleres de maquinaria de hierro; pudiendo descansar en la capacidad del molinero; el cual, si delante de la viga es un maestro, delante de la prensa moderna es un aprendiz, a quien ni siquiera se le alcanza la responsabilidad con que carga. Alegan además como ventaja de la viga sobre las prensas modernas, la misma lentitud con que trabaja; es decir, el mismo inconveniente que las hizo desechar (Manjarrés y de Bofarull, 1896).

El trabajo que se presenta en esta comunicación aborda dos aspectos fundamentales, tales como la recreación virtual de su funcionamiento mediante una infografía de carácter realista, y por otra parte, la obtención de información técnica que muestre las condiciones de trabajo en las que operaba.

Para ello, se ha estudiado la prensa de viga y quintal de mayor longitud conservada en España (aproximadamente 20 m) y que se encuentra en el Museo de la Cultura del Olivo, ubicado en la Hacienda 'La Laguna' en la localidad de Puente del Obispo (Baeza, Jaén).

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 la prensa de viga y quintal. 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 de la prensa de viga y quintal



Figura 2. Vista del marrano con el que se procedía al apriete del cargo de capachos

La realización de croquis acotados de la prensa de viga y quintal 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).

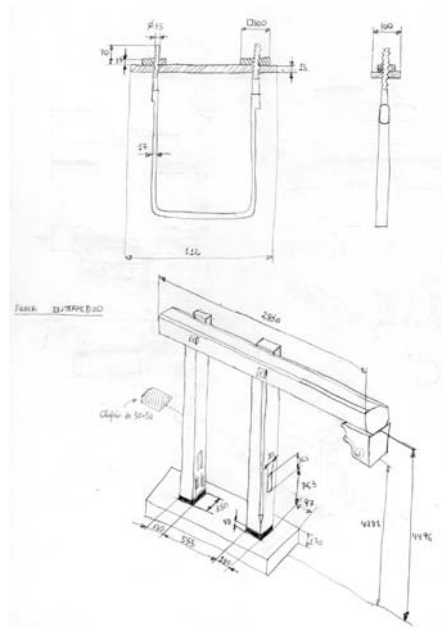


Figura 3. Croquis del zuncho de hierro que une las vigas y del árbol guía intermedio

2.2. Salida de datos: Modelado paramétrico tridimensional

Tomando como base el trabajo de campo se ha realizado el modelado paramétrico tridimensional de la prensa de viga y quintal. El software utilizado ha sido Autodesk Inventor Professional 2010 (figura 4), que posibilita aplicaciones de diseño mecánico 3D y de simulación por ordenador.

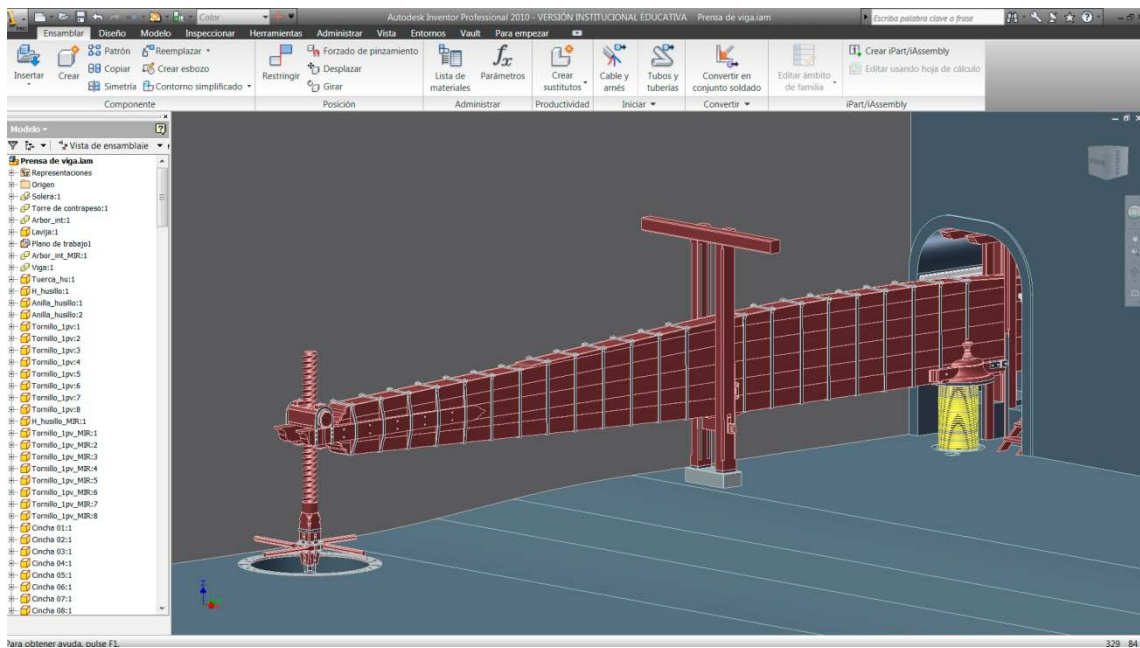


Figura 4. Modelo paramétrico tridimensional de la prensa de viga y quintal

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 de la prensa de viga y quintal 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.

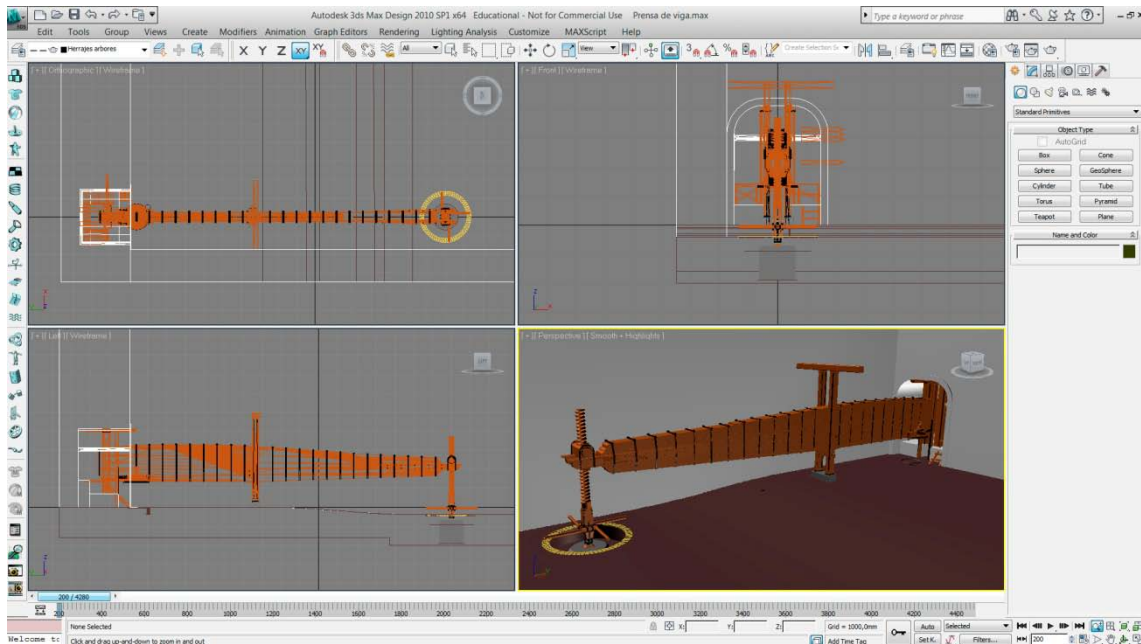


Figura 5. Modelo virtual de la prensa de viga y quintal en Autodesk 3ds Max Design 2010

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 la prensa de viga y quintal, 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), especialmente recomendado para obtener infografías de exteriores e interiores y conseguir resultados de elevada calidad en un reducido tiempo.

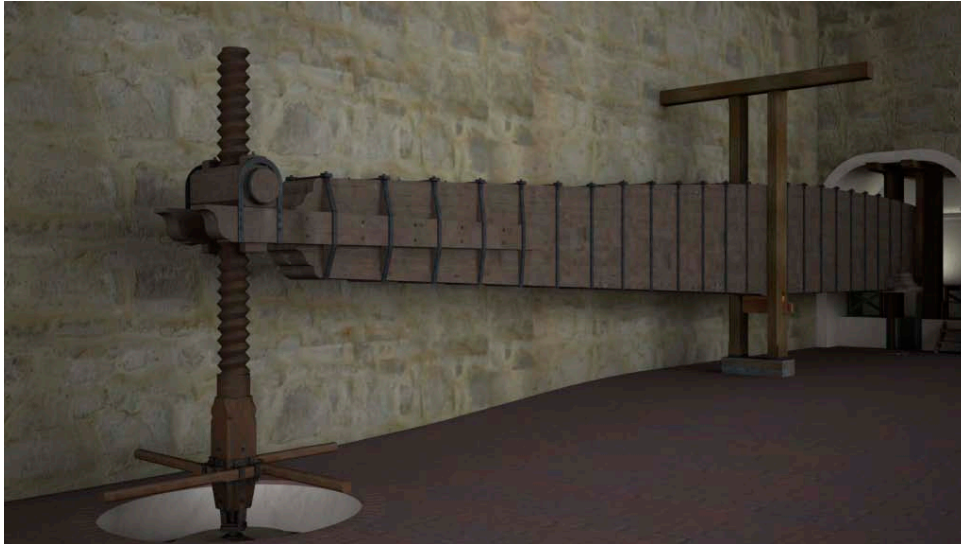


Figura 6. Cuadro (*Frame*) correspondiente a un plano general de la prensa de viga y quintal



Figura 7. Cuadro (*Frame*) que recoge la formación del cargo de capachos en el punto donde se realizará su prensado

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 técnico. Cálculo de presiones sobre el cargo de capachos

Se plantea el estudio físico de funcionamiento de la prensa de viga y quintal actuando como una palanca de segundo género. Sería en el momento en el que una vez

introducidos los trabones para bloquear la cabeza de la viga, retirada de la lavija y el quintal suspendido, todo el peso del conjunto recaía sobre el cargo de capachos.

La masa de aceituna a prensar es la resistencia a vencer, encontrándose entre la potencia (fuerza que ejerce el quintal en el extremo de la viga) y el punto de apoyo (torre de contrapeso).

Aunque la acción de las cargas que actúan sobre la viga produciría su deformación, se considera que estas deformaciones son tan pequeñas que no afectan al estado de reposo o movimiento de la palanca, por lo que es posible considerarla como un sólido rígido en equilibrio en el instante anterior (figura 8), permitiendo la aplicación de las leyes de la estática (Beer y Johnston, 2003).

Además, teniendo en cuenta que todas las fuerzas se encuentran contenidas en un plano, el análisis será bidimensional, y de la misma forma, las reacciones necesarias para mantener a la viga en la posición de equilibrio estarán también contenidas en el mismo plano.

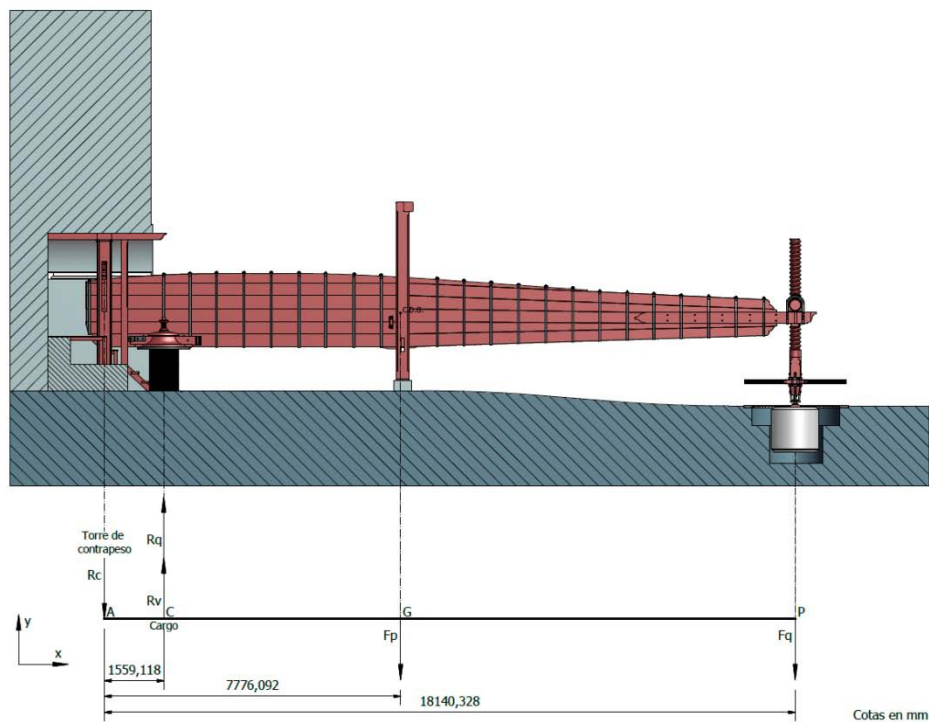


Figura 8. Fuerzas que actúan sobre la prensa de viga y quintal en el instante considerado

donde:

A: Punto de apoyo en la torre de contrapeso.

C: Punto de resistencia, donde se encuentra el cargo de capachos.

G: Centro de gravedad de la palanca¹.

P: Punto de aplicación de la fuerza.

Rc: Reacción que ejerce la torre de contrapeso sobre la viga.

Rq: Reacción del cargo debida a la fuerza ejercida por el peso del quintal.

Rv: Reacción del cargo debida a la fuerza ejercida por el peso de la viga.

Fp: Fuerza peso de la palanca.

Fq: Fuerza peso del quintal.

Por tanto, tomando como origen de momentos el punto A, las condiciones necesarias y suficientes para asegurar el equilibrio del solido rígido objeto de estudio serán:

$$\sum_{i=1}^n F_x)_i = 0 \rightarrow \nexists \text{ Axiles}$$
$$\sum_{i=1}^n F_y)_i = 0 \rightarrow R_q + R_v = F_q + F_p + R_c$$
$$\sum_{i=1}^n M_A)_i = 0 \rightarrow (R_q + R_v) \cdot \overline{AC} = F_p \cdot \overline{AG} + F_q \cdot \overline{AP}$$

La reacción que ejerce el cargo de capachos será:

$$(R_q + R_v) = \frac{F_p \cdot \overline{AG} + F_q \cdot \overline{AP}}{\overline{AC}}$$

Y la reacción de la torre de contrapeso:

$$R_c = R_q + R_v - F_q - F_p$$

La presión sobre el cargo de capachos vendrá dada por la siguiente expresión:

$$P_{\text{capachos}} = \frac{(R_q + R_v)}{S_{\text{capachos}}} = \frac{F_p \cdot \overline{AG} + F_q \cdot \overline{AP}}{\overline{AC} \cdot S_{\text{capachos}}}$$

Para cuantificar la fuerza peso de la palanca y la fuerza peso del quintal se hace necesario conocer el volumen de ambos elementos. Mediante el software de diseño asistido por ordenador y a través del modelo de CAD generado se han obtenido ambos valores:

$$V_{\text{viga}} = 1,5011037680200 \cdot 10^{10} \text{ mm}^3 = 15,011 \text{ m}^3$$

¹ Las coordenadas del centro de gravedad de la palanca se han obtenido a través del modelo de CAD generado y mediante el software de diseño asistido por ordenador empleado.

$$V_{quintal} = 1408672703,468 \text{ mm}^3 = 1,409 \text{ m}^3$$

Por otro lado, sabiendo que la viga está construida en madera de nogal y suponiendo que la composición del quintal es piedra granítica, sus densidades serán:

$$\rho_{quintal} = 2500 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \qquad \rho_{viga} = 680 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Por lo tanto:

$$P_{quintal} = F_q = V_{quintal} \cdot \rho_{quintal} \cdot g = 1,409 \text{ m}^3 \cdot 2500 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 34555,725 \text{ N}$$

$$P_{viga} = F_p = V_{viga} \cdot \rho_{viga} \cdot g = 15,011 \text{ m}^3 \cdot 680 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 100135,379 \text{ N}$$

Si el diámetro exterior de los capachos es de 780 mm y el interior 120 mm, su superficie será:

$$S_{capachos} = \pi \cdot (R_e^2 - R_i^2) = \pi \cdot [(390 \text{ mm})^2 - (60 \text{ mm})^2] = 466526,509 \text{ mm}^2$$

Finalmente:

$$P_{capachos} = \frac{100135,379 \text{ N} \cdot 7776,092 \text{ mm} + 34555,725 \text{ N} \cdot 18140,328 \text{ mm}}{1559,118 \text{ mm} \cdot 466526,509 \text{ mm}^2} = 1,932 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 1,932 \text{ MPa}$$

$$P_{capachos} = 1,932 \text{ MPa} = 19,706 \frac{\text{Kp}}{\text{cm}^2}$$

Es importante mencionar que el valor de presión obtenido se ha calculado suponiendo condiciones ideales en la prensa de viga, es decir, admitiendo que todo el peso de la palanca se empleaba en comprimir al cargo de capachos, despreciando por tanto las fuerzas de rozamiento. Sin embargo, algunos autores consideraban que un tercio del peso de la viga se utilizaba en contrarrestar tales fuerzas (Pequeño y Muñoz Repiso, 1879). Obteniendo finalmente el valor de la reacción que ejercía la torre de contrapeso, y suponiendo que se construía con piedra ordinaria, es posible calcular el volumen que debía tener para la prensa analizada:

$$R_c = 766789,159 \text{ N} \Rightarrow P_{torre} = R_c = V_{torre} \cdot \rho_{torre} \cdot g$$

$$V_{torre} = \frac{R_c}{\rho_{torre} \cdot g} = \frac{766789,159 \text{ N}}{1600 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 48,853 \text{ m}^3$$

4. Conclusiones

Una primera conclusión del estudio realizado pone de manifiesto la lentitud con que se llevaba a cabo la obtención del aceite de oliva mediante las prensas de viga y quintal, pues para conseguir una extracción de aceite había que elevar la prensa dos veces, mientras que con una prensa de torno o una prensa hidráulica la extracción se obtenía para una elevación de la misma, con mucha mayor cantidad de aceite de oliva extraído en la primera presión que era el de mayor calidad.

Además, por las enormes dimensiones de las prensas de viga y quintal se condicionaba el diseño de las almazaras de la época, tanto en longitud como altitud. Tanto es así, que el volumen obtenido para la torre contrapeso, es un fiel reflejo del espacio requerido en el diseño de las mismas.

Por otro lado, los valores obtenidos de la presión ejercida por las prensas de viga y quintal representaban del 15 al 20% de la presión que se podía obtener con una prensa hidráulica, lo que directamente indica la gran cantidad de aceite de oliva que se quedaba retenido en el orujo después de la primera prensada.

Asimismo, y gracias al concurso del software CAD utilizado, se ha podido comprobar cómo el centro de gravedad de la prensa de viga y quintal, se hallaba justamente en la posición de la lavija o elemento intermedio en el que se apoyaba la misma cuando se estaba formando el cargo de capachos o cuando se retiraba el mismo.

En resumen, estamos ante uno de los ingenios utilizados en las almazaras clásicas más importantes y cuya aportación fue decisiva en la evolución tecnológica del proceso de extracción del aceite de oliva, último desarrollo de las antiguas prensas de palanca y torno de los romanos y de la prensa de viga y husillo, donde el quintal estaba fijado al suelo.

5. 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.

6. Bibliografía

Beer, Ferdinand P. y E. Russell Johnston (2003), *Mecánica vectorial para ingenieros. Estática*. 6ª Ed. McGrawHill.

Manjarrés y de Bofarull, Ramón (1896), *El aceite de oliva. Su extracción, clasificación y refinación*. Hijos de D. J. Cuesta Editores. Madrid.

Pequeño y Muñoz Repiso, Diego (1879), *Elaboración del aceite de olivas*. Imprenta de la sociedad Tipográfica. Madrid.