

Proyecto Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

Estudio de la Evolución Histórica y Modelado con CATIA V5 de las Prensas Utilizadas para la Elaboración de Aceite de Oliva

Autor: Enrique Miguel Muñoz Esteo

Tutores: María Gloria del Río Cidoncha, Rafael Ortiz Marín

Dpto. de Ingeniería Gráfica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2019



Proyecto Fin de Grado
Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

Estudio de la Evolución Histórica y Modelado con CATIA V5 de las Prensas Utilizadas para la Elaboración de Aceite de Oliva

Autor: Enrique Miguel Muñoz Esteo

Tutores:

María Gloria del Río Cidoncha

Rafael Ortiz Marín

Profesor titular

Dpto. de Ingeniería Gráfica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2019

Proyecto Fin de Grado: Estudio de la Evolución Histórica y Modelado con CATIA V5 de las Prensas
Utilizadas para la Elaboración de Aceite de Oliva

Autor: Enrique Miguel Muñoz Esteo

Tutores: María Gloria del Río Cidoncha,
Rafael Ortiz Marín

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2019

El Secretario del Tribunal

A mi familia

A mis maestros

Agradecimientos

A mi familia que tanto me ha dado y que siempre me ha apoyado en todos los aspectos de mi vida. A mis padres que han puesto tanto esfuerzo para que llegue donde estoy; ellos son mis héroes y las personas a quien más admiro. A mis hermanos, con los que comparto tantos momentos que hacen el día a día más ameno y me ayudan a desconectar.

A mis amigos, cuya insistencia y motivación ha sido constante a lo largo de la carrera.

A todos los que a lo largo de mi vida han puesto su interés y tiempo en mi aprendizaje, haciéndolo con paciencia y dedicación. Gracias a Gloria y Rafael por tutorarme y por sus correcciones durante la realización del trabajo.

Por último, me gustaría darle las gracias a Juan Cobo por abrirme las puertas de la que es su casa; El Molino Viejo, desde el primer momento y estando disponible siempre que lo necesitaba.

Muchísimas gracias a todos
Enrique Miguel Muñoz Esteo
Sevilla, 2019

Resumen

En este trabajo de fin de grado se lleva a cabo un repaso de la historia de uno de los recursos más preciados de la cultura mediterránea y española, el aceite de oliva. Este repaso comprende la historia general del popularmente nombrado “oro líquido”; desde los orígenes del árbol que da su fruto hasta la situación en la que se encuentra este producto en la España actual.

Dentro de este repaso presentamos el Método Tradicional de extracción introducido por los romanos, utilizado prácticamente hasta nuestros días; y el Método Continuo que surgió a mediados del siglo XX y que es el estándar a día de hoy.

Se compara la distinta tipología de artilugios empleados para desarrollar dichos métodos de extracción y en el caso del método tradicional; se ilustran en el último capítulo con el modelado en CATIA V5 de los ejemplares de prensa de capilla, prensa de cuña, prensa de viga y quintal y dos modelos de prensa hidráulica que se encuentran expuestos en el museo egabrense del aceite y la cultura mediterránea “El Molino Viejo”.

Debido a la falta de material gráfico, el modelado de dichas máquinas se ha realizado gracias a las mediciones que su propietario, Don Juan Cobo; muy amablemente nos permitió tomar y a la investigación de elementos parecidos en otros lugares de España. El museo supone un gran activo turístico y cultural de la historia oleística y arquitectónica de nuestro país, por lo que también repasaremos su historia y la de la Casa Pallarés en Cabra.

Puesto que uno de los motivos de la elección de este trabajo fué introducirme al uso del programa de diseño 3D CATIA; en el último capítulo resumo parte de la información acerca del mismo obtenida del libro de mi tutora, que me ha servido de guía. El objetivo es que sirva de primera toma de contacto para alguien que como yo, nunca antes haya usado el programa.

Se pretende que este documento aporte un mayor conocimiento sobre el mundo del aceite de oliva; tanto si estás interesado en la historia de sus orígenes como si estás interesado en el estado actual del sector y las rutas a seguir. Todo esto es apoyado por la realización de unos modelos que me ha permitido introducirme a este programa tan empleado en ingeniería llamado CATIA

Abstract

In this Diploma Thesis, we carry out a review of the history of one of the most precious resources in Mediterranean and Spanish culture; the history of olive oil. This review covers the complete history of the process behind the production of the commonly named “liquid gold”; going from the origins of the tree that gives us the fruit to the current state of the art of the product in Spain and it’s possible near future.

Within this review we present the Traditional Method of extraction introduced by the Romans, used widely until modern day; and the Continuous Method that emerged in the mid-twentieth century and which is the standard method used in the Industry today.

We establish a comparison between the wide typology of gadgets used to carry out these extraction methods and, in the case of the traditional method; we illustrate it in the last chapter with models of the examples of chapel press, wedge press, beam and quintal press and two variants of the hydraulic press; developed in CATIA V5; that are located in the museum of oil and Mediterranean culture of Cabra called “El Molino Viejo”.

Due to the lack of graphic material; the modeling of these machines has been carried out thanks to the measurements that its owner, Don Juan Cobo; very kindly allowed us to take; and the investigation of similar elements in other places of Spain. The museum is a great tourist and cultural asset of the oleistic and architectural history of our country. It’s because of that that we will also review its history and that of the House Pallarés in Cabra.

Since one of the main reasons for choosing this topic was getting myself familiar with the use of CATIA, in the last chapter we summarize some of the information about the program, obtained from my tutor's book, which has served as a guide during this project. The goal is to serve as a first contact for someone who, like me, had never used the program before.

This document is intended to provide greater knowledge about the world of olive oil, whether you are interested in the history of its origins or you are interested in the current state of the sector and the routes to follow in the future. All this is supported by 3D models that have allowed me to get started with this program so important in engineering called CATIA.

Índice

Agradecimientos	ix
Resumen	xi
Abstract	xiii
Índice	xiv
Índice de Tablas	xvi
Índice de Figuras	xviii
1 Introducción	1
1.1 Descripción General Del Trabajo	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Estructura Del Proyecto	2
2 Contexto histórico	4
2.1 Historia General del Aceite de Oliva	4
2.2 Elaboración del Aceite de Oliva a lo Largo de la Historia	6
2.2.1. El Sistema Tradicional Romano	8
2.2.2. Sistema Continuo de Línea Continua Por Centrifugación	22
2.3 Oleicultura en España	25
2.3.1. Historia	25
2.3.2. Acogida de los Avances Tecnológicos en la Extracción del Aceite	26
2.3.3. Distribución Territorial del Olivo en España	30
2.3.4. Papel Global del Sector Oleícola Español en la Actualidad	34
3. Diseño asistido por ordenador: modelado en CATIA V5	41
3.1. Alternativas de diseño gráfico CAD más populares del Mercado	42
3.1.1. AutoCAD	42
3.1.2. Autodesk Inventor	43
3.1.3. Siemens NX	43
3.1.4. SolidWorks	44
3.1.5. Solid Edge	44
3.1.6. Elección de Catia	45
3.2. CATIA V5	46
3.2.1. Sketcher	47
3.2.2. Part Design	49
3.2.3. Assembly Design	52
3.2.4. Wireframe & Surface Design	54

3.2.5.	Drafting y Digital Mockup	56
3.3.	<i>Modelado en CATIA de las Tipologías de Prensa Basada en los Ejemplares Existentes en “El Molino Viejo”</i>	57
3.3.1.	El Museo del Aceite de Cabra	57
3.3.2.	Búsqueda de planos y documentación	61
3.3.3.	Mediciones	62
3.3.4.	La Prensa de Cuñas Grecorromana	64
3.3.5.	La Prensa de Capilla	69
3.3.6.	La Prensa de Viga y Quintal	74
3.3.7.	Prensa Hidráulica Manual para la Experimentación	82
3.3.8.	La Prensa Hidráulica para la Producción Industrial de la Fábrica Egabrense de “San Antonio”	88
4	Comentarios Finales	93
3.4.	<i>Principales retos y dificultades</i>	93
3.5.	<i>Partes más motivadoras</i>	93
3.6.	<i>De Cara al futuro</i>	94
	Referencias	11

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características de los aceites de oliva. Fuente: Reglamento delegado (UE) 2016/2095 de la comisión de 26 de septiembre de 2016 [7]	7
Tabla 2 Comparación de la presión ejercida por tres tipos de prensa[21]	15
Tabla 3 Características de las principales variedades del olivo español. Fuente: elaboración propia	33
Tabla 4 Resumen de la superficie nacional de olivar en el año 2018[48]	34
Tabla 5 Evolución del comercio exterior de aceite de oliva entre los años 2014 y 2018[49]	35
Tabla 6 Coste de producción del kilogramo de aceite de oliva en función del tipo de olivar. Fuente: Elaboración propia	37
Tabla 7 Escandallo medio de costes de producción del aceite de oliva. Fuente: Elaboración propia	37
Tabla 8 Evolución de la tasa de cobertura de productos con ventaja comparativa entre 2014 y 2018[49]	38
Tabla 9 Principales destinos de exportación del aceite español en 2018[49]	38
Tabla 10 Análisis D.A.F.O. del sector del aceite de oliva[47]	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Fragmento de relieve de la Dinastía XVIII donde aparece el faraón Akenatón con una rama de olivo[3]	5
Figura 2 “La disputa de Atenea con Poseidón delante de los Olímpicos” (1822), de Merry- Joseph Blondel expuesta en el Museo del Louvre, París[5]	6
Figura 3 Tipos de aceite de oliva según el reglamento 1019/2002 de la UE, de 13 de junio de 2002 (DOCE)[8][9]	7
Figura 4 Representación gráfica de un ejemplo de Método Tradicional[13]	8
Figura 5 Comparación de técnicas empleadas en la producción del aceite en el siglo XIX[14]	8
Figura 6 Tipología de molinos atendiendo al criterio de la fuente de energía empleada en su funcionamiento[17]	9
Figura 7 Ilustración del sistema conocido como Tudícula[18]	10
Figura 8 Ilustración del sistema conocido como Canalis et Solea[19]	10
Figura 9 Ilustración del sistema de rodillos y cuba[18]	11
Figura 10 Ilustración de molino de piedras concéntricas acanaladas[18]	11
Figura 11 Ilustración de Trapetum y las partes que lo conforman[13]	12
Figura 12 Ilustración del Trapetum y los elementos que lo forman[13]	13
Figura 13 Ilustración de una Mola Romana de tracción animal[18]	14
Figura 14 Ilustración de molino troncocónico de tracción animal[18]	14
Figura 15 Ilustración del método de torsión manual empleado en Egipto[13]	16
Figura 16 Ilustración de una prensa de cuñas grecorromana[13]	16
Figura 17 Partes de una prensa de cuñas grecorromana[13]	16
Figura 18 Prensa de palanca elemental con un sobrepeso colgado[13]	17
Figura 19 Prensa de palanca simple con palanca de contrapeso[13]	17
Figure 20 Ilustración de una prensa de viga y torno con las partes que la conforman[13]	18
Figure 21 Ilustración de una prensa de viga y husillo con sus partes[13]	18

Figura 22 Ilustración de una prensa de viga y quintal con sus partes[18]	19
Figura 23 Ciclo de funcionamiento para una prensa de viga y quintal[23]	19
Figura 24 Ilustración de una prensa de capilla[18]	20
Figura 25 Prensa de Tornillo[22] Figura 26 Prensa de Volante y Engranaje[22]	20
Figura 27 Ilustración de una prensa hidráulica de accionamiento manual[24]	21
Figura 28 Número de almazaras en uso en los países del Mediterráneo y los diferentes sistemas tecnológicos empleados en 1999[6]	23
Figura 29 Esquema de una centrifugadora horizontal y sus partes[27]	23
Figura 30. Separación en 3 fases (aceite, alpechín y orujo) en la centrifugadora horizontal debido a la fuerza de giro de la misma. [28]	24
Figura 31 Esquema de los sistemas continuos de dos y tres fases[28]	24
Figura 32 Esquema de la primera prensa hidráulica inventada en 1795 por el británico Joseph Bramah[35]	28
Figura 33 Gráficos del número de prensas de viga, de rincón, de husillo, hidráulicas a mano, de sangre y de vapor en Andalucía y España entre los años 1857 y 1930[39]	29
Figura 34 Mapa de distribución de la superficie de olivar en España en el año 2012[40]	30
Figura 35 Mapa de distribución provincial de la superficie de olivar en Andalucía campaña 17/18[42]	30
Figura 36 Denominaciones de Origen Protegidas[3]	30
Figura 37 Mapa de las 10 zonas olivareras Españolas según sus características climáticas[45]	31
Figura 38 Evolución temporal de la superficie de olivar y producción de aceitunas entre los años 1994 y 2014[47]	34
Figura 39 Cuotas de exportaciones AAPF de la UE en 2018[49]	35
Figura 40 Evolución de la tasa de cobertura de los capítulos más relevantes entre 2009 y 2018[49]	36
Figura 41 Gráfico de la diferencia entre el consumo y la producción de aceite de oliva en los Nuevos Mercados entre los años 1991 y 2017[47]	36
Figura 42 Comparativa del coste de producción (euros/kilogramo) del aceite de oliva en países del C.O.I.[47]	37
Figura 43 Cuotas de exportación por tipo de aceite[49]	38
Figura 44. Museo Guggenheim de Bilbao. Maravilla arquitectónica en cuyo diseño se empleó CATIA.	41
Figura 45. AutoCad[53]	42
Figura 46. Autodesk Inventor.[54]	43
Figura 47. Siemens NX.[55]	43
Figura 48 SolidWorks[56]	44
Figura 49 Solid Edge [57]	44
Figura 50 Entorno CATIA V5	46

Figura 51 Sketch tools	47
Figura 52 Profile	47
Figura 53 Predefined Profile	47
Figura 54 Circle	47
Figura 55 Spline	47
Figura 56 Conic	48
Figura 57 Line	48
Figura 58 Point	48
Figura 59 Operation	48
Figura 60 Relimitations	48
Figura 61 Transformation	48
Figura 62 3D Geometry	49
Figura 63 Constraint	49
Figura 64 Constraint Definition	49
Figura 65 Sketch-Based Features	49
Figura 66 Pads	50
Figura 67 Pockets	50
Figura 68 Dress- Up Features	50
Figura 69 Fillets	50
Figura 70 Drafts	50
Figura 71 Surface- Based Features	51
Figura 72 Boolean Operations	51
Figura 73 Transformation Features	51
Figura 74 Transformations	52
Figura 75 Patterns	52
Figura 76 Product Structure Tools	52
Figura 77 Constraints	53
Figura 78 Move	53
Figura 79 Assembly Features	53
Figura 80 Wireframe	54
Figura 81 Circle- Corner...	54
Figura 82 Curves	54
Figura 83 Project Combine	54

Figura 84 Surface	55
Figura 85 Operations	55
Figura 86 Join- Healing	55
Figura 87 Split- Trim	55
Figura 88 Extracts	56
Figura 89 Transformations	56
Figura 90 Fachada de la bodega modernista de Pallarés y el museo “El Molino Viejo”[59]	57
Figura 91 Tren del Aceite en su llegada a la estación de Cabra[61]	58
Figura 92 Fernando Pallarés Besora y sus dos hijos Luis y José Pallarés Delsors[60]	58
Figura 93 Lata de aceite Pallarés con la imagen de Alfonso XIII[62]	59
Figura 94 Conjunto de 8 prensas hidráulicas empleadas en la fábrica de San Antonio. Fuente: Aportación de Juan Cobo	59
Figura 95 Cámara para la realización de fotolitos[59]	60
Figura 96 Tapices de esparto realizados por el maestro Felipe Cobo[59]	60
Figura 97 Vista de la sala en la que se encuentra la prensa de viga y Quintal. Fuente: Aportación de Juan Cobo	60
Figura 98 Planos de la maquinaria de la fábrica de San Antonio. Fuente: Aportación de Juan Cobo	61
Figura 99. Documentación referente prensas elaboradas por Fundiciones El Vulcano. Fuente: aportación del Ajuntament d’Alcoi	62
Figura 100 Prensa de cuñas grecorromana del museo “El Molino Viejo”Fuente: Aportación de Juan Cobo	64
Figura 101 Vistas de la prensa de capilla del museo “El Molino Viejo”Fuente: Elaboración propia	69
Figura 102 Funcionamiento de la prensa de viga y quintal[18]	74
Figura 103 Prensa de viga y quintal del museo “El Molino Viejo” Fuente: Elaboración propia	75
Figura 104 Vista de la zona de presión sobre los capachos en la prensa de viga y quintal. Fuente: Elaboración propia	76
Figura 105 Esquema de prensa hidráulica de accionamiento manual[34]	82
Figure 106 Partes de dicha prensa	82
Figura 107 Prensa hidráulica de accionamiento manual del museo “El Molino Viejo” Fuente: Elaboración propia	82
Figura 108 Prensa hidráulica de carriles del museo “El Molino Viejo” Fuente: Elaboración propia	88

1 INTRODUCCIÓN

Ten siempre a Ítaca en tu mente.

Llegar allí es tu destino.

Mas no apresures nunca el viaje.

- Constantino Cavafis-

Este trabajo tiene como temática central el proceso de elaboración del aceite de oliva. Comprende pues un repaso de su historia; una descripción de los métodos más empleados para su fabricación a lo largo de la misma; y se expone la situación en la que se encuentra el sector a día de hoy.

Para ilustrar la tipología empleada en el proceso de extracción tradicional, se modelan en CATIA V5 varios ejemplares basados en los que se encuentran presentes en el museo egabrense “El Molino Viejo”, cuya fascinante historia resumiremos también en uno de los apartados del trabajo.

1.1 Descripción General Del Trabajo

El trabajo realizado para llevar a cabo este proyecto lo podríamos dividir en varias fases:

El proyecto comenzó con un objetivo en mente: encontrar algún elemento de interés histórico cercano a mi tierra que me sirviese para aprender a emplear el programa de diseño asistido por ordenador antes mencionado, de modo que el resultado contribuyese a la conservación del patrimonio histórico.

Con esta idea, y con la sugerencia de mi tutora Gloria de buscar algún elemento típico Cordobés como una almazara, recurrí al museo “El Molino Viejo”, al “Museo Aguilar y Eslava” y al “Museo del Tren del Aceite” de mi pueblo, Cabra.

En todos hay gran variedad de aparatos con un valor patrimonístico inmenso; no obstante, la amabilidad y disponibilidad del director del “Molino Viejo” y la visión que los elementos que albergaba me aportaban sobre la historia del aceite de oliva; me hicieron decantarme por el modelado de las mismas.

Faltaría decidir qué elementos modelar. Era necesario elegir cuáles tenían más sentido en conjunto y se adaptaban al alcance de mis posibilidades. Tras considerarlo durante cierto tiempo, decidí representar los elementos que ilustraban el prensado en el sistema tradicional romano de extracción de aceite.

Una vez determinado esto, con la idea de representar dicho proceso de extracción tradicional, la siguiente fase consistía en dos tareas que se iban alternando. Era necesario aprender a manejar el programa de diseño asistido por ordenador.

A la vez que aprendía sobre CATIA de [1] y realizaba ejercicios sacados del mismo y de internet, realizaba visitas al museo concertadas con Don Juan Cobo, su director.

En cada visita, Juan me explicaba algo nuevo no sólo sobre la historia del aceite de oliva, sino sobre la fascinante historia del museo y la ciudad de Cabra. No obstante, el objetivo principal de estas visitas era tomar

medidas de los aparatos a modelar, pues debido a su antigüedad y a la no estandarización de los mismos, no existen planos ni máquinas idénticas a las que allí se encuentran. Para esta toma de medidas y fotografías era necesario coordinarme no solamente con Juan, sino con algún amigo que hiciese de ayudante.

De este modo la estructura del trabajo se ha ido modificando conforme revisaba más bibliografía hasta llegar a la versión final que leemos ahora mismo. En esta versión he decidido comenzar el texto con la historia del aceite de oliva y los métodos de obtención tradicional y moderna; para continuar exponiendo el estado del arte del sector en nuestro país; terminando con el modelado gráfico de las prensas y una esquematización del programa de CAD empleado.

Los últimos pasos consistieron en elaborar las piezas con mayor complejidad dentro de los distintos modelos y tratar de solucionar todas las correcciones que Don Rafael me indicaba para que los modelos fuesen más fieles a aquellos de la vida real en los que están basados. Finalmente se procedió a retocar la redacción del mismo e intentar que resultase un texto bien elaborado; con las tablas y la bibliografía bien referenciadas.

1.2 Objetivos

Los objetivos planteados en este trabajo son varios:

- Que el resultado sea un texto que permita al lector introducirse en el mundo del aceite de oliva, que tan importante es para nuestro país y para tantos otros de la cuenca mediterránea. Tanto si le interesa conocer su origen, su desarrollo, su propagación o su extracción.
- Que otorgue información relevante sobre el estado del sector para gente interesada en el mismo, pues se presenta en el mismo un resumen de información relevante procedente del propio sector; como censos, tendencias, propuestas de cara al futuro, etc. Se busca que se presenten de forma sintetizada para que el lector interesado pueda ampliar la información que prefiera recurriendo a las fuentes.
- Que alguien como yo; sin conocimiento previo de CATIA V5, pueda tener un primer contacto con el mismo
- Por último, aportar a la conservación del patrimonio histórico de nuestra tierra mediante la realización de los modelos expuestos en el museo “El Molino Viejo”; pues mientras que los reales se deterioran con el tiempo, los modelos se podrán ir perfeccionando para constituir una réplica idéntica de los mismos que no se desvirtuará con el tiempo, sino al contrario. Estos modelos a ordenador pueden dar una visión del proceso de prensado tradicional que perdure en el tiempo.

1.3 Estructura Del Proyecto

El proyecto se compone de cuatro capítulos, siendo el primero y el último una leve introducción y conclusiones; y los dos bloques centrales que conforman los capítulos tercero y cuarto.

El primer capítulo es el presente y en él se realiza una breve introducción compuesta por el proceso de elaboración del trabajo desde su concepción, los objetivos del mismo y la descripción de la estructura del proyecto que conforma este apartado.

El capítulo segundo titulado “Contexto Histórico” se divide en tres apartados:

- *Historia General del Aceite de Oliva*: este apartado se dedica; como su propio nombre indica, a resumir la historia de cómo el cultivo del olivo se extendió a lo largo del planeta desde sus orígenes

en el Paleolítico¹ hasta nuestros días

- *Proceso de Elaboración del Aceite de Oliva a lo Largo de la Historia:* este apartado lo utilizamos para exponer los dos métodos más relevantes para la elaboración del aceite. Dichos métodos son el Método Tradicional; que es el más utilizado a lo largo de la historia desde que fuese introducido por el Imperio Romano; y el Método Continuo, que es el más empleado a día de hoy. También se recoge la tipología de artilugios empleados por dichos métodos.
- *Oleicultura² en España:* este apartado comienza con una introducción a la historia del aceite de oliva centrada particularmente en nuestro país y cómo asumía éste los avances de la tecnología que iban surgiendo en el sector. Por último se trata de dar ofrecer una visión global sobre el estado del sector oleícola español en la actualidad y de como podría evolucionar en un futuro próximo.

El capítulo tercero está dedicado al diseño gráfico, con una introducción a CATIA V5 y el modelado de las antiguas prensas del museo del aceite de Cabra, repasando la interesante historia del mismo.

¹ Período histórico más largo de la existencia del ser humano que se extiende desde hace unos 2,59 millones de años hasta hace unos 12.000 años

² Conjunto de técnicas que se aplican al cultivo del olivo y otras plantas oleaginosas y mejora de la producción del aceite

2 CONTEXTO HISTÓRICO

La historia del aceite de oliva es extensa y está marcada por la movilidad de las civilizaciones, su capacidad de explotar los recursos que la tierra les ofrece, y el papel que el comercio del mismo tenía en el desarrollo de la economía y la vida de las personas. Esta influencia ha sido de tal magnitud que queda reflejada en la iconografía de gran parte de las religiones mayoritarias de la historia.

2.1 Historia General del Aceite de Oliva

El olivo es uno de los árboles que ha ocupado mayor extensión de terreno en la zona de la Cuenca Mediterránea a lo largo de la historia, debido principalmente a las numerosas propiedades (alimenticias, estéticas, uso como combustible, etc...) que posee su fruto, la aceituna. A lo largo de la historia, el fruto del olivo ha servido de alimento, su madera para realizar ornamentos, muebles y combustible; y el aceite obtenido de las aceitunas se ha usado para realizar perfumes, ungüentos para usos medicinales, moneda de cambio o combustible; y conforme se mejoraban las técnicas de obtención en materias de eficiencia y sabor del aceite obtenido, su uso alimenticio se magnificó hasta llegar a ser fundamental en la sociedad.

El cultivo de éste árbol se remonta al Neolítico³ y su origen exacto se desconoce, pues aunque muchos historiadores lo sitúan en Siria, Asia Menor y Oriente Próximo, también crecían olivos salvajes en el Norte de África, España y en Grecia [2].

La transformación de las variedades de olivo silvestre en olivo cultivado se debe a los pueblos de Siria, quienes lo introdujeron en Europa por el Sureste del Mediterráneo muy probablemente. El olivo, según los autores, era ya conocido por los egipcios más de 20 siglos antes de la era cristiana.

El botánico etnólogo alemán Georg August Schweinfurth creía que fué transportado desde Siria a Egipto en el dominio de la XIX dinastía⁴, del 1703 al 1462 a.C., pues en los monumentos de la XVIII dinastía ya aparece representado el olivo; y las momias de las dinastías XXII a XXV también presentan coronas de olivo (980-715 a.C.)

³ Periodo histórico comprendido entre el 6.000 a.C. y hasta el 3.000 a.C. y que es el último perteneciente a la Edad de Piedra

⁴ En la historia de Egipto se establecen 30 dinastías faraónicas que van desde el año 3100 a.C. hasta el 332 a.C.



Figura 1 Fragmento de relieve de la Dinastía XVIII donde aparece el faraón Akenatón con una rama de olivo[3]

De Asia Menor, el olivo llegó a Grecia pasando antes por las islas del Archipiélago del Dodecaneso⁵ [4]. Su cultivo fue extendiéndose progresivamente a Chipre, Marruecos, Argelia y Túnez entre otros territorios por obra de navegantes fenicios en primer lugar, y por colonos griegos posteriormente.

En Roma, fue introducido por los griegos colonizadores de Campania, mientras que a Francia llegó a manos de los focenses, quienes realizaron sus plantaciones en los alrededores de Marsella.

Su introducción en España se ubica también como obra de colonizadores griegos a lo largo de la costa del mediterráneo, particularmente las regiones Bética⁶, Tudetana⁷ y Ampurdán⁸, a principios del siglo VI a.C. Prueba de ello es que la belleza y extensión de los olivares de la región bética de la época impresionó al mismísimo Julio César, quien deja constancia de ello en su obra “De Bello Hispaniensi” [2].

El olivo y sus ramas han sido icónicos en muchas culturas a lo largo de la historia como símbolos de paz y victoria. Según la mitología griega, el origen del olivo proviene de una competición entre dioses, concretamente Atenea, diosa de la guerra y la sabiduría; y Poseidón, dios de los mares; para determinar quién sería el patrón de la joven ciudad gobernada por Cécrope⁹ y de la región Ática¹⁰.

Atenea fue elegida vencedora en ésta competición tras hacer brotar un olivo como regalo a la ciudad, convirtiéndose así en patrona y protectora de la ciudad, que fue nombrada Atenas en su honor a partir de ese momento.

⁵ Archipiélago griego del mar Egeo formado por 163 Islas situadas frente a la costa suroccidental de Asia Menor destacando Rodas, Cos y Kárpatos

⁶ Una de las provincias romanas que existieron en la Península Ibérica y cuyo territorio comprendía más del 75% de la Andalucía actual y parte de Extremadura

⁷ Región que abarcaba el valle del Guadalquivir desde el Algarve hasta Sierra Morena habitada por la civilización prerromana de Tartessos

⁸ Comarca histórica de Cataluña situada en la provincia de Gerona y que toma su nombre de la colonia griega de Ampurias (Emporion)

⁹ Primer rey de la ciudad- Estado de Atenas según la mitología griega. También recibe el nombre de Erecteo y se caracteriza por ser hijo de Gea y ser mitad serpiente.

¹⁰ Periferia del sur de Grecia donde se encuentra Atenas



Figura 2 "La disputa de Atenea con Poseidón delante de los Olímpicos" (1822), de Merry- Joseph Blondel expuesta en el Museo del Louvre, París[5]

En la religión Católica, el olivo también tiene una presencia remarcable como símbolo. Según el Antiguo Testamento; tras el Diluvio Universal, fue una rama de olivo portada por una paloma en su pico lo que hizo saber a Noé que se habían cerca de tierra firme. En este caso, la rama del olivo junto a la paloma supone un fuerte símbolo de vida y esperanza.

El olivo cultivado (*Olea europaea*) proviene de la domesticación del olivo silvestre (*Olea Oleaster*), que se extendió por todo el mediterráneo gracias a las favorables condiciones climáticas que presenta la zona. Ambas pertenecen al género *Olea* de la familia *Oleaceae*, que comprende una serie de plantas que se caracterizan por ser leñosas, de hojas opuestas y cuyas flores poseen cáliz y corola con cuatro lóbulos.

2.2 Elaboración del Aceite de Oliva a lo Largo de la Historia

Si bien fueron los griegos y fenicios los primeros responsables de la expansión del cultivo del olivo a lo largo de la Cuenca Mediterránea, los métodos empleados por éstos eran generalmente bastante arcaicos y llevaban a cabo una producción de subsistencia.

Estos primeros sistemas variaban en función de la magnitud de la producción. A escala doméstica se realizaba la molturación de la aceituna de forma manual en un recipiente o vasija con ayuda de una maza, para mezclar la pasta posteriormente con agua caliente y recogerla de la superficie del mismo. En producciones mayores se empleaban métodos como el pisado o la torsión de la aceituna para extraer el aceite, y elementos como rodillos

de piedra o mazas de mayor tamaño.

Mientras que tecnológicamente estos métodos eran muy pobres, las 3 fases principales de las que se componen han continuado siendo el esqueleto de todos los métodos de obtención de aceite de oliva a lo largo de los siglos hasta llegar prácticamente a nuestros días: la *Molienda*, el *Prensado* y la *Decantación*[6]. En estos sistemas, la molturación y el prensado se realizaban en el mismo lugar y la separación de estos dos primeros pasos supondrá una primera especialización de la utilería empleada. Los romanos fueron los encargados de establecer el que sería el procedimiento tradicional de extracción de aceite usado durante siglos sin cambios drásticos.

Así, las técnicas de producción de aceite empleadas en el mundo grecorromano se difundieron por toda su geografía y en gran medida han perdurado hasta nuestros días, experimentando mejoras en cuanto a avances tecnológicos e incorporando operaciones específicas complementarias para obtener mejor sabor, mejorar la eficiencia, etc.

El proceso completo para la obtención de aceite de oliva comprendía las operaciones de recogida, lavado, molienda del fruto, prensado de la pasta de aceituna, vertido de agua caliente, decantación y almacenamiento entre otras. La recolecta de la aceituna destinada a la producción de aceite se lleva a cabo generalmente entre los meses de noviembre y enero. La cosecha es transportada a las almazaras para proceder a la transformación de la misma en el tan apreciado oro líquido. Tras su recolección, la aceituna se almacena en unos entablados elevados y en pendiente llamados *tabulatum*, que permitían separar el alpechín¹¹ y distinguir los diferentes lotes. La aceituna debía pasar almacenada el menor tiempo posible para obtener una cantidad y calidad de aceite superior. De este modo, se procede a limpiar el fruto y realizar las dos operaciones más fundamentales del proceso, la molturación y el prensado, quedando únicamente por realizar la decantación y operaciones complementarias para ser almacenado y distribuido.

Tabla 1 Características de los aceites de oliva. Fuente: Reglamento delegado (UE) 2016/2095 de la comisión de 26 de septiembre de 2016 [7]

CARACTERÍSTICAS DE LOS ACEITES DE OLIVA

Categoría	Acidez (%) (°)	Índice de peróxido mEq O ₂ /kg (°)	K ₂₃₂ (°)	K ₂₄₈ o K ₂₇₀ (°)	Delta-K (°)	Evaluación organoléptica		Ésteres estílicos de los ácidos grasos mg/kg (°)
						Mediana del defecto (Md) (°)	Mediana del frutado (Mf) (°)	
1. Aceite de oliva virgen extra	≤ 0,8	≤ 20	≤ 2,50	≤ 0,22	≤ 0,01	Md = 0	Mf > 0	≤ 35
2. Aceite de oliva virgen	≤ 2,0	≤ 20	≤ 2,60	≤ 0,25	≤ 0,01	Md ≤ 3,5	Mf > 0	—
3. Aceite de oliva lampante	> 2,0	—	—	—	—	Md > 3,5 (°)	—	—
4. Aceite de oliva refinado	≤ 0,3	≤ 5	—	≤ 1,25	≤ 0,16	—	—	—
5. Aceite de oliva compuesto de aceites de oliva refinados y de aceites de oliva vírgenes	≤ 1,0	≤ 15	—	≤ 1,15	≤ 0,15	—	—	—
6. Aceite de orujo de oliva crudo	—	—	—	—	—	—	—	—
7. Aceite de orujo de oliva refinado	≤ 0,3	≤ 5	—	≤ 2,00	≤ 0,20	—	—	—
8. Aceite de orujo de oliva	≤ 1,0	≤ 15	—	≤ 1,70	≤ 0,18	—	—	—

(°) La mediana del defecto puede ser inferior o igual a 3,5 cuando la mediana del frutado es igual a 0.

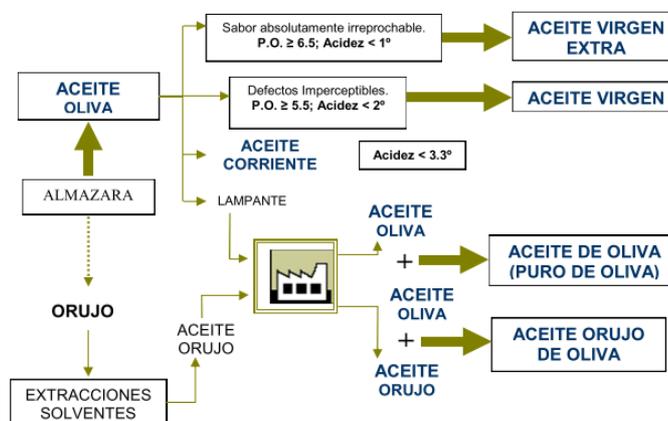


Figura 3 Tipos de aceite de oliva según el reglamento 1019/2002 de la UE, de 13 de junio de 2002 (DOCE)[8] [9]

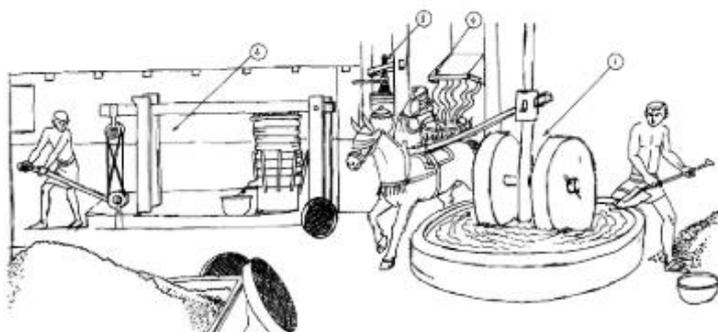
¹¹ Líquido fétido de sabor amargo y de color oscuro compuesto mayormente por agua, que sale de las aceitunas apiladas antes de la molienda y cuando se las exprime para extraer el aceite que contienen

2.2.1. El Sistema Tradicional Romano

Como hemos mencionado anteriormente, el método de extracción de aceite más extendido a lo largo de la historia es el que llevaron a cabo los romanos, que se caracterizaba fundamentalmente por la aplicación de dos procesos a la aceituna; la molturación y el prensado, y un tercero de decantación

Las virtudes del sistema y descripciones de varios de los artilugios que los componen aparecen en textos de los autores más significativos de la Antigüedad en tratados sobre agricultura como los de Catón¹² o Columela¹³ [10], [11]

Para los ejemplares de artilugios que fueron utilizados en el sistema del Molino del Toro en Montilla, [12] realiza un completo estudio técnico- mecánico que permite comparar las cualidades de los mismos. Teniendo en cuenta las dimensiones, materiales, personal.... analiza su funcionalidad, productividad, relaciones mecánicas de sus elementos y geometría.



Reconstrucción ideal del proceso tradicional de molturación y prensado del aceite. 1. Mola olearia o molino de oliva, 2. Prensa de viga y cabestán, 3. Prensa de husillo o prensas genovesas, 4. Hornillo para agua caliente que agregar a la amorga de segunda y tercera prensa.

Figura 4 Representación gráfica de un ejemplo de Método Tradicional[13]

Con datos obtenidos de varios autores, se pueden comparar algunas de las principales cualidades de las técnicas más usadas en el siglo XIX, como la presión ejercida, kg procesados o inversión necesaria.

COMPARACION DE TECNICAS EMPLEADAS EN LA PRODUCCION DEL ACEITE EN EL SIGLO XIX

TÉCNICA	PRESIÓN EJERCIDA	KG. ACEITUNA PROCESADA/ DÍA	INVERSIÓN APROXIMADA EN REALES (HACIA 1870)
Molino de 1 ó 2 rulos de piedra (movido a sangre)	n.a.	1000 a 1500 kg.	-
Molino de 3 rulos de piedra (movido a vapor)	n.a.	3000 kg.	-
Prensa de rincón	-	200 kg.	-
Prensa de torre	2 kg/cm ²	250 kg.	30.000 rs.
Prensa de viga (edificio incluido)	5 kg/cm ²	350 a 600 kg.	De 47.000 a 56.000 rs.
Prensa de columnas o husillo	10-15 kg./cm ²	500 a 1.000 kg.	6.000 a 14.000 rs.
Prensa hidráulica	25-50 kg./cm ²	1.800 a 2.500 kg.	12.000 a 22.000 rs.

Figura 5 Comparación de técnicas empleadas en la producción del aceite en el siglo XIX[14]

¹² Marco Porcio Catón (234-149 a.C.) fue un político, escritor y militar romano, que llegó a ser Cónsul de la República de Roma y autor de importantes escritos de agricultura

¹³ Lucius Junius Moderatus Columella (4 d.C.-70 d.C.) fue un escritor agronómico romano de origen hispano autor de "De Re Rustica" y "Arboribus"

2.2.1.1. Molienda o Molturación

La Molienda o Molturación tiene como objetivo el ablandamiento y rotura de la piel de la aceituna. Este proceso se realiza tras la limpieza del fruto y antes del prensado del mismo. Esta operación, según Catón, era importante ya que, si se realizaba de manera incorrecta, el aceite resultante tendría un gusto amargo al romperse el hueso. A pesar de esta observación, la necesidad de la época de producir de manera eficiente hacía altamente improbable que se reparase en este asunto. [15]

Una de las múltiples clasificaciones de los distintos tipos de molinos es la realizada por [16], teniendo como criterio principal la fuente de energía empleada en la molienda. Se distinguen así tres principales categorías: molinos de sangre, de agua y de viento



Figura 6 Tipología de molinos atendiendo al criterio de la fuente de energía empleada en su funcionamiento[17]

Se entiende por *molino de sangre* aquel que utiliza la tracción de un ser vivo, ya sea humano o animal. Esta ha sido la clase más común a lo largo de la historia para la molienda de la aceituna.

Movido por los aumentos en la demanda de productos como el trigo y la harina por parte de las poblaciones urbanas, se hizo necesaria la implantación de molinos que aumentasen la capacidad de molienda de los de sangre sin tener que aumentar número de molinos, personal o animal.

Así llegamos al segundo gran tipo de molino, el *molino de agua*. Estos molinos aprovechaban la fuerza del caudal del agua en ríos o el flujo y reflujo de las mareas en la costa.

En los lugares donde, por limitaciones geográficas no se tenía la posibilidad de construir uno de éstos molinos, se desarrollaba la tercera familia de molinos, los *molinos eólicos*. Se desarrollaron contemporáneamente a los de agua durante la España medieval y utilizaban la energía eólica para su funcionamiento.

Además de los descritos, también existen o han existido otros muchos tipos en función de los descubrimientos técnicos o energéticos que se han producido a lo largo de la historia: *Molinos de vapor, accionados por motores de gasolina o eléctricos o los molinos de cilindros*[12]; si bien éstos son mas recientes y no cuentan con una historia tan extensa.

Los molinos mas empleados para la obtención de aceite desde la época romana hasta siglos recientes han sido probablemente los de sangre y la tipología de algunos de los molinos empleados para este fin es expuesta por Columela, que establece jerarquías entre ellos, siendo el mejor la mola olearia, en segundo lugar el trapetum y, por último, el canalis y solea [15].

Así, la mayoría de la tipología de molinos de este tipo y con este objetivo fue desarrollada durante la época del Imperio Romano y comprende las variantes que describiremos en orden de complejidad técnica ascendente:

- *Tudícula o sistema de presión con mazas*: este arcaico sistema fue empleado sobre todo en el norte de África y se remonta a los inicios de la época romana. Consistía en golpear las aceitunas introducidas previamente en sacos, con unas mazas de madera y extremo de bronce con púas para machacarlas contra una superficie dura.



Figura 7 Ilustración del sistema conocido como Tudícula[18]

- *Canalis et solea*: con este método, el aplastado de la aceituna se realizaba por parte de los obreros, quienes calzando una especie de zuecos conocidos como *solea*, pisaban fuertemente sobre las aceitunas, que se habían contenidas en un saco dentro de una cuba alargada llamada *canalis*.

Otro operario vertía agua caliente para facilitar que el líquido obtenido; compuesto por una mezcla de aceite y alpechín, fluyese por la superficie inclinada del *canalis* hacia un recipiente para su posterior separación.



Figura 8 Ilustración del sistema conocido como Canalis et Solea[19]

- *Rodillos y Cuba:* este sistema se basaba en hacer mover unas piedras cilíndricas de gran peso a lo largo de otra piedra cóncava de forma rectangular que hacía de base, llamada *Cuba*, donde se iban depositando los frutos maduros del olivo. Ayudándose de unas estacas de madera para hacer palanca, los obreros eran capaces de mover una y otra vez el rodillo de piedra a lo largo de la Cuba. El alpechín salía a través de una perforación en su parte más baja hacia una pileta de decantación, donde se separaría el aceite del agua y el orujo.



Figura 9 Ilustración del sistema de rodillos y cuba[18]

- *Molino con galería acanalada o de piedras concéntricas:* este sistema está formado por una piedra anular que gira sobre otra piedra fija vertical y de forma cónica que presenta estrías en su superficie, con una base cilíndrica.

El mecanismo era accionado a través de una barra horizontal que por medio de dos montantes, hacía girar la parte superior; aplastando así las aceitunas que eran introducidas entre ambas piezas.

El origen de este molino se ubica en el siglo II a.C. y se cree que era propio del Mediterráneo Occidental. Hay dudas sobre su función exacta, ya que aunque algunos indicios apuntan a que fue empleada para realizar una primera molienda sin rotura de hueso previa a una segunda molienda con rotura, se cree que esta técnica no sería factible para producciones medianamente elevadas.

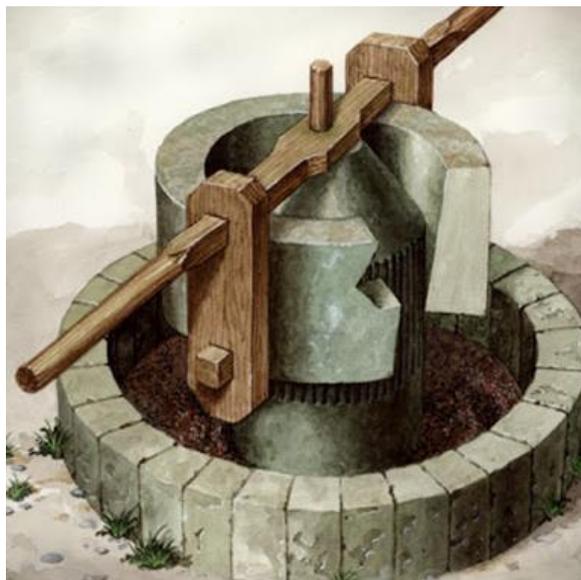
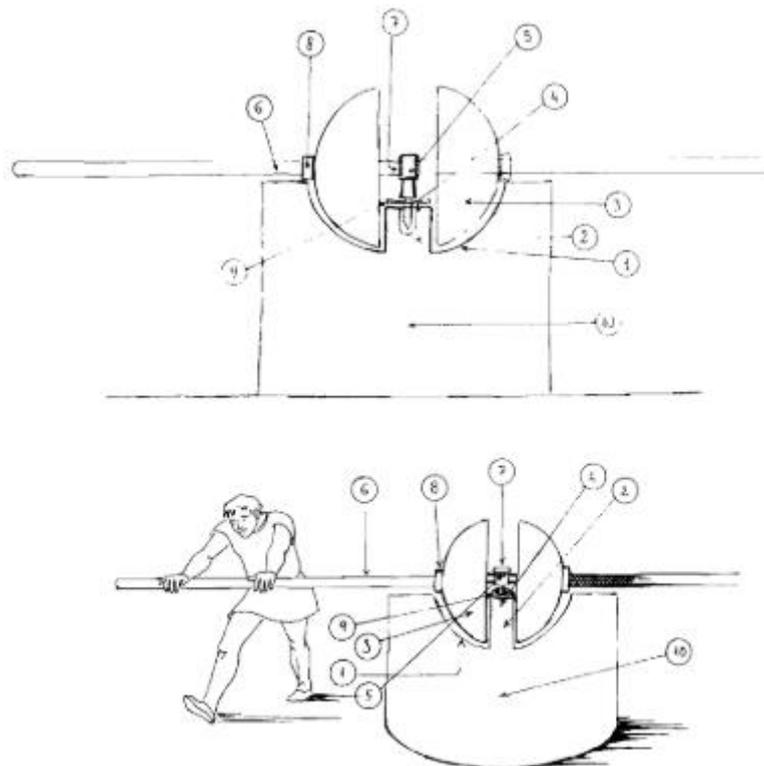


Figura 10 Ilustración de molino de piedras concéntricas acanaladas[18]

- *Trapetum*: este artilugio está formado por una base inferior de piedra circular que recibe el nombre de *mortarium*, dos muelas semiesféricas de piedra llamadas *orbes*, y un eje central de hierro o *columella* que se apoya sobre un pilón central. La *columella* es el elemento que une ambos orbes entre sí y con el *mortarium*.

Este aparato de origen griego (ca. S. IV a.C.) fue usado sobre todo durante el Período Helenístico¹⁴ y el Alto Imperio¹⁵. Este ingenioso aparato permitía evitar la rotura del hueso de la aceituna y el amargor que sus fragmentos aportaban al aceite mediante una franja de alrededor de unos dos centímetros entre los orbes y el *mortarium* que era regulable.

Su funcionamiento consistía en hacer girar las piedras sobre el *mortarium*, que a su vez también giraban sobre sí mismas produciendo un efecto de dislaceración y machaqueo simultáneo en las aceitunas que se encontraban entre ambos elementos.



Molino helenístico de aceituna o trapetum. 1. mortarium, 2. miliarium, 3. orbes, 4. columella, 5. cupa, 6. modiolus, 5. fistula ferrea, 8. armilla, 9. orbiculi, 10. cuva.

Figura 11 Ilustración de Trapetum y las partes que lo conforman[13]

- *Mola Olearia*: este antiguo sistema cuyo origen se emplaza entre el siglo II y la época Bizantina¹⁶, alberga muchas similitudes con el *Trapetum* y aún se encuentra vigente en nuestros días conservando en gran medida su estructura básica pero con modificaciones en su accionamiento.

Se compone de una parte fija central de piedra circular, también denominada *mortarium*, en cuyo centro se sitúa un agujero el cual aloja un eje principal que asciende verticalmente. A este eje vertical se acopla otro eje horizontal que atraviesa una o dos muelas cilíndricas de piedra por su centro. Estas

¹⁴ Etapa histórica de la Antigüedad cuyos límites cronológicos vienen marcados por dos importantes acontecimientos políticos: la muerte de Alejandro Magno (323 a. C.) y el suicidio de la última soberana helenística, Cleopatra VII de Egipto, y su amante Marco Antonio, tras su derrota en la batalla de Accio (31 a. C.).

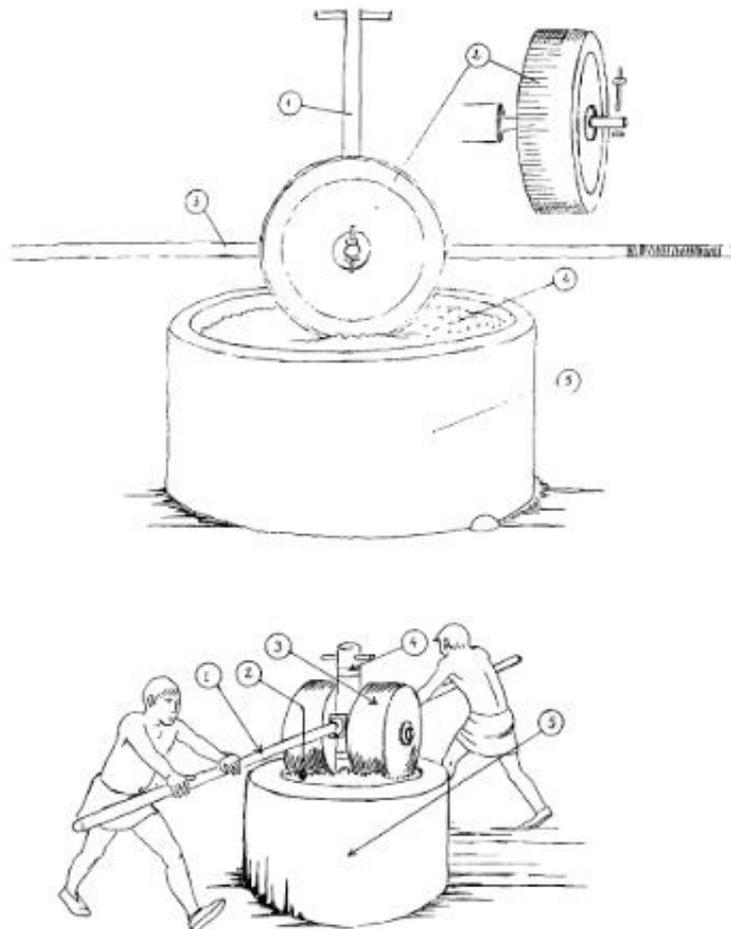
¹⁵ Período que abarca los dos primeros siglos del Imperio Romano, comprendidos entre el 27 a.C. y el comienzo de I siglo III d.C. (dinastía de los Severos)

¹⁶ Época marcada por el origen y caída del imperio bizantino o imperio romano de oriente, que abarca desde el año 395 hasta el 1453

Elaboración de Aceite de Oliva

muelas se desplazan sobre el mortarium circularmente siguiendo un movimiento híbrido entre rotación y traslación que permite, como ocurría con el trapetum, dislacerar la aceituna además de machacarla obteniendo más cantidad de jugo.

Según Columela, las ventajas de este mecanismo sobre el anterior son dos: permite un trabajo más fácil y, por otra parte, tiene la facultad de separar en mayor o menor grado las muelas según la cantidad de aceitunas a tratar, con lo que su funcionamiento es más preciso. Es el más común en las almazaras antiguas [15]



Mola olearia, evolución del trapetum. 1. Milliarium, 2. Orbe, 3. Modiolus, 4. Mortarium, 5. cava.
 — *Mola olearia de alfarje; posterior, de tracción humana o animal. 1. Mayal, 2. Alfarje, 3. Muela corredera, 4. Peón, 5. Piedra fija o cuba.*

Figura 12 Ilustración del Trapetum y los elementos que lo forman[13]

- *Mola Romana o Molino con Rodillo*: es una variante de la mola olearia en la que cambian las proporciones de las muelas. Se conforma también de una base de piedra circular, que en este caso presenta una serie de estrías que mejoran la molienda y que se conoce como *solera*. Las muelas cilíndricas, que pueden ir desde un par hasta un total de seis, eran movidas por tracción humana o animal originalmente, que fue sustituyéndose por el uso de fuerza hidráulica y el motor eléctrico en la época moderna. Situado entre las muelas se incorporó un elemento conocido como *tolva*, en la que se introducían las aceitunas y permitía una mejor distribución de las mismas sobre la superficie de la solera.

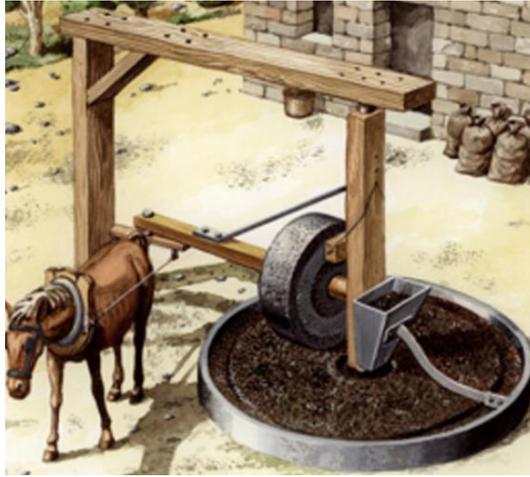


Figura 13 Ilustración de una Mola Romana de tracción animal[18]

- *Molino de rulo o de empiedro troncocónico*: Supone una mejora respecto del anterior y se empieza a utilizar en España a finales del siglo XVIII. Prácticamente idéntico a la Mola Romana, se diferencia de esta en que las piedras cilíndricas verticales eran sustituidas por piedras con forma de cono truncado, cuya generatriz descansa sobre la solera evitando el efecto de deslizamiento.

A costa de la pérdida del efecto lacerador, esta innovación suponía una mayor superficie de molturación y disminución de las resistencias pasivas de la máquina y por lo tanto, un incremento considerable en la productividad.

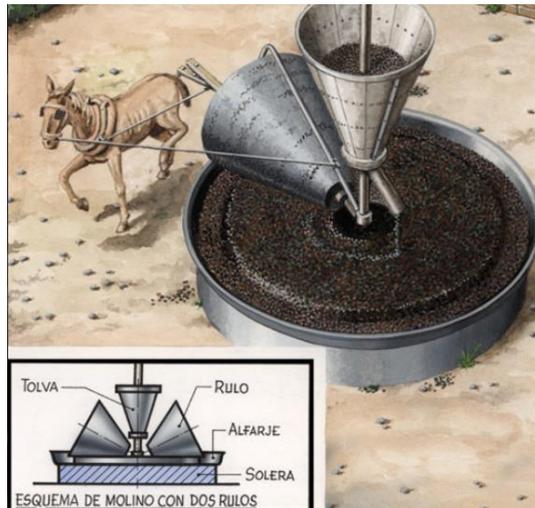


Figura 14 Ilustración de molino troncocónico de tracción animal[18]

Con la llegada de la Revolución Industrial empezó a usarse este tipo de molinos de manera masiva para la producción a gran escala. Lo más común llegó a ser un sistema hidráulico que alimentaba a varios molinos de este tipo con tres piedras troncocónicas.

El producto resultante de la molienda era conocido como *sampsá*, lo que actualmente se llama orujo¹⁷; una masa compuesta por las aceitunas machacadas que aparece mezclada con parte del agua que contenía el fruto y con la *amurca*; líquido amargo y de color negrozco que hoy denominamos alpechín.

Seguramente, el coste en tiempo que exigía una molienda “correcta” -es decir, intentando no romper el hueso-

¹⁷ Subproducto resultante de la extracción de aceite de la aceituna, formado por pulpa, piel y hueso. Su homogeneidad depende del aceite y agua residual que contenga.

era demasiado alto para cualquier productor y, por tanto, la sampsa estaría formada también por restos de los huesos machacados[15].

2.2.1.2. Prensado

Tras la molienda, el agua y la almuerca contenida en la sampsa obtenida eran separados mediante un proceso de decantación. La masa resultante se introducía en capachos¹⁸ de esparto conocidos como *fiscinae*, para proceder a su prensado. Con el prensado se busca extraer el aceite restante aplicando una gran presión sobre la masa de aceituna obtenida tras la molienda.

Para las primeras prensas hidráulicas, algunos autores obtuvieron experimentalmente sus ecuaciones para calcular la capacidad de la misma de obtener aceite

Equación 1 Ecuación para el porcentaje de aceite recuperado en la prensa hidráulica por E.C. KOO

$$P = KG \frac{\sqrt{p} \times \sqrt{t}}{V^z} \quad [20]$$

En la que *P* es el porcentaje total del aceite recuperado del contenido de la semilla referido a sustancia seca; *K* es una constante de cada especie de semilla; *G* es la riqueza grasa de la semilla en seco; *p* la presión alcanzada; *t* el tiempo que dura la presión y *V* la viscosidad del aceite a la temperatura que se opera.[20]

Respecto a la capacidad de producción de las prensas romanas, basándose en las obras de Mattingly, si una prensa ejerce una presión de 1-4 kg/cm², se necesitan 100 kg de aceitunas para producir 20-25 kg de aceite. Si la presión ejercida es de 30 kg/cm², se extraen 30 kg de aceite. Es decir, un aumento significativo en la presión ejercida sobre las *fiscinae* no representa un aumento, en la misma proporción, del aceite obtenido. Sin embargo lo que se pretende es aumentar la rapidez con que se trabaja, y mayor presión ejercida por la prensa, más rápidamente realiza su función. [15]

Según sus cálculos, la máxima cantidad de una gran prensa en una temporada oscilaría entre los 10.000 kg y los 18.000 kg.

[21] realiza sus propios cálculos para comparar la capacidad de prensado de tres de las técnicas que veremos a continuación: la prensa de torre o capilla, la prensa de viga, y la prensa hidráulica; en función de ciertos parámetros presupuestos. Así obtiene la siguiente tabla comparativa

Tabla 2 Comparación de la presión ejercida por tres tipos de prensa[21]

	Presión total sobre el cargo	Presión unitaria (Kg./cm. ²)
Prensa de Torre	21.500*	3,5
Prensa de Viga	19.099*	2,4
Prensa Hidráulica	397.612	62,5

De la prensa de viga [22] apunta que no solamente prensa una cantidad relativamente pequeña de la vianda, sino que también la deja mal prensada y es preciso hacer gran uso de agua caliente para aumentar la cantidad de aceite obtenido, por lo que “jamás pueden elaborarse aceites finos y buenos.”

Existe una gran variedad de mecanismos utilizados tradicionalmente para el prensado de la aceituna, pues muchos de éstos eran similares a los mecanismos utilizados para prensar alimentos como la uva. Dentro de la amplia variedad que encontramos, se puede hacer cierta distinción tipológica que agrupa variantes de mecanismos que utilizaban los mismos principios para el prensado y que expondremos; al igual que con la molienda, por orden de complejidad:

¹⁸ recipiente similar a la espuerta, fabricado con esparto, junco, mimbre, cuero, etc., que puede ser utilizado para diferentes propósitos.

- *Palmentu et Saccula o torsión manual*: éste simple método consistía en introducir aceitunas con un alto punto de maduración en un saco de tela que era retorcido fuertemente con la ayuda de unas estacas de maderas unidas al mismo.

Se empleaba por antiguas civilizaciones con un incipiente desarrollo tecnológico, empleándose ya en Egipto entre el 2500 a.C. y 2300 a.C.

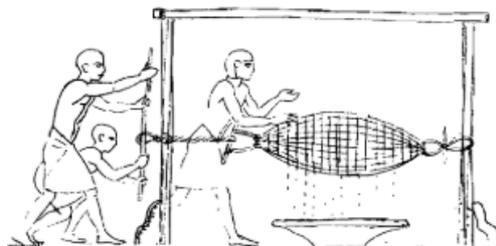


Figura 15 Ilustración del método de torsión manual empleado en Egipto[13]

- *Prensa de cuña*: formada por una estructura de madera con un tope superior, una base donde se apoyan los capachos cargados con la sampsá, y unas traviesas horizontales o *malus* que podían desplazarse verticalmente sobre la estructura siguiendo unas guías. Entre las traviesas se introducían unas cuñas o *tympanas* que hacían presión contra el tope superior y los capachos de la base.

Mediante el golpeo con mazas por parte de dos operarios, las cuñas se introducían cada vez más entre las traviesas, aumentando la presión que estas ejercían sobre los capachos.

El jugo se vertía desde la base en un recipiente mediante una apertura en el mismo.

Esta prensa aparece en pinturas romanas hasta un siglo anteriores a Cayo Clinio Mecenas¹⁹, en la ciudad de Pompeya.

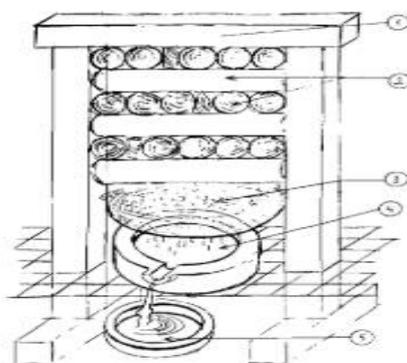


Figura 16 Ilustración de una prensa de cuñas grecorromana[13]

Prensa grecorromana de arbores y malus, precedente de la prensa de husillo genovesa. 1. Malus. 2. Tympana o troncos metidos a presión para forzar a la fiscina. 3. A segregar la amurca en el Area. 4. Desde donde pasa a la Labra 5.

Figura 17 Partes de una prensa de cuñas grecorromana[13]

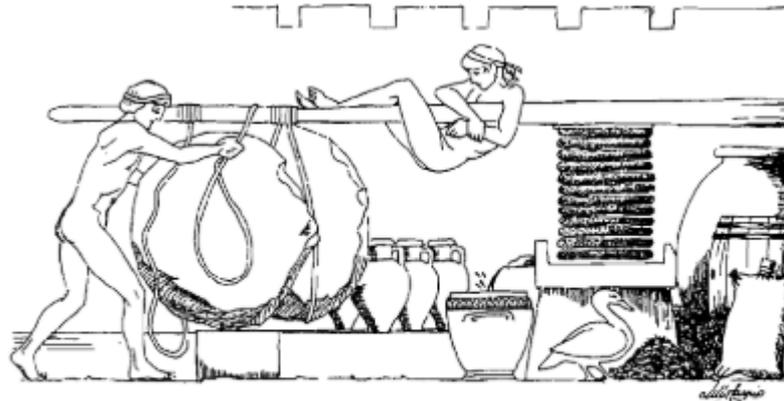
¹⁹ Noble romano de origen etrusco, confidente y consejero político de Augusto y con gran dedicación a la promoción del arte (70 a.C.-8 a.C.)

- *Prensas de palanca*: comprende una amplia variedad de prensas que emplean el principio de la palanca²⁰ con el fin de aumentar la presión ejercida sobre el punto de resistencia. Es por esto que muchas de ellas tienen características muy parecidas.

Elementos comunes son la viga como elemento principal y el uso de algún tipo de contrapeso aplicado sobre la misma como modo de prensado.

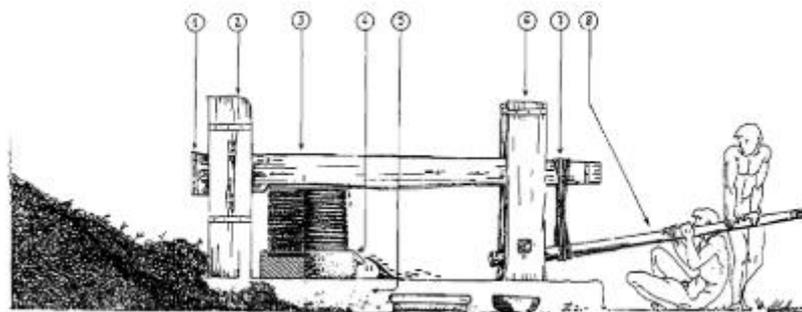
Las principales distinciones entre sus variedades residen en el mecanismo que ayuda a la viga a descender sobre el objeto a prensar. Desde variantes en las que la viga se deja descender sobre los capachos por su propio peso o colgando de ella un rudimentario sobrepeso de piedra en su extremo, este sistema evolucionó hacia mecanismos más complejos que empleaban un torno, un husillo, o un quintal para desempeñar dicha función..

A continuación comentaremos estas tres variantes que tanta presencia han tenido en las almazaras de la costa mediterráneo durante tantos siglos.



Prensa de alfargo elemental, griega, usada para obtener vino. Es el precedente del prelum helenístico.

Figura 18 Prensa de palanca elemental con un sobrepeso colgado[13]



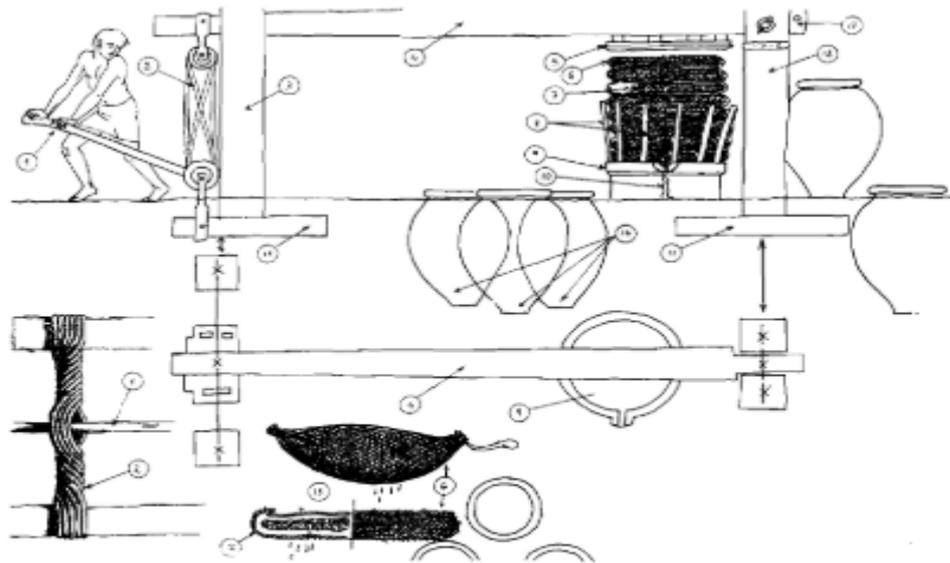
Prensa de alfargo simple de época griega. 1. Ligula, 2. Arbor, 3. Prelum, 4. Orbis, 5. Stipites, 6. Sucula, 7. Vectes.

Figura 19 Prensa de palanca simple con palanca de contrapeso[13]

²⁰ Máquina simple que cambia la magnitud y la dirección de la fuerza aplicada para mover un objeto, reduciendo la fuerza necesaria a ejercer. Consiste en una barra rígida que gira alrededor de uno de sus puntos, llamado punto de apoyo o fulcro. El brazo de potencia es la distancia entre el punto donde se aplica la potencia y el punto de apoyo. El brazo de resistencia es la distancia entre el punto de aplicación de la resistencia y el fulcro.

La ley de la palanca se enuncia diciendo: Potencia por su brazo (Bp) es igual a resistencia(R) por el suyo (Br).

- *Prensa de Viga y Torno*: en esta variante los operarios obligan a la viga hasta el punto de presión máxima girando un torno en el cual se va enrollando una doble cuerda o *maroma*, que se haya unida al extremo libre de la viga. Una vez se ha terminado de extraer el aceite de la torre de capachos, se desenrollan las cuerdas y la viga retorna a su posición de reposo.

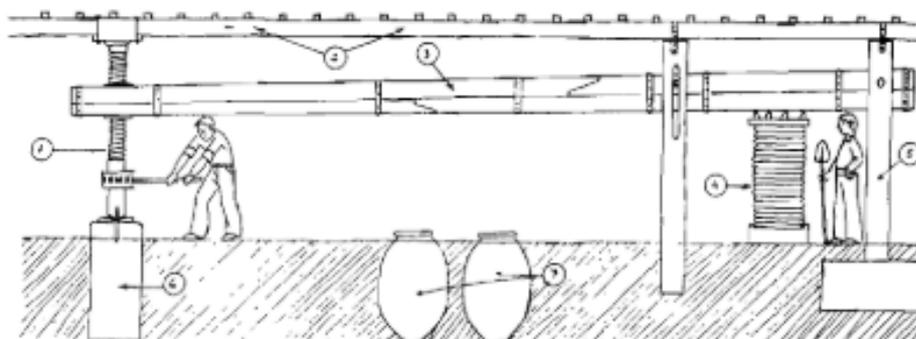


Prensa de cabestán griega de paesos (Creta) llamada torcular. 1. Vectes o tróclea, 2. Sucula o cabestán, 3. Stípites, 4. Prelum, 5. Orbis olearius, 6. Fiscina, 7. Sampsa, 8. Regulae, 9. Area, 10. Amurca, 11. Pedicini, 12. Arborea, 13. Ligula, 14. Labra, 15 y 16. Fiscina o cofín evolucionado con capacho 16 y planeta 15.

Figure 20 Ilustración de una prensa de viga y torno con las partes que la conforman[13]

- *Prensa de Viga y Husillo*: en este caso, al hacer girar un husillo unido firmemente al suelo, el extremo de la viga al que va unido baja haciendo que la viga comprima la masa de aceituna contenida dentro de los capachos colocados cerca del otro extremo de la viga.

La base del husillo nunca llega a levantarse del terreno al que se encuentra anclado. Para hacer volver a la viga a su punto de reposo, bastaba con girar el husillo en sentido inverso al de compresión.



Prensa de viga y husillo, ss. XIX-XX. 1. Husillo, 2. Techumbre, 3. Viga, 4. Pie o pila de cofines, 5. Árboles, 6. Quintal, 7. Cocios.

Figure 21 Ilustración de una prensa de viga y husillo con sus partes[13]

- *Prensa de Viga y Quintal*: es una de las prensas para elaboración de aceite de oliva más utilizada entre los siglos XVII y XIX. Constituye; junto con el molino de piedra cilíndrica o cónica, el fundamento de la mayoría de los molinos aceiteros existentes a partir del siglo XVII hasta que poco a poco su uso fue decayendo a finales del siglo XX con la implantación de los sistemas hidráulicos de presión que surgieron a principios de siglo y con los que llegó a convivir durante bastantes años.

En este caso, la presión se ejerce de forma progresiva y lenta gracias a un peso de piedra de unos 3000 kg, conocido como quintal.

El proceso llevado a cabo por esta máquina constaba de varias etapas: en primer lugar se colocaban en posición los capachos llenos de la sampsá obtenida de la molienda con el mecanismo en posición de reposo; a continuación se hacía girar el husillo para elevar el quintal, hasta que éste quedase suspendido en el extremo de la viga opuesto a donde se habían colocado los capachos; por último, el peso del usillo sumado al de la propia viga hacía descender lentamente el mecanismo sobre el conjunto de capachos, exprimiendo una porción del aceite contenido en ellos.

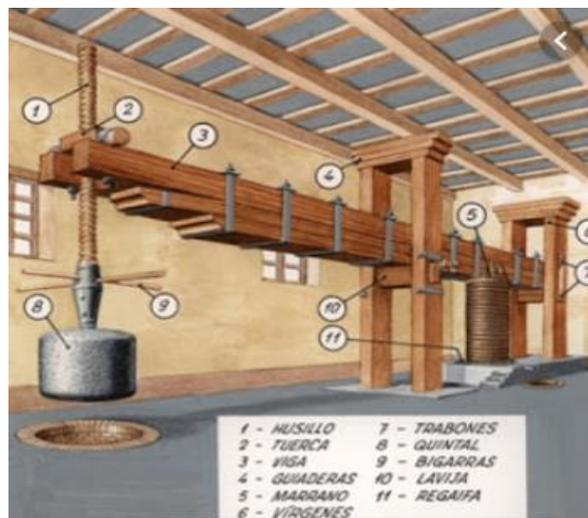


Figura 22 Ilustración de una prensa de viga y quintal con sus partes[18]

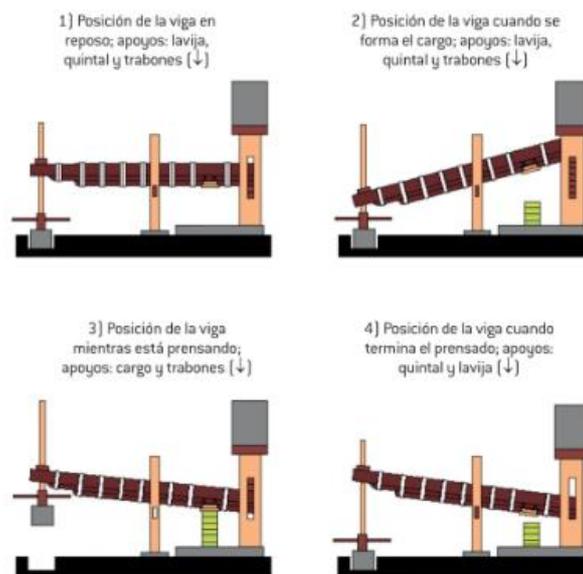


Figura 23 Ciclo de funcionamiento para una prensa de viga y quintal[23]

- *Prensa de Capilla o de Tornillo*: esta tipología de prensa surge a finales del siglo I a.C. y a día de hoy todavía se usa para tareas vinícolas artesanales; si bien es cierto que su uso se redujo a gran escala con la aparición de la prensa de viga y quintal a finales del siglo XVII.

El mecanismo de esta prensa consta de una estructura vertical que acoge una gruesa tabla horizontal atravesada verticalmente en su centro por un largo tornillo de madera o hierro de rosca rápida y gruesa. El esfuerzo de los operarios al hacer girar dicho tornillo, empuja la tabla horizontal hacia abajo, imprimiendo gran presión sobre el conjunto de capachos.



Figura 24 Ilustración de una prensa de capilla[18]

- *Prensas de tornillo, Prensas de Volante y Engranaje y Prensas Hidráulicas*: estas tres tipologías se añadirán; a pesar de no ser usadas nunca por los romanos, debido a que si fueron usadas posteriormente en el sistema tradicional romano a partir de la Revolución Industrial.

El material del que se componen es metal principalmente y la estructura de los tres es muy similar. La estructura se compone generalmente de dos o cuatro columnas que unen una parte superior con otra inferior. Una plataforma se mueve entre ambas para presionar los capachos que se colocan entre medias. La diferencia de las tres reside en el mecanismo que permite mover dicha plataforma:

En el caso de las prensas de tornillo y las de volante y engranaje, es el accionamiento de un husillo por pomos y palancas o un volante engranado respectivamente.

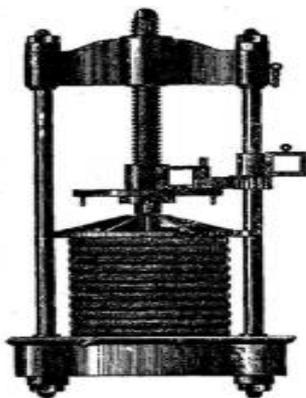


Figura 25 Prensa de Tornillo[22]

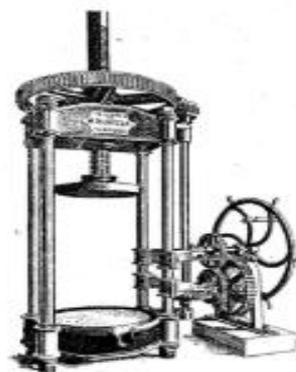


Figura 26 Prensa de Volante y Engranaje[22]

En el caso de la prensa hidráulica, fué introducida al sector oleícola español por Don Diego de Alvear y Ward e inventada por el británico Joseph Bramah en 1795.

La gran innovación de esta prensa residía en el empleo del principio de Pascal²¹ para aplicar una enorme presión. Consta esencialmente de dos tubos paralelos de distinto diámetro llenos de fluido y cerrados por dos pistones. Una fuerza pequeña aplicada al pequeño se transmite a través del fluido y se amplifica sobre el pistón de mayor superficie.

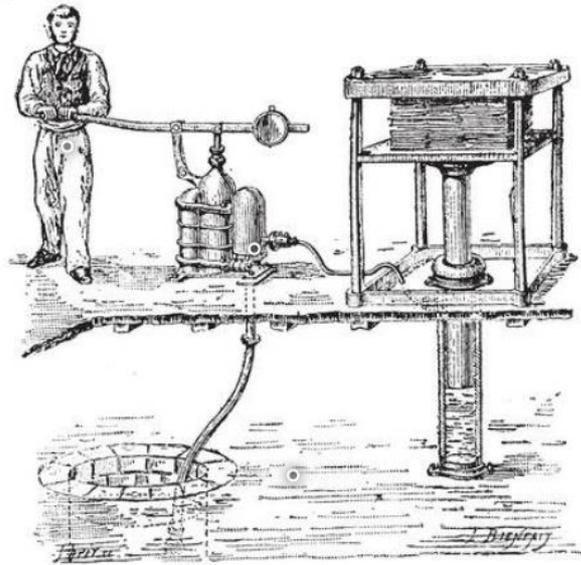


Figura 27 Ilustración de una prensa hidráulica de accionamiento manual[24]

La prensa hidráulica con su respectiva bomba hidráulica, va provista de un cigüeñal con dos juegos de engranajes, uno que sirve para apresurar la presión al principio y otro juego de engranajes para cuando la prensa alcanza presión. Ambas prensas podían accionarse tanto con fuerza de sangre como por vapor, gasolina o electricidad.

En cualquiera de estos métodos de prensado, también era común verter agua sobre las fiscinae para facilitar la extracción del aceite, por lo que el resultado era un líquido mezcla de aceite, agua e impurezas que se vertía en depósitos o *labras*. Este líquido era sometido a un proceso de decantación para separar el aceite del resto de la mezcla y trasvasarlo de los labras a las *dolia* para su almacenaje. El uso de agua caliente en los procesos de molienda y prensado sería siglos más tarde algo a evitar, con las evidencias que indicaban que afectaba negativamente a la calidad del producto obtenido.

²¹ Ley enunciada por el físico y matemático francés Blaise Pascal (1623-1662) que se resume en que La presión ejercida sobre un fluido poco compresible y en equilibrio dentro de un recipiente de paredes indeformables se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido.

2.2.2. Sistema Continuo de Línea Continua Por Centrifugación

Hacia la segunda mitad de la década de los sesenta comienza a aplicarse, a escala industrial, el sistema de separación basado en el uso de la fuerza centrífuga, mediante decánters o centrifugadoras horizontales. La molturación seguía formando parte del proceso, pero el prensado dejó de ser necesario.

En el método actual, la fase de preparación de la pasta consta de dos partes principales, la *molienda* y el *batido*. Lo que diferencia este método de los anteriores es el proceso de separación de fases. El sistema de centrifugación siempre lleva a cabo la separación de tres fases en el decánter: la sólida, la líquida alpechín y la líquida aceite. Sin embargo, mientras que en la centrifugación de tres fases las distintas fases salen separadas, en el de dos fases, las fases sólida y líquida alpechín salen juntas, y separadas de la del aceite. En cualquier caso es necesario purificar los líquidos, para lo que se emplean las centrífugas verticales.

La ventaja principal respecto a las prensas es su menor necesidad de mano de obra y tiempo de obtención, a la vez que se producen aceites de menor acidez.

[2] Analiza los aspectos tecnológicos de la producción del aceite de oliva centrándose en los estudios realizados por otros autores como [25] y [26] donde se presentan datos como la cantidad de cada tipo de sistema de extracción presentes en los principales países productores en 1999; se clasifican los sistemas en tres grandes clases (sistema a presión tradicional, sistema continuo con decantador a 3 ó a 2 fases, y sistema continuo con separación por filtración); características de los aceites en función del tipo de hoja y su porcentaje en peso; comparación de los distintos métodos en cuanto a propiedades del aceite obtenido en función de factores como la velocidad de molienda, variedad y maduración de la aceituna, tiempo de molienda y de batido; y temperatura del batido. Su obra también recoge una síntesis de resultados obtenidos en investigaciones sobre el efecto que tratamientos físicos como la adición de coadyuvantes²² tienen en el aceite de oliva, así como la conservación y el envasado.

²² La presión ejercida sobre un fluido poco compresible y en equilibrio dentro de un recipiente de paredes indeformables se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido.

País	Almazaras tradicionales	Sistemas a presión		Sistemas continuos		Total*
		<200 kg/cm ²	>200 kg/cm ²	3 fases	2 fases y 2 y 1/2 fases	
España	-	-	63	194	1.743	2.000
Italia	-	200	3.000	3.000	750	6.950
Grecia	-	-	450	2.000	200	2.650
Tunez	-	875	585	340	10	1.810
Siria	105	61	440	167	-	668
Portugal	-	200	820	85	25	1.130
Marruecos	10.000	8.000	1.500	15	-	9.515
Francia	14	32	102	42	8	184
Argelia	630	630	915	140	-	1.685
Chipre	-	-	-	20	2	22
Israel	2	4	27	34	-	65

*Las almazaras tradicionales a tracción animal no se han tenido en cuenta.

Figura 28 Número de almazaras en uso en los países del Mediterráneo y los diferentes sistemas tecnológicos empleados en 1999[6]

Estas centrifugadoras empleadas en el sistema continuo se componen de un recipiente cónico, completamente hueco, denominado bol o tambor (fabricado en acero inoxidable) que incluye en su interior un tornillo sinfín (construido igualmente en acero inoxidable), que encaja de forma perfecta y gira ligeramente desfasado. Todo ello apoyado sobre una bancada y accionados mediante un motor eléctrico. [27]. Estas centrifugadoras pueden girar a unas 3500 rpm o 6500 rpm dependiendo de si se disponen horizontal o verticalmente respectivamente.

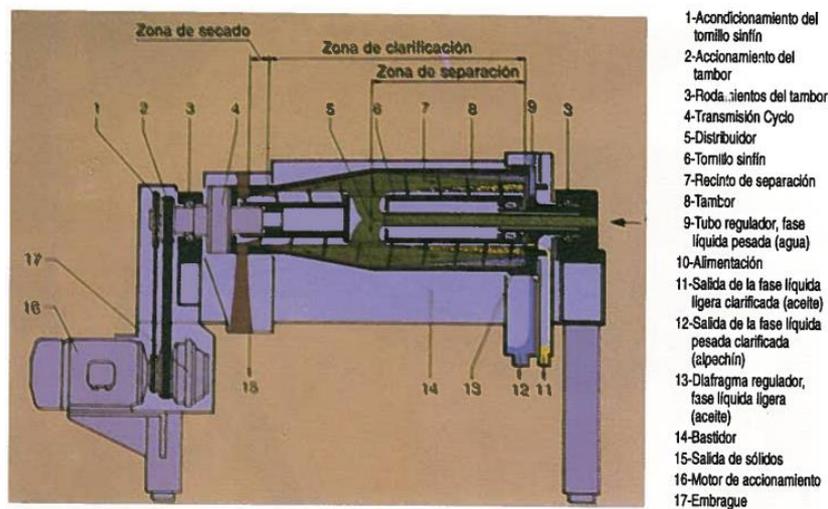


Figura 29 Esquema de una centrifugadora horizontal y sus partes[27]

El movimiento de ambos elementos los produce el mismo motor, aunque el sinfín gira a un número de vueltas diferentes al bol o rotor. Esto se consigue mediante un sistema de poleas y correas. Mientras que el sentido de giro de ambos es el mismo, la diferencia de vueltas (menor en el sinfín) produce un movimiento relativo en su periferia que consigue desplazar a los sólidos en sentido inverso al paso de hélice, mientras que los líquidos avanzan empujados por el sinfín en sentido del paso de hélice.

La masa de aceituna que se trata de centrifugar no es un cuerpo homogéneo, sino una mezcla de tres elementos: orujo, alpechín y aceite. Al centrifugar los tres elementos de densidades diferentes a la vez, se formarán tres coronas circulares en la separadora cuyos radios son proporcionales a las fuerzas centrífugas originadas que son proporcionales a las densidades. La corona más central corresponde al aceite y la más exterior al orujo.

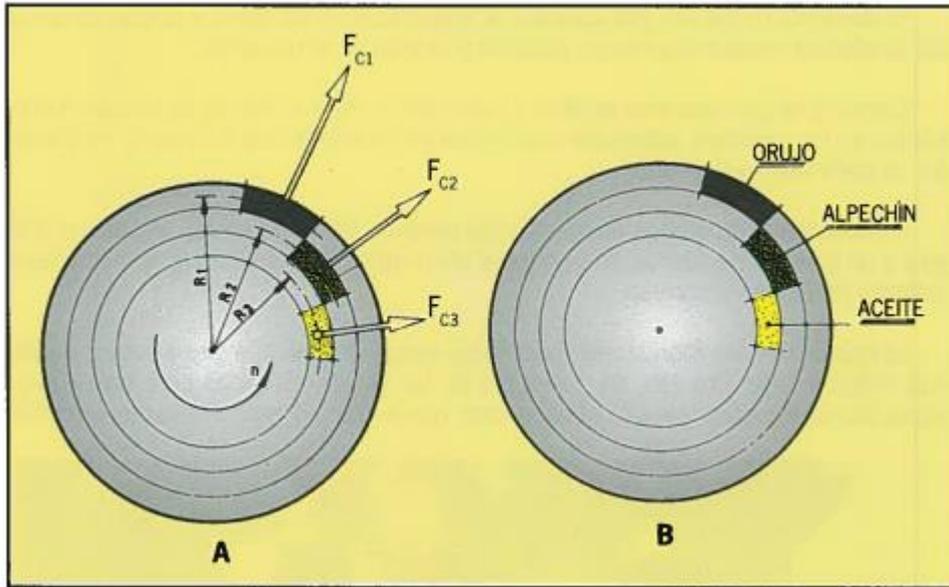


Figura 30. Separación en 3 fases (aceite, alpechín y orujo) en la centrifugadora horizontal debido a la fuerza de giro de la misma. [28]

En un principio los decánters funcionaban en tres fases, por lo que necesitaban de la adición de gran cantidad de agua a la masa para que el rendimiento de la separación fuera aceptable. Este sistema presenta el problema del alto consumo de agua y el arrastre por parte de la misma de los componentes que tienen más afinidad por ella que por el aceite. Este sistema fue generalmente sustituido por el de dos fases para solventar dichos problemas.[29]

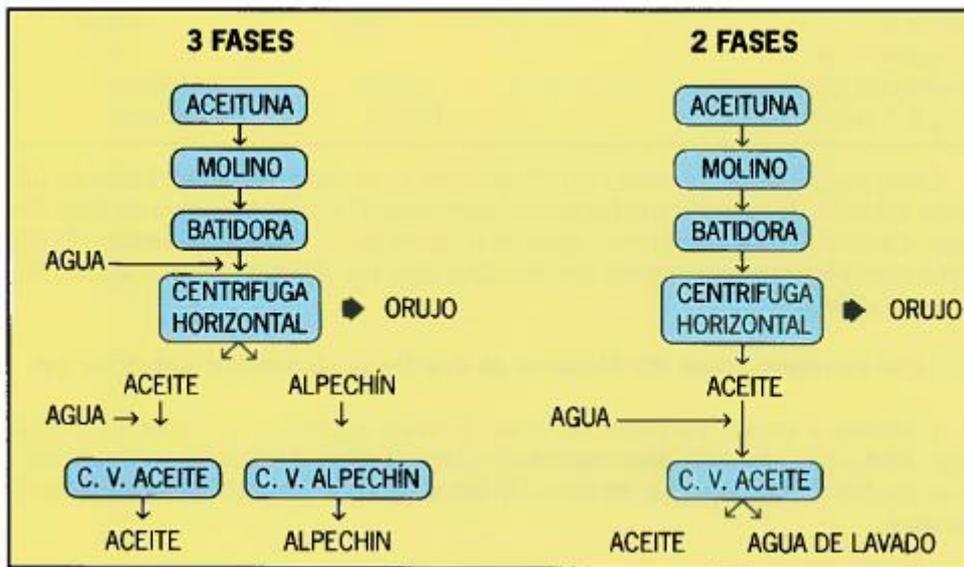


Figura 31 Esquema de los sistemas continuos de dos y tres fases[28]

Las ventajas del sistema continuo son: ocupación de espacio reducido, requerimiento de menor mano de obra y escaso consumo de agua (dos fases). Por el contrario, eleva el consumo de energía, el nivel de inversión es relativamente alto, aunque fácilmente amortizable, y necesita de mano de obra especializada. Para que el sistema de dos fases sea neutro respecto al de tres fases, las pérdidas que podrían producirse en el orujo deberían estar comprendidas entre 1.75 y 2.20 kg de aceite por 100kg de aceituna, lo que referido a materia seca del orujo nos daría un intervalo de 5.60-7.10%. Experimentalmente se observa que es común cumplir con

este intervalo para las almazaras industriales que emplean centrifuga horizontal de dos fases.[28]

En todo el proceso de extracción el contacto de la masa o del aceite con el ambiente es mínimo por lo que la disminución de calidad que puede sufrir el aceite también se reduce.[25]

2.3. Oleicultura en España

España tiene una estrecha conexión a lo largo de su historia con el aceite de oliva y su producción. Debido a esto contamos a día de hoy con un patrimonio industrial oleícola único en el mundo [3], [30], [31]

2.3.1. Historia

El olivo terminó por establecerse como un cultivo mayoritario en la Península Ibérica durante la época del Imperio Romano²³ y su presencia ha ido creciendo a lo largo de los siglos.

Actualmente la presencia de este cultivo en España se encuentra en su punto más alto y nos situamos a la cabeza de la producción mundial de aceite de oliva, con una notable diferencia respecto a los otros grandes productores de este alimento. Sin embargo el protagonismo de este cultivo ha tenido cierta fluctuación a lo largo de nuestra historia.

La caída del Imperio Romano, se llevó consigo parte de su interés por el cultivo del olivo, reduciéndose durante la época visigoda²⁴. Con la dominación árabe sin embargo, esta situación se revirtió y el olivar volvió a tomar protagonismo en el paisaje peninsular, remarcablemente en zonas como el Aljarafe.

En los territorios cristianos medievales, debido a factores como la inestabilidad de las fronteras entre los reinos, las crisis poblacionales o la influencia castellana, hicieron que la población de la época se centrara más en actividades ganaderas, quedando relegada la agricultura a un segundo plano.

No sería hasta finales del siglo XV, con la unificación del territorio hispano; cuando la explotación del olivar vuelva a resurgir, si bien las epidemias de peste que despoblaron amplias zonas de la península afectaron inevitablemente al olivar[32].

El descubrimiento de América en 1492 y el consiguiente comercio colonial durante los siglos XVI y XVIII supone otro enorme impulso para el desarrollo de este cultivo, particularmente en territorio Bético. Este crecimiento continúa durante el período de la Ilustración Española que se inicia a principios del siglo XVIII. Durante esta época se empieza a cultivar el olivo en tierras de colonias carolinas y se crea el primer inventario general del uso del territorio agrario de España, el *Catastro del Marqués de Ensenada*.²⁵

La importancia del reinado de Isabel II en el desarrollo de nuestro país ha sido estudiada por autores como [33], desarrollándose entre 1830 y 1868 el modelo de crecimiento económico de nuestro país. Entre los cambios económicos más significativos señala la consolidación del capitalismo; el establecimiento de una auténtica economía de mercado; el incremento de la producción agrícola ocasionado por efecto de las desamortizaciones con la explotación de amplias zonas antes sin cultivar; el impulso de la economía desde el poder a través de una legislación favorecedora de la industria, la minería, las finanzas y el comercio; la configuración de un mercado nacional; el fomento de una amplia red de estructuras; la racionalización de los impuestos; y la reforma del urbanismo y de los servicios públicos llevada a cabo para hacerlos más acordes con los nuevos tiempos y con las políticas higienistas²⁶ [34]

²³ Tercer periodo de civilización romana en la Antigüedad clásica, posterior a la República romana y caracterizado por una forma de gobierno autócrata. (27 a.C.- 476 d.C.)

²⁴ Periodo histórico que abarca el asentamiento del pueblo visigodo en la península ibérica, entre mediados del siglo V y comienzos del VII

²⁵ Minuciosa averiguación a gran escala de los habitantes, propiedades territoriales, edificios, ganados, oficios, rentas, censos y características geográficas de las poblaciones de la Corona de Castilla ordenada por el rey Fernando VI a propuesta de su ministro el marqués de la Ensenada; del cual recibe su nombre.

²⁶ El higienismo es una corriente que nace en la primera mitad del siglo XIX con el liberalismo, cuando los gobernantes comienzan a reparar con más detenimiento en la salud de la ciudad y sus habitantes. Se consideraba la enfermedad como un fenómeno social que abarcaba todos los aspectos de la vida humana. La necesidad de mantener determinadas condiciones de salubridad en el ambiente de la ciudad mediante la instalación de agua corriente, cloacas, iluminación en las calles, y de poder controlar las epidemias fueron dando forma a esta corriente

Durante esta época se dio el primer gran impulso hacia la modernización tecnológica de las almazaras, que sustituyeron las antiguas prensas de madera por otras de fundición e introdujeron los nuevos materiales de la Edad Contemporánea. Una parte importante del aceite andaluz era destinado entonces a usos industriales en los mercados europeos (Alemania, Dinamarca, Inglaterra, Rusia, etc.). [32].

Los cambios en la industrialización y las mejoras de los medios de transporte favorecieron el progreso de economías de expansión que generaban un creciente movimiento de manufacturas y materias primas entre distintos países de Europa, así como una mayor difusión de los avances tecnológicos que iban surgiendo.

Con limitaciones como un sistema injusto de impuestos y la proletarización²⁷ del campesinado ocasionado por la liberación de la tierra, a finales del reinado de Isabel II primaban en la Península las actividades agroganaderas.[33]

A finales del siglo XIX, tuvo lugar otra crisis agropecuaria que frenó la expansión anterior y exigió una profunda transformación del olivar español. Las investigaciones más recientes sobre la historia agraria cuestionan el inmovilismo de la agricultura en la España del siglo XIX, pese a que también se constata su atraso tecnológico y anacronismo si se compara con los modelos de otros países europeos de la época. Destaca la existencia de una serie de intelectuales y políticos cordobeses de la época como Agustín Álvarez de Sotomayor, Rafael Joaquín de Lara, o los hermanos Diego y Enrique de Alvear y Ward que defendían medidas para el progreso agrario de la zona tales como la introducción del sistema de cultivo, del control de plagas, y de tecnologías más avanzadas utilizadas en otros países como Francia o Gran Bretaña.

La etapa considerada entre 1900 y 1930 fue de nuevo, un periodo expansivo, aunque con unas características diferentes a las del primero. Entonces, la mayoría de los esfuerzos se centraron en el aumento de los rendimientos agrícolas (kilos de aceitunas por hectárea), en obtener aceites de mejor calidad (modernización o mejora de las almazaras) y en la búsqueda de nuevos países consumidores. Esta etapa fue también protagonista del “capitalismo andaluz de base agraria”, debido a que diversos emprendedores catalanes y levantinos decidieron instalar negocios oleícolas en las principales provincias productoras del aceite de oliva: Jaén, Córdoba y Sevilla.[32].

En una España contemporánea que poco a poco fue desarrollando su proceso industrializador e incrementando el nivel de urbanización, las empresas agroalimentarias jugaron un papel muy significativo, pues los artesanos y trabajadores agrícolas pasaron a ser habitualmente mano de obra industrial. Esta emigración socio-laboral hacia las modernas ciudades causó una mayor dependencia de la población respecto a los centros donde se producían o vendían alimentos cotidianos, viéndose obligados a cubrir una demanda en ascenso.

Dicha situación supuso, por un lado, la sustitución paulatina de los pequeños negocios familiares y artesanales, capaces de cubrir solamente mercados locales, por modernas casas comerciales y fábricas. Por otra parte, se produjo un aumento en la oferta de alimentos y se idearon otros nuevos, como el azúcar de remolacha o las conservas.[32].

2.3.2. Acogida de los Avances Tecnológicos en la Extracción del Aceite

La tecnología prerromana de extracción de aceite fue generalmente bastante arcaica. Se constata que los egipcios no llegaron a conocer molinos ni prensas, pues obtenían la mayor parte de su aceite mediante el comercio con Creta. En aquella época los métodos de extracción de aceite empleados eran de torsión manual, que como vimos anteriormente, consistían introducir las aceitunas maduras en sacos y retorcerlos fuertemente. Los hebreos²⁸, por su parte, debieron emplear molinos y prensas toscas.

Con la conquista micénica²⁹ de Creta, se introdujo la producción oleícola en Grecia. Estos llevaron a cabo mejoras notables en cuanto a sus predecesores, sirviéndose de aparatos análogos al trapetum de los romanos y prensas simples que empleaban el principio de la palanca.

²⁷ Proceso social mediante el cual las personas pasan a ser mano de obra asalariada por parte de un empleador.

²⁸ Antiguo pueblo nómada semita que conquistó y habitó Canaán

²⁹ La civilización micénica se desarrolló en el periodo prehelénico entre 1.600 a.C.-1.100 a.C. y representa la primera civilización avanzada de la Grecia continental

Durante la época del Imperio Romano, el aceite tomó un papel mucho más fundamental en la sociedad de la época, lo que significaba mayor demanda y por lo tanto, mayor necesidad de producción. Así los romanos mejoraron los métodos de extracción, creando una amplia variedad de mecanismos (trapetum, prensa de viga y quintal, mola romana...) y extendiendo por su dominio el sistema tradicional de molienda/prensado/decantación que sería usado mayoritariamente hasta que recientemente surgiese el sistema continuo basado en la centrifugación.

Las tecnologías creadas por los romanos y su sistema serían empleadas durante toda la Edad Media³⁰, usando molinos de sangre generalmente y variando la tipología y tamaño de las prensas en función de las limitaciones de espacio y la necesidad de producción (prensas de husillo o de capilla en almazaras pequeñas y prensas de viga y quintal en las de mayor tamaño).

Durante la España Medieval y Moderna³¹, predominaron los molinos de una sola piedra cilíndrica, que habían sustituido al anterior trapetum romano. Para incrementar la superficie de contacto de la muela volandera con el *alfarje*, así como para reducir el deslizamiento de aquella, las piedras cilíndricas fueron sustituidas, durante la centuria decimonónica, por otras en forma de conos truncados [32]

En España, el modelo económico durante el reinado de Isabel II; en un marco europeo donde economías de expansión buscaban nuevos mercados entre países europeos, originó la proliferación de agronomistas cordobeses que defendían mejoras importantes en el sector como la introducción del sistema de cultivo y control de plagas.[34].

En las almazaras del siglo XIX, la molienda evolucionó hacia empiedros con varias muelas trituradoras, donde las aceitunas eran vertidas a una tolva central, quedando así alimentada la solera de un modo uniforme. En lo referente a las prensas, los mayores avances del siglo consistieron en la sustitución de las prensas de madera por otras metálicas más potentes.

En este contexto surgen personajes como Don Diego de Alvear y Ward, responsable de introducir la nueva gran innovación tecnológica. Fue pionero en incorporar, importada desde Gran Bretaña en 1833, la prensa hidráulica con el objetivo de ser usada en el prensado de la masa de aceitunas. No obstante, esa no era la función para la que había sido fabricada dicha prensa, por lo que requeriría la aplicación de una serie de mejoras durante los próximos años del siglo XIX y principios del XX para conseguir que se adaptase a la función que Don Diego tenía en mente para ella.

³⁰ Período histórico, posterior a la Edad Antigua y anterior a la Edad Moderna, que comprende desde el fin del Imperio romano, hacia el siglo V, hasta el siglo XV.

³¹ tercero de los periodos históricos en los que se divide convencionalmente la historia universal, comprendido entre el siglo XV y el XVIII.

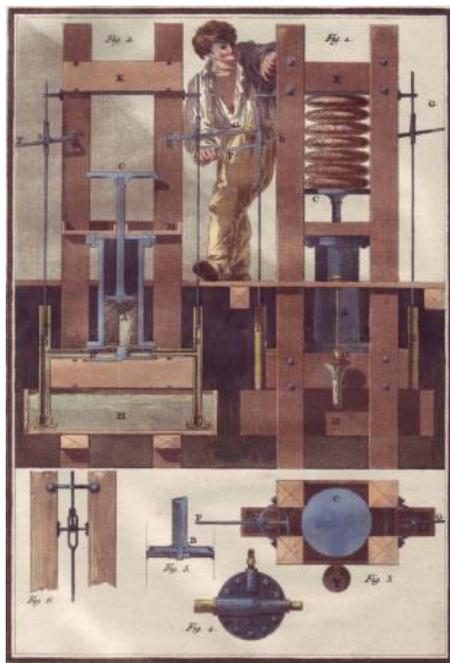


Figura 32 Esquema de la primera prensa hidráulica inventada en 1795 por el británico Joseph Bramah[35]

La prensa original contaba con limitaciones técnicas como la inexistencia de bateas³², lo que entorpecía el recargo; o la inestabilidad del cargo de capachos. Estos inconvenientes fueron siendo solventados gracias una serie de mejoras técnicas aportadas en gran medida por el Marqués de Cabra³³.

En la prensa³⁴ de la época se recogen muy interesantes confrontaciones de opiniones en formas de cartas al director. Concretamente *El Semanario Industrial* acogió cantidad de estas. Muchos de los testimonios de la época acerca de dicha prensa aparecen recopilados en [36]. Entre dichos testimonios destacan los de figuras como la del catedrático de agricultura Don Francisco Martínez Robles quien dice entre otras cosas, que la introducción de esta máquina en España formará época en los anales de nuestra agricultura. .

Las prensas usadas hasta entonces habían sido las de viga y torre y que en Andalucía ninguna de ellas hacía por lo regular dos prensadas al día, es decir nueve fanegas castellanas³⁵ cada una frente a las 16 fanegas que algunos propietarios defendían que podía hacer la prensa hidráulica en dos horas de actividad. [37]

No obstante, había opiniones que dudaban en lo referente a la mejora que suponía este artilugio, cuestionando si la instantaneidad de la presión aplicada podría provocar graves daños en los capachos de esparto; quedando la masa de la aceituna elaborada incorrectamente. Estos apuntes se basaban en observaciones de distintas prensas y las pérdidas que se producían en la operación de las mismas [38].

Una muestra del ritmo al que la tecnología de prensado iba progresando nos lo da la siguiente imagen, que recoge el número y la tipología de las prensas andaluzas y españolas entre los años 1857 y 1930 que aparece en [39]

³² Vagón descubierta de poca altura

³³ Título nobiliario concedido por Alfonso XII en 1875 al egabrense Martín Belda y Mencía del Barrio (1820-1882)

³⁴ Entendiéndose como su definición que comprende el conjunto de publicaciones periódicas y especialmente las diarias

³⁵ Según el marco de Castilla, la fanega como unidad tradicional de volumen o capacidad equivale a 55,5 litros, aunque esta equivalencia es variable según los lugares de uso. Su nombre proviene del árabe hispano: faniqa, medida de áridos, y este del árabe clásico: faniqah, saco para transportar tierra.1

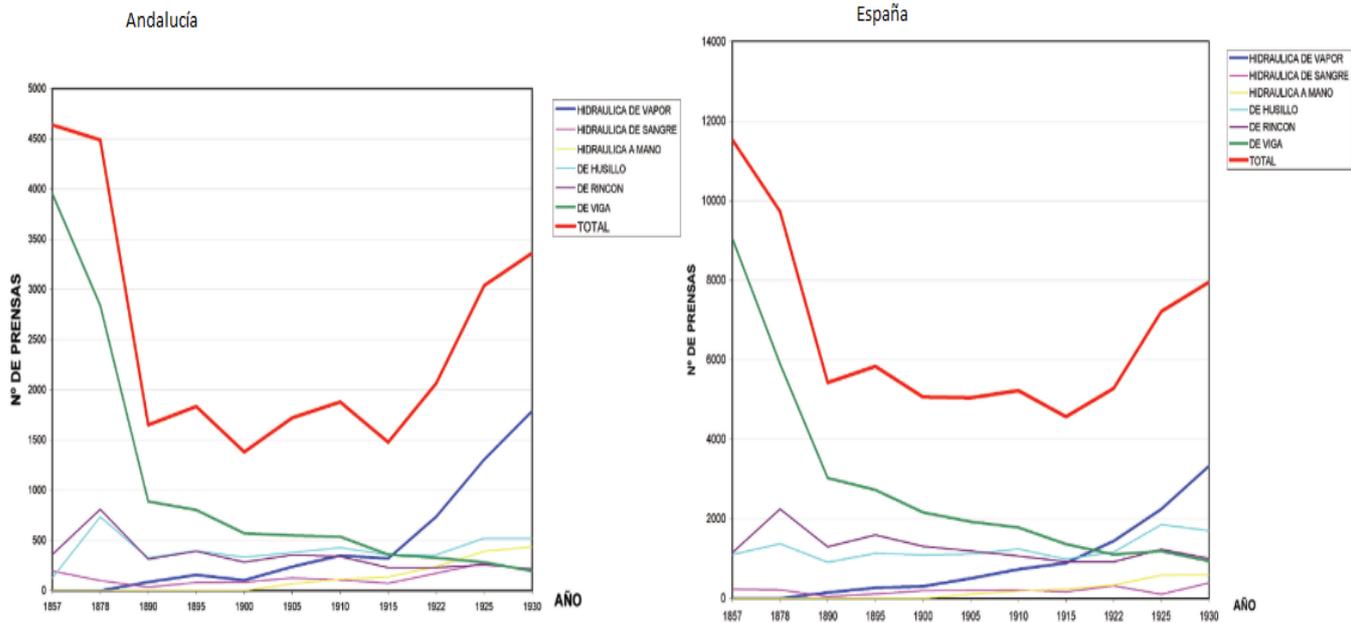


Figura 33 Gráficos del número de prensas de viga, de rincón, de husillo, hidráulicas a mano, de sangre y de vapor en Andalucía y España entre los años 1857 y 1930[39]

La mayor velocidad a la que era capaz de trabajar la prensa hidráulica, permitía realizar sucesivos prensados a la misma masa de aceituna, obteniendo aceites de distintas categorías que también serían vendidos (a un precio menor). Esto no era factible usando las prensas de la época por la cantidad de tiempo que requeriría.

La mayor parte de los cambios tecnológicos producidos en las almazaras consistieron en la sustitución de la tracción animal o manual por nuevos métodos que iban surgiendo (vapor, motor de gasolina, motor de viento...) o la incorporación de batidoras como paso intermedio entre la molienda y prensado, obra del Marqués de Cabra. [38]

La prensa hidráulica no tendría competencia en la extracción de aceite a lo largo del siglo XX hasta que a partir de 1970 surgiesen las líneas continuas de extracción de aceite de oliva por centrifugación de la pasta molida. Estas eliminaban el prensado del proceso industrial, desplazando poco a poco el sistema clásico. Las fundiciones que en su momento proliferaron creando prensas hidráulicas (Fundiciones Alba, Fundiciones El Vulcano, etc) no supieron adaptarse a los nuevos tiempos y la gran mayoría de ellas no existe a día de hoy.

2.3.3. Distribución Territorial del Olivo en España

En la actualidad, la superficie plantada de olivar en España ronda los 2,5 millones de hectáreas



Figura 34 Mapa de distribución de la superficie de olivar en España en el año 2012[40]

Solamente en Andalucía, este pasado año contábamos con una superficie de olivar de 1.561.950 Ha. y unas 170.000 explotaciones distribuidas principalmente en Jaén, Córdoba, Granada, Málaga y Sevilla; que produjeron 6.443.315 toneladas de aceituna de almazara de las que se obtuvieron unas 1.339.712 toneladas de aceite de oliva. [41], [42]



Figura 35 Mapa de distribución provincial de la superficie de olivar en Andalucía campaña 17/18[42]

En España se encuentran los mejores aceites del mundo [43]. Poseemos 29 Denominaciones de Origen Protegidas³⁶ (DOP), un testimonio de la excelente calidad de los aceites de oliva virgen extra producidos en España.[44].



Figura 36 Denominaciones de Origen Protegidas[3]

³⁶ Junto a las Indicaciones Geográficas Protegidas (IGP), constituyen el sistema utilizado en nuestro país para el reconocimiento de una calidad diferenciada, consecuencia de características propias y diferenciales, debidas al medio geográfico en el que se producen las materias primas, se elaboran los productos, y a la influencia del factor humano que participa en las mismas.

Tal y como indican [38], los factores del clima son dominantes respecto a los demás a la hora de definir sus cualidades. Es por esto que dividen la España olivarera en diez regiones climáticas que expondremos en este apartado, analizando en cada una de ellas, el estado de las plantaciones, las variedades cultivadas y demás factores de cultivo.



Figura 37 Mapa de las 10 zonas olivareras Españolas según sus características climáticas[45]

Primera Región: Jaén

La provincia de Jaén se encuentra sola en esta categoría en la clasificación realizada por [38]; además de por ser considerada el medio óptimo del olivo en cuanto al clima, por su extensión e importancia olivarera relativa. Afirma que “No se encuentran factores desfavorables en el clima de esta región, pues aunque la lluvia oscila entre 400 y 800 mm la repartición de la misma es muy favorable a su aprovechamiento, por darse los máximos de lluvia caída, de Octubre a Abril, inclusive”. Actualmente se incluyen también en esta región el Norte de la provincia de Granada y el Este de la de Córdoba.[2] y su extensión es de más de “600 · 10³ Ha, muy productivas, destinadas a la elaboración de aceites con gran estabilidad y alto contenido en ácido oléico y polifenoles.”

La variedad dominante es la *Picual*, caracterizada por su resistencia a la tuberculosis y a las heladas, y por una madurez normal. A esta zona pertenece la Denominación de Origen Sierra de Segura.

Segunda Región: Córdoba, Antequera y Archidona

“Constituida por la provincia de Córdoba y la de Málaga, la región lindante de Antequera y Archidona, es de climatología similar en cuanto a las precipitaciones que la de Jaén, aunque más extremada en su temperatura. La variedad *Hojiblanca* constituye el núcleo principal del olivar con regiones de transición hacia Sevilla y Jaén, en las que se cultiva el *Lechín* o *Ecijano* y *Picual* o *Nevadillo de Martos*. Existen también olivares antiguos con variedades diferentes como el *Carrasqueño*, *Picudo*, etc., que se conservan aún, por desconocimiento de la adaptación a las características de la región, de otras variedades.”[38].

Actualmente cuenta con una extensión de casi 400·10³ Ha y ocupa la mayor parte de la provincia de Córdoba, Antequera, Loja y Estepa. A esta zona pertenece la *Denominación de Origen Baena*. [2]

Tercera Región: Sevilla, Huelva y Cádiz

[38] incluye en esta región las provincias de Sevilla, Cádiz y Huelva, “especialmente agrupadas por su poca altitud sobre el nivel del mar. La climatología es ya en general poco adaptada al olivo, habiéndose incrementado desde 1.888 muy poco la superficie ocupada por el olivar, excepción hecha de la región de verdeo constituida por la *Manzanilla* y *Gordal*.”

Las dos variedades preponderantes para aceite en aquella época eran la *Zorzaleña* y el *Verdial*, “siendo esta

última más generalizada en Huelva, con manchas de *Ecijano* o *Lechín* en Osuna y Ecija”. Actualmente también hay una importante extensión de *Hojiblanca* en la zona de Andalucía Occidental y la extensión de esta tercera región se estima en $200 \cdot 10^3$ Ha de olivar.

Cuarta Región: Granada, Almería y zonas de Málaga como el Verdial y Lechín

Con $100 \cdot 10^3$ Ha, incluye la provincia de Almería, parte de la de Granada y de la de Málaga.

“Aunque el clima de esta región es muy diferente en el sector costero de aquél que impera en el interior, de altitud elevada, se han agrupado en esta región las provincias que comprende, por no tener una variedad muy dominante ninguna de ellas y creemos que este carácter tiene mucha importancia. Si en la parte interior de Granada, está influenciada actualmente por las vecinas provincias, Jaén y Córdoba, de más abolengo olivarero, procediéndose actualmente a efectuar plantaciones con variedades *Picual* y *Hojiblanca*, la zona costera de Málaga tiene su variedad dominante la Verdial, que es excelente por varias de sus características.” [38]. Continúan apuntando que “El régimen de lluvias es muy variable por su orografía, siendo en general más seco que las otras regiones andaluzas. Si es bastante frío en la altiplanicie de Granada con mínimas peligrosas para la vida vegetativa del árbol y que como en el año 1953 ocasionó pérdidas grandes, en la zona costera por el contrario es muy benigno en cuanto a la temperatura y sólo la lluvia es el factor que limita la producción.”

Quinta Región: Cáceres, Badajoz y Salamanca

Comprende el Oeste peninsular. Además de Extremadura, esta zona incluye las áreas olivareras de Ávila, Salamanca y Zamora, próximas a Portugal. Con una extensión de $260 \cdot 10^3$ ha, destacan los cultivares *Manzanilla Cacereña*, *Manzanilla o Corresgueña de Badajoz*, *Morisca*, *Verdial de Badajoz* y *Cornicabra*.

En esta región las precipitaciones tienen una distribución aceptable y no escasa. Esta región “se caracteriza principalmente por sus excesos en la temperatura, ya que en noviembre, las mínimas son del orden de 2 grados y en los periodos de floración hasta los 41 grados. A pesar de ello, es la región después de la de Granada, en que más ha aumentado el olivar joven en los últimos 60 años.” [38]

Sexta Región: Madrid, Toledo, Ciudad Real, Cuenca, Guadalajara, Ávila y Albacete

Originalmente esta región estaba constituida principalmente por la gran masa olivarera de Ciudad Real y Toledo con la *Cornicabra* como variedad dominante. Las precipitaciones son similares en distribución a las regiones andaluzas, si bien son más escasas. Actualmente esta región comprende el centro peninsular, Castilla-La Mancha y Madrid con cerca de $300 \cdot 10^3$ Ha de olivar.

Los excesos térmicos como las mínimas extremas en periodos de floración causaban daños periódicos de gran importancia en la variedad *Cornicabra*, que era capaz de soportar las heladas en las zonas de ladera, pero no así en las llanuras. [38]

Séptima Región: Murcia, Alicante y Valencia

Comprende la zona del Levante y con $75 \cdot 10^3$ Ha de olivar. Abarca las provincias de Valencia, Alicante y Murcia. Dichas provincias se agrupan en una misma región no solo por su analogía climatológica, sino por los demás factores que influyen en el olivo.

La región se caracteriza por lluvias escasas, lo que hace difícil el aumento de la superficie olivarera con respecto a otras regiones. La media de precipitaciones en la zona es de 335mm y con una distribución poco favorable, por caer solo las 2/3 partes en el periodo de octubre-abril.

Dentro de un amplio mosaico de variedades sin que haya una dominante, se encuentran la *Blanqueta*, *Callosina*, *Cuquillo* y *Manzanilla*.

Octava Región: Huesca, Zaragoza, Teruel, Álava, Logroño y Navarra

Hoy en día comprende todo el Valle del Ebro, incluido Aragón, La Rioja, Navarra y Álava. La variedad más extendida es la *Empeltre*, acompañada según zonas, de *Verdeña*, *Farga*, *Royal de Calatayud*, etc.

Aunque esta región no es homogénea, se agrupan sus distintas provincias por ser la variedad *Empeltre* la más común en todas ellas. Es una región muy seca que requiere del riego para prosperar.

La extensión del olivar es de $55 \cdot 10^3$ Ha que se encuentran en regresión. Se producen aceites de gran calidad, destacando los del Bajo Aragón, afrutados a principios de campaña y dulces aromáticos cuando avanza ésta.

Novena Región: Castellón y Parte de Tarragona

Tortosa - Castellón. Sus $85 \cdot 10^3$ Ha se extienden por el Bajo Ebro- Montsiá de Tarragona y la provincia de Castellón. Los cultivares de esta área geográfica son: *Farga*, *Morrut*, *Servillenca*, *Empeltre*, etc.

Esta región experimentó en la primera década del siglo XX un aumento del 54% en superficie plantada. Se trata de una “Región de clima muy apropiado al olivo, aunque algo escaso en lluvias, con media de 405 mm., y no mal repartidas a lo largo del año. Tiene sin embargo un factor que deprecia la producción, en los ataques de la mosca que ocasiona gravísimas pérdidas, impidiendo la elaboración de aceites finos.” [38]

La variedad dominante era la *Farga* y como solución a los problemas mencionados, se propuso su sustitución por la variedad *Morruda*, que presenta mayor resistencia.

Décima Región: Gerona, Lérida, Barcelona, resto de Tarragona y Baleares

Comprende las cuatro provincias de Cataluña excepto la parte sur de Tarragona, la región de Tortosa que se asimiló a la región octava; además de Baleares.

El cultivar dominante es la *Arbequina*, acompañada de *Verdiell*, *Empeltre*, *Argudell*, etc. La extensión del olivar es de unas $80 \cdot 10^3$ Ha y de esta zona proceden las *Denominaciones de Origen “Las Barrigas” de Lérida* y “*Siurana” de Tarragona*, con aceites de gran calidad.

La zona que “tiene una climatología especial, dispar de la que se considera óptima para el olivo; aunque la precipitación media es de 463 mm. Su distribución sin embargo es caprichosa, pues en el periodo Mayo-Septiembre cae algo más de 45%; además el número de días despejados, 89, es muy pequeño y por añadidura la mínima extrema en Lérida es $10^{\circ},6$ bajo cero, con mínimas bajo cero en Octubre y Noviembre. [38]

Las características de los 24 *principales*³⁷ variedades del olivo español como se mencionan en [46] se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 3 Características de las principales variedades del olivo español. Fuente: elaboración propia

Variedad	Destino	Superficie (a 1000 Ha)	Difusión	Tamaño del fruto	Rendimiento graso	Apreciación n del aceite	Acididad de producción	Resistencia al royo	Resistencia a tuberculosis
Pical	A	645	Jaeń, Córdoba, Granada	0	1	0	1	-1	1
Comicabra	A	269	Cúrcel,Real, Toledo	0	1	1	-1	-1	-1
Holblanca	A-M	217	Córdoba, Málaga, Sevilla	1	-1	1	-1	-1	-1
Leción de Sevilla	A	185	Sevilla, Cádiz	0	0	1	-1	1	-1
Manzanilla de Sevilla	M	85	Sevilla, Badajoz	1	0	1	1	-1	-1
Verdal de Badajoz	A	74	Badajoz	1	1	0	-1	0	-1
Empeltre	A	72	Zaragoza, Teruel, Salteras	0	0	1	1	-1	0
Arbequina	A	71	Lérida, Tarragona	-1	1	1	-1	0	0
Manzanilla Caocenia	A-M	64	Cáceres, Salamanca	0	-1	1	0	0	1
Picudo	A	60	Córdoba, Granada	1	1	1	-1	-1	-1
Farga	A	45	Castellón, Tarragona	0	1	1	-1	-1	1
Leción de Granada	A	36	Granada, Almería, Murcia	-1	1	1	-1	-1	-1
Verdal de Jerez	A	34	Huelva, Sevilla	0	1	1	-1	-1	1
Gordal de Sevilla	M	30	Sevilla	1	-1	-1	0	1	0
Mosca	A	29	Badajoz, Cáceres	1	1	0	0	-1	0
Monz	A	28	Tarragona, Castellón	0	1	0	1	-1	0
Servillenca	A	25	Tarragona, Castellón	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Castellana	A	22	Guadalajara, Cuenca	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Verdal de Vélez-Málaga	A	20	Málaga	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Aloña	A-M	17	Málaga	1	0	1	0	0	0
Blanqueta	A	11	Alicante, Valencia	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Villalonga	A	6	Valencia	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Changol Peal	A	5	Valencia	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Alfara	A	4	Valencia, Albacete	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Otras variedades	-	67	-	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
España	-	2121	-	0	0	0	0	0	0

Donde A-M se refiere a uso para almazara o para mesa respectivamente y -1,0,1 significa por debajo de la media, nivel medio, y por encima de la media respectivamente.

³⁷ En función de su importancia y difusión las variedades de olivo cultivadas en España se clasifican en: principales, secundarias, difundidas y locales.

Principales, son aquellas que presentan una importante superficie cultivada o son dominantes, al menos, en una comarca. De las variedades españolas, veinticuatro alcanzan la condición de principales.

2.3.4. Papel Global del Sector Oleícola Español en la Actualidad

En este apartado veremos el papel que ocupa actualmente el sector oleícola español en un contexto global. Se expondrán datos desde las perspectivas de la producción mundial, el comercio exterior, características de los mercados, rutas a seguir y el papel de internet en la venta del mismo.

2.3.4.1. Producción del Aceite de Oliva

En España existen unos 400.000 olivicultores, que trasladan su producción a 1.755 almazaras, con 1.550 envasadoras y 22 refinerías censadas. [47]. España genera un tercio de toda la producción mundial de aceite de oliva, siendo Andalucía la región productora por excelencia de aceite de oliva del mundo. Entre las provincias de Jaén y Córdoba se produce el 64% de todo el aceite de oliva anual generado en España, aunque las exportaciones se concentran con mayor fuerza en las empresas localizadas en Sevilla. Esto nos sitúa como primer productor del mundo de aceite de oliva. Según los datos del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente de España, en 2016 la superficie dedicada al cultivo del olivar era de 2.623.156 Ha. Los cinco principales productores de aceite de oliva a nivel mundial son España, Italia, Grecia, Turquía y Marruecos, que conjuntamente son responsables del 76% de la producción mundial.

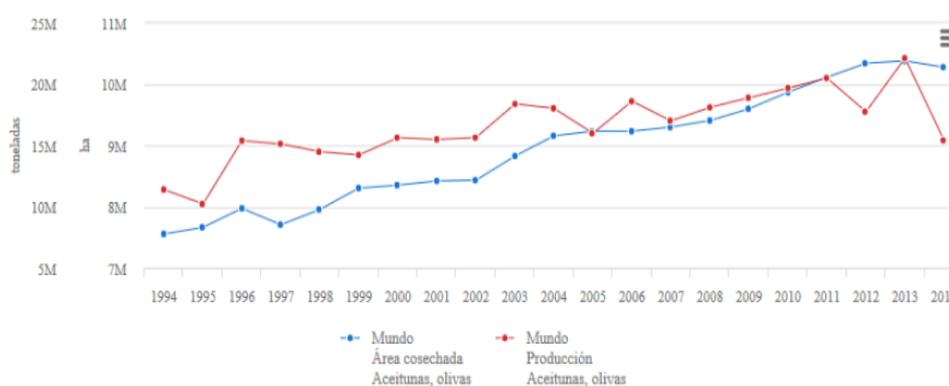


Figura 38 Evolución temporal de la superficie de olivar y producción de aceitunas entre los años 1994 y 2014[47]

Tabla 4 Resumen de la superficie nacional de olivar en el año 2018[48]

OLIVAR: Resumen nacional de la superficie, 2018

Cultivo	Superficie en plantación regular (hectáreas)					Arboles diseminados (número)	Arranques en el año (hectáreas)	Plantaciones en el año (hectáreas)
	Total		En producción					
	Secano	Regadío	Secano	Regadío				
Olivar de aceituna de mesa	131.099	34.880	165.979	129.175	33.663	23.875	4.091	3.064
Olivar de aceituna de almazara	1.872.778	540.240	2.413.018	1.776.807	503.473	40.191	17.038	28.891
Olivar total	2.003.877	575.120	2.578.997	1.905.982	537.136	64.066	21.129	31.955

2.3.4.2. Comercio Exterior. Exportaciones, Importaciones y Saldo

Las exportaciones agroalimentarias españolas alcanzaron el valor de 50.349 M€ en 2018, un 0,6% superior al ejercicio anterior de 2017. España vuelve a ser el cuarto exportador de la UE de este tipo de mercancías, abarcando una cuota de exportación de un 8,8%, levemente superior a la de 2017 que se situó en un 8,7%. [49]

En 2018 los Estados miembros de la Unión Europea exportaron mercancías agroalimentarias, pesqueras y forestales (en adelante AAPF) por valor de 589.074,48 millones de euros.

CUOTAS DE EXPORTACIONES AAPF DE LA UE
Año 2018.

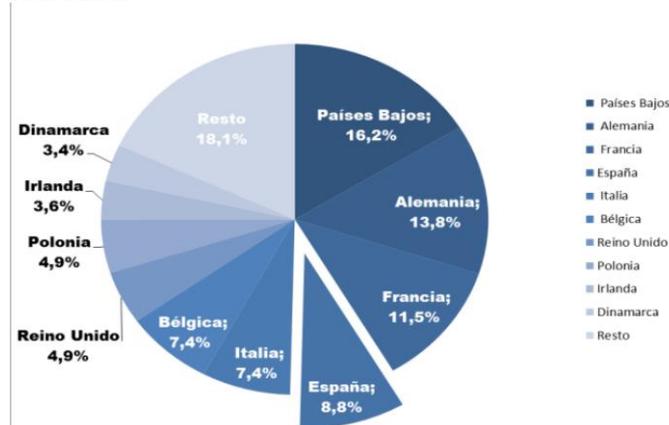


Figura 39 Cuotas de exportaciones AAPF de la UE en 2018[49]

Las exportaciones del sector agroalimentario han supuesto el 17,6% del total de las ventas al exterior llevadas a cabo en 2017 por el total de la economía española. El subsector de los productos transformados ha sido el que más ha contribuido al incremento de las exportaciones. Las ventas de estos productos en el año 2018 han supuesto 29.931M€, un 0,2% menos que en 2017. En éste subsector se encuentra el aceite de oliva con un papel protagonista.

Los cinco productos más exportados en 2018 fueron: Carne de porcino (3.414,32 M€), Cítricos (3.092,58 M€), Aceite de oliva (3.027,47 M€), Vino y Mosto (2.957,91 M€) y otras Hortalizas frescas (1.872,71 M€).[49]

Los Aceites de Oliva siempre han estado en la lista de los cinco productos agroalimentarios más exportados y representan el 76% de las exportaciones y el 23% de las importaciones de la totalidad del grupo.

Tabla 5 Evolución del comercio exterior de aceite de oliva entre los años 2014 y 2018[49]

	2014	2015	2016	2017	2018	Var. 18/17
EXP (M€)	2.935,51	2.837,00	3.388,66	3.931,32	3.295,27	-16,2%
IMP (M€)	152,83	631,04	359,38	444,72	632,66	42,3%
Saldo (M€)	2.782,68	2.205,96	3.029,27	3.486,60	2.662,61	-23,6%
EXP (t)	1.228.863	844.557	1.032.850	1.043.294	1.006.646	-3,5%
IMP (t)	85.219	250.913	166.927	173.821	253.026	45,6%
Precio EXP (€/kg)	2,39	3,36	3,28	3,77	3,27	-13,1%
Precio IMP (€/kg)	1,79	2,51	2,15	2,56	2,50	-2,3%

De especial interés es la *tasa de cobertura*, que expresa el porcentaje de importaciones que pueden ser pagadas con las exportaciones realizadas durante un mismo período de tiempo. Se trata pues, de un indicador que mide la relación entre las exportaciones y las importaciones de un determinado producto o sector. De este modo, una elevada tasa de cobertura indica que el país está especializado en la producción de ese bien o sector.

EVOLUCIÓN DE LA TASA DE COBERTURA DE LOS CAPITULOS MAS RELEVANTES CON TASA SUPERIOR A 100
Años 2009 a 2018

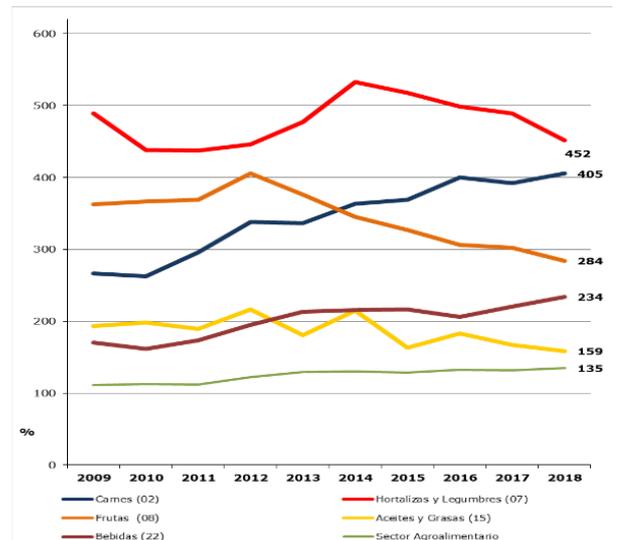


Figura 40 Evolución de la tasa de cobertura de los capítulos más relevantes entre 2009 y 2018[49]

2.3.4.3. Características del Mercado del Aceite de Oliva

El valor del aceite de oliva exportado por España se encuentra actualmente en 3,37 euros el kilo y ha experimentado una variación con respecto a 2017 del -13,42%.

Se puede observar que la producción de aceite de oliva a nivel mundial es creciente en los últimos años. Si distinguimos entre Mercados Tradicionales y Nuevos Mercados, el crecimiento de la producción desde 1990 hasta nuestros días es más acentuado en los Nuevos Mercados. Por su parte, el consumo de aceite de oliva ha ido creciendo en los Nuevos Mercados durante las últimas décadas y a día de hoy supone el 28% del consumo mundial, en oposición al 72% de los Mercados Tradicionales. Es por tanto de especial importancia para el sector olivícola español, centrar su atención en la explotación de dichos Nuevos Mercados, donde debemos aprovechar la descompensación entre producción y consumo que tienen que compensar con importaciones.

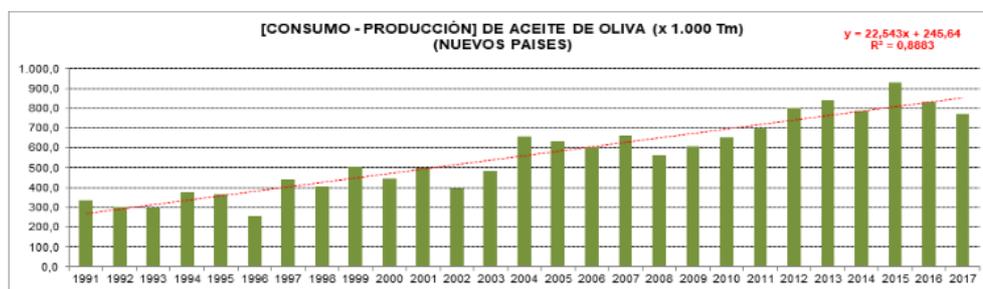


Figura 41 Gráfico de la diferencia entre el consumo y la producción de aceite de oliva en los Nuevos Mercados entre los años 1991 y 2017[47]

Según datos del Registro Mercantil Central, en Andalucía se encuentran más de la mitad de todos los fabricantes de aceite de oliva y las provincias de Córdoba y Jaén acogen al 64% de todas las empresas andaluzas. Por su parte, el número de empresas exportadoras del sector agroalimentario ha crecido un 28% desde 2009, mientras que el valor exportado se ha incrementado en un 80,4%.

La posición competitiva de España y de Andalucía en términos de costes productivos de aceite de oliva es buena, si bien los datos de países como Marruecos, Túnez o Turquía no parecen asumibles por el resto de países actualmente

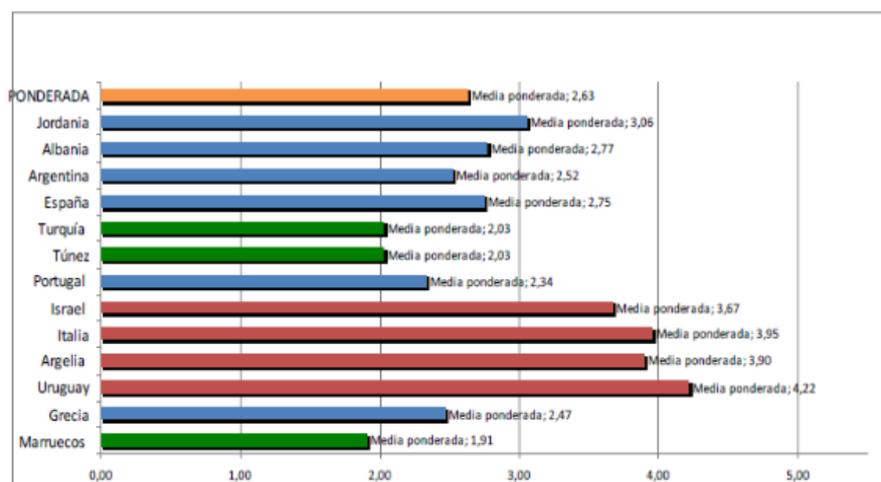


Figura 42 Comparativa del coste de producción (euros/kilogramo) del aceite de oliva en países del C.O.I.[47]

Teniendo en cuenta la influencia del tipo del olivar en dicho coste de producción, se puede desglosar como sigue:

Tabla 6 Coste de producción del kilogramo de aceite de oliva en función del tipo de olivar. Fuente: Elaboración propia

Tabla 7 Escadallo³⁸ medio de costes de producción del aceite de oliva. Fuente: Elaboración propia

Tipos de Olivar			Olivos por Hectárea	Coste de producción del kg de aceite de oliva(€/Kg)	Escadallo Medio de Costes de Producción					
					Explotación Agraria(%)	Almazara(%)	Envasadora(%)	Distribución Comercial(%)	Margen de beneficio (%)	
Tradicional	Alta	Secano	≤ 180	3,25	Aceite de Oliva	76	7	12	5	36-39
	Pendiente	Regadío		2,92						
	Moderada	Secano		2,7						
	Pendiente	Regadío		2,55						
Intensivo		Secano	180 – 800	3,04	Aceite de Oliva	72	7	17	4	56-60
		Regadío	2,45							
Superintensivo		Regadío	≥ 800	2,05	Virgen Extra					

Calculando la *tasa de apertura* como el cociente del promedio de exportaciones e importaciones llevadas a cabo en un año, dividido por el Valor Añadido Bruto, nuestro sector agroalimentario está internacionalizado a niveles semejantes al de otros socios comunitarios del Mediterráneo (Italia y Francia), pero lejos de los niveles de otros EEMM del norte de Europa (Holanda y Alemania). En el pasado año, la tasa de apertura en España fue del 71,9%.

Los países tienden a especializarse en aquellos bienes en los que tienen ventaja comparativa, es decir, en aquellos productos que son capaces de producir a un coste relativamente más bajo que el resto de países.

Los principales productos del sector agroalimentario en tres grupos: Productos con ventaja comparativa (tasa de cobertura mayor que 150%), Productos con exportaciones e importaciones equilibradas (tasa de cobertura comprendida entre 50% y 150%), y Productos con desventaja comparativa (tasa de cobertura inferior a 50%);

³⁸ En el régimen de tasas, determinación del precio de coste o de venta de una mercancía con relación a los factores que lo integran.

ocupando el aceite de oliva el noveno mejor puesto.

Tabla 8 Evolución de la tasa de cobertura de productos con ventaja comparativa entre 2014 y 2018[49]

PRODUCTO	Taric	2014	2015	2016	2017	2018
Productos con ventaja comparativa						
Pepinos y pepinillos	0707	4605%	5126%	7837%	6820%	10059%
Frutas de hueso	0809	4135%	3720%	4928%	4499%	4227%
Lechugas	0705	2363%	2131%	2445%	2318%	2379%
Carne de porcino	0203	1229%	1319%	1671%	1512%	1879%
Vino y mosto	2204	1719%	1565%	1491%	1535%	1363%
Citricos	0805	2118%	1821%	1184%	1482%	1119%
Otras hortalizas (Espárragos, pimientos, aceitunas etc.)	0709	1207%	1228%	1095%	988%	1039%
Tomates	0702	1380%	891%	940%	853%	751%
Aceite de oliva	1509	2080%	473%	1070%	1075%	598%
Melones, sandías y papayas	0807	626%	654%	677%	520%	572%
Legumbres y hortalizas congeladas	0710	330%	291%	310%	334%	341%
Frutos rojos, kiwis y caquis	0810	481%	460%	460%	342%	309%
Zumos	2009	255%	251%	212%	274%	289%
Conservas de hortalizas	2005	314%	279%	285%	293%	273%

La exportación del aceite de oliva se encuentra poco concentrada en mercados, con un valor del *Índice de Herfindahl- Hirschmann*³⁹ de 1160. El 63% del valor del aceite de oliva exportado va a Italia (41%), Francia (11%) y Portugal (11%).

Tabla 9 Principales destinos de exportación del aceite español en 2018[49]

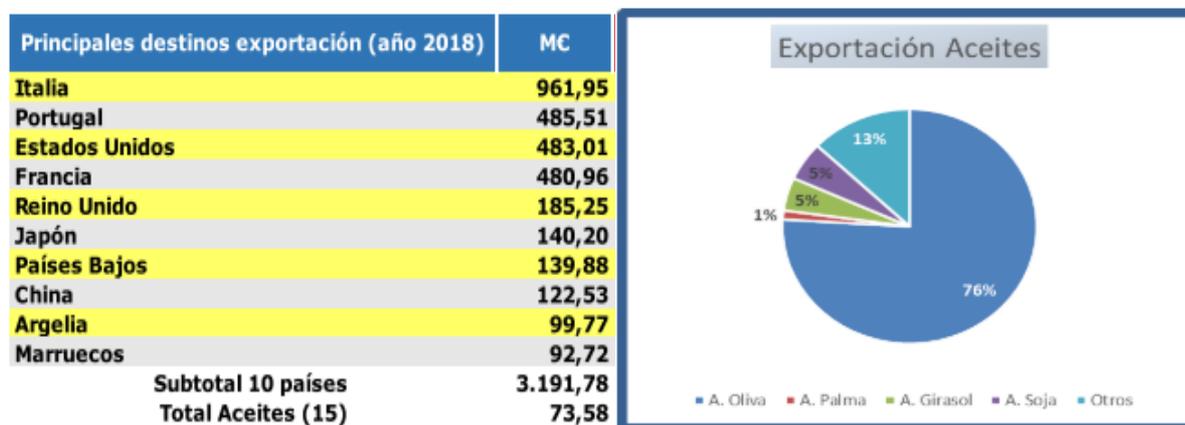


Figura 43 Cuotas de exportación por tipo de aceite[49]

Aproximadamente el 95% de las ventas de aceite de oliva se realizan a través del canal de la gran distribución (alrededor del 70% de las ventas totales), y el producto calificado como “gourmet”, que representa un nicho de mercado para empresas especializadas, representa un 5% de este. [47]

2.3.4.4. Problemas del sector y sugerencias para el futuro

El aceite de oliva es considerado un producto *commodity*⁴⁰ por estas grandes distribuidoras, objeto frecuente de sus ofertas y de su posicionamiento en precios. Esto supone un problema importante por la inestabilidad de los precios de producción y la dispersión de la oferta, que les otorga un gran poder de negociación.[29]

Se evidencia un nivel muy alto de concentración empresarial de los distribuidores en los mercados internacionales, en contraste con la dispersión de la parte productiva y manufacturera. Es preciso una concentración de los mismos para adquirir poder negociador frente a la distribución comercial moderna.

Un aspecto destacado es la falta de conocimiento por parte de los consumidores de las diferencias de calidad de los distintos aceites, haciendo que este sea considerado un producto *commodity*. Es necesaria una inversión

³⁹ Medida, empleada en economía, que informa sobre la concentración económica de un mercado. O, inversamente, la medida de falta de competencia en un sistema económico. Un índice elevado expresa un mercado muy concentrado y poco competitivo.

⁴⁰ Un *commodity* es un producto o bien por el que existe una demanda en el mercado y se comercian sin diferenciación cualitativa en operaciones de compra y venta.

Elaboración de Aceite de Oliva

en la promoción de la información en este aspecto para facilitar estrategias de diferenciación de precios según calidades.

Entre las medidas que se sugieren en este informe para la mejora del sector se encuentran:

- La organización de su actividad económica y financiera, por parte de las empresas pequeñas, para orientarse hacia las oportunidades que ofrecen los nichos de mercado.
- La gestión de marcas por parte de las grandes empresas para continuar con la tendencia a llevar a cabo estrategias de diversificación.
- Como directrices: la promoción genérica orientada a los nuevos mercados; la eficiencia operativa; la internalización y la innovación técnica, comercial, operativa...
- Gestión logística integral de la actividad de los operadores de la cadena de valor del aceite de oliva, como llevan años haciendo los grandes distribuidores.

Tabla 10 Análisis D.A.F.O. del sector del aceite de oliva[47]

DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Excesiva disgregación y dispersión de los operadores de la cadena de valor del aceite de oliva. • Escasa integración logística, con procesos aún poco eficientes. • Elevada concentración del segmento Gran Distribución de la cadena de valor, que otorga gran poder de negociación a los distribuidores, que apuestan por promocionar sus marcas propias. • Escasa inversión en marketing. • Inestabilidad de precios, muy dependiente de las campañas y de las producciones de otros países productores. • Salvo las grandes corporaciones del sector, el nivel de profesionalización de las empresas sigue siendo bajo, especialmente en los entornos de gestión financiera y de marketing. • Los consumidores, en términos generales, y de forma más acusada en mercados exteriores, no distinguen entre aceite de oliva y aceite de oliva virgen. Además, estos consumidores son muy sensibles al precio, por lo que resulta difícil mantener posiciones de precio diferenciadas para el aceite de oliva virgen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nuevos países están incrementando su producción de forma intensa en la última década. Si se mantiene esta tendencia, España podría dejar de ocupar la primera posición productiva en el mundo. • Determinados mercados establecen barreras comerciales. En estos momentos están tomando forma como requerimientos legales o de certificaciones que son más restrictivos que las propias reglamentaciones del C.O.I. Esto está sostenido sobre criterios de valoración organoléptica, que son muy subjetivos. • Fraudes de calidad, que aunque son realizados mayormente en los mercados de destino con remesas de aceite de granel, luego se asocian a marcas andaluzas. • Los grandes distribuidores seguirán apostando por sus marcas propias, invirtiendo incluso en sus propias superficies de cultivo, de manera directa o a través de proveedores seleccionados.
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Posición de precios de producción ventajosa y competitiva dentro de un entorno global, mundial. • Primer país productor del mundo. • La única empresa productora de aceite de oliva con perfil realmente internacional en términos de producción y comercialización es española, y, en este caso, andaluza. Se trata de Deoleo. • Cultura gastronómica del aceite de oliva, con referencia mundial en este entorno. • Procesos recientes de concentración que han generado el líder mundial de la producción y comercialización de aceite de oliva (Deoleo). Legislación reciente promueve la integración vertical de los operadores de la cadena de valor del aceite de oliva. • Consumo de aceite de oliva ligado a la salud. 	<ul style="list-style-type: none"> • Políticas y estrategias de estabilización de precios. • El consumo de aceite de oliva sólo supone el 2% del consumo de grasas comestibles, por lo que existe un amplio margen de crecimiento del consumo. • Buenas percepciones de salud con relación a la dieta mediterránea, fuertemente asociada a la cultura gastronómica del aceite de oliva. • Posibilidades de inversión en nuevos y emergentes países en el sector del aceite de oliva. • Los países productores del hemisferio sur podrían significar que los operadores andaluces tuvieran acceso a suministro de olivas a lo largo de prácticamente todo el año, evitándose de este modo la estacionalidad.

En Andalucía, un 36% de las empresas están catalogadas como Grandes Empresas, un 40% de las empresas se consideran Medianas Empresas, y un 24% de las empresas se encuadran dentro de la categoría de Pequeñas Empresas. Mientras que las grandes empresas tienen que marcarse una ruta basada en estrategias de liderazgo y búsqueda de la eficiencia, las pequeñas empresas con menos recursos tienen que aprovechar los nichos de mercado y de enfoque.

[47]recomienda el aumento y concentración de esfuerzos de desarrollo comercial en países extranjeros en cuatro grupos por orden de prioridad.

- Primer Grupo: Japón y Canadá
- Segundo Grupo: Estados Unidos de América y Brasil
- Tercer Grupo: México, Suiza y China
- Cuarto Grupo: Resto de Países

Para ello se basan en criterios como un indicador de crecimiento de las importaciones, población del mercado, PIB per capita y precio medio del aceite de oliva en el mercado; con valores de ponderación del 25%, 25%, 20% y 30% respectivamente.

Por último, mediante el empleo de entrevistas a empresas del sector, se observa que es necesario tomar medidas en muchos ámbitos del sector, para así solucionar problemas que actualmente entorpecen el comercio del aceite.

Hay que solventar problemas de falta de afinidad entre normas de importación de la UE y países como EE.UU. o Australia; promover y potenciar las DOP's y la diferenciación en el marco medioambiental; establecer una mayor coordinación público-privada para homologar certificaciones; orientarse hacia una integración sectorial; llevar a cabo una intensa promoción de los controles de calidad en destino; y mejorar la comunicación de las marcas comerciales.

Otras directrices para el futuro del sector se pueden obtener de las conclusiones a las que llega [50] tras realizar un exhaustivo análisis cuantitativo y cualitativo del aceite de oliva. Indica que el sector necesita reducir las cantidades que se comercializan a granel para aumentar la comercialización en formatos embotellados, para que de esa manera el valor añadido del producto repercuta directamente en el olivicultor.

Para ello se necesita de un mercado oleícola flexible bien a través de *coupages*⁴¹ o de explotación de variedades con unas características no muy rudas para un mejor acoplamiento del producto al gusto del consumidor. También apuntan al aprovechamiento de la biomasa y sugiere acuñar el término "oleoenergía".

2.3.4.5. El uso de internet en el sector

En el estudio realizado por [51], se realizan encuestas a 162 empresas del sector oleícola de la provincia de Jaén acerca del uso comercial que estas hacen de Internet. Mientras que el 24% de los encuestados realizan ventas on-line, los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) arrojan resultados muy inferiores, con tan solo el 1,7% de las empresas españolas oleícolas en 2002.

A pesar de que es un porcentaje considerable de uso de internet con fines comerciales, para el 45% de las empresas oleícolas, las ventas realizadas online no alcanza el 1% de sus ventas totales y solamente un 10% superan o igualan el 10%. Esto refleja el hecho de que la venta online en el sector sigue siendo insustancial frente a los métodos de venta tradicionales.

En cuanto al tipo de cliente a quien venden online, la mayoría de las empresas realizan sus ventas a particulares (90% frente a 45%).

El tipo de almazara que más vende online son las cooperativas (51%), si bien su actividad online es reducida si se tiene en cuenta el peso de esta forma jurídica en el conjunto del sector (64%) y se compara con las sociedades limitadas, que representando el 20% del sector realizan un 27% de la actividad online.

⁴¹ Término francés referido tradicionalmente al vino, que para el aceite de oliva consiste en la mezcla de distintas variedades de aceitunas

3. DISEÑO ASISTIDO POR ORDENADOR: MODELADO EN CATIA V5

La tecnología de diseño asistido por ordenador (CAD) se aplica al diseño, fabricación y desarrollo de productos. CAD se emplea para producir diseños detallados mediante dibujos en 2D y 3D de los componentes físicos del producto. Como su nombre lo indica, CAD es todo sistema informático destinado a asistir al diseñador en su tarea específica. Si bien los paquetes CAD atienden prioritariamente aquellas tareas exclusivas del diseño, tales como el dibujo técnico y la documentación del mismo, normalmente permite realizar otras tareas complementarias relacionadas principalmente con la presentación y el análisis del diseño realizado, como la simulación numérica y la vinculación con módulos o software CAM.

El CAD permite ordenar y procesar la información relativa a las características de un objeto material. En el caso de la arquitectura, el CAD sirve para construir un modelo análogo del edificio o instalación pero en la ingeniería permite también modelar una pieza, lo que demuestra su versatilidad.



Figura 44. Museo Guggenheim de Bilbao. Maravilla arquitectónica en cuyo diseño se empleó CATIA.

Los fabricantes del sector CAD siempre han sido punteros en aprovechar la tecnología informática más avanzada. Técnicas como el diseño vectorial, la organización de los proyectos en capas, la medición automatizada, el trabajo directo con objetos y procedimientos, la ampliación de los programas con extensiones especializadas o el diseño con modelos 3D, tienen su origen en aplicaciones de CAD, aunque en la actualidad se pueden encontrar en otros tipos de programas. La evolución y desarrollo de las aplicaciones CAD han

estado íntimamente relacionadas con los avances del sector informático.[52]

A destacar, el gran interés estratégico que desde el principio ha tenido el CAD para las empresas, por el impacto enorme en la productividad. Las grandes empresas desde el principio han apostado por el CAD y ello supone importantes inversiones, que lógicamente potencian y convierten el CAD en un producto estratégico con un gran mercado.

El origen del CAD/CAM se le atribuye al Dr. Patrick Hanratty, quien creó en 1957 el primer software CAM nombrado "Pronto". A principios de los 60 Iván Sutherland inventa en el MIT el primer sistema gráfico CAD llamado "Sketchpad". Debido al elevado coste de los ordenadores necesarios, no sería hasta los años 70 cuando el uso de este tipo de software se comercializase fuera del reducido grupo de compañías aeronáuticas que podían permitírselo, hasta generalizarse su uso en el sector industrial en los 80 con la creación del programa DRAPO de Dassault.

A partir de los 90 la industria del CAD/CAM genera un volumen de mercado de miles de millones con empresas como la francesa Dassault Systèmes con su famoso software "CATIA" o las estadounidenses parametric technology y autodesk con AutoCAD entre otras muchas. En la actualidad se maneja un nuevo término relacionado con este tema del CAD el FreeCAD o "CAD Libre" encabezado por los software desarrollados utilizando la tecnología OpenCascade. El software CAD está en continua evolución, adaptándose cada vez más a los nuevos tiempos. El uso de las tres dimensiones es cada vez más frecuente, y por ello ese es un aspecto que se mejora en cada versión de los programas, ganando en estabilidad, velocidad y prestaciones.

3.1. Alternativas de diseño gráfico CAD más populares del Mercado

A continuación revisaremos por encima los softwares de diseño más popular dentro del mercado de la ingeniería.

3.1.1. AutoCAD

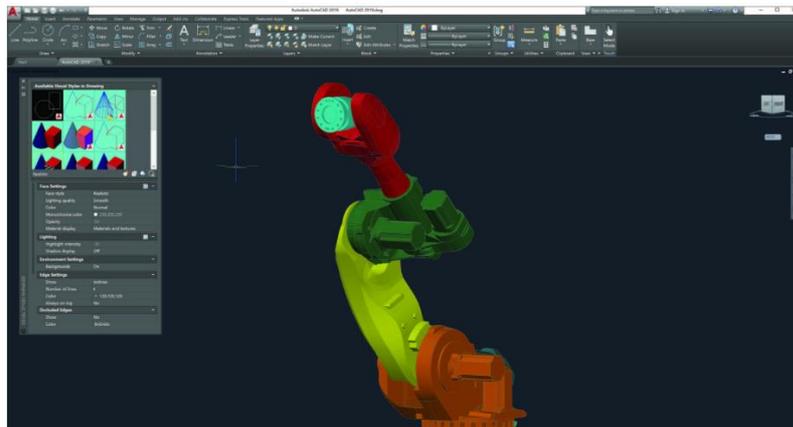


Figura 45. AutoCad[53]

AutoCAD es un software de diseño asistido por ordenador utilizado para dibujo 2D usando imágenes de tipo vectorial y modelado no paramétrico en 3D desarrollado por la empresa de software Autodesk en 1982.

AutoCAD es un software reconocido a nivel internacional por sus amplias capacidades de edición, que hacen posible el dibujo digital de planos de edificios o la recreación de imágenes en 3D; es uno de los programas más usados por arquitectos, ingenieros, diseñadores industriales y otros.

Además de acceder a comandos desde la solicitud de comando y las interfaces de menús, AutoCAD proporciona interfaces de programación de aplicaciones (API) que se pueden utilizar para determinar los dibujos y las bases de datos.

3.1.2. Autodesk Inventor



Figura 46. Autodesk Inventor.[54]

Autodesk Inventor es un paquete de modelado paramétrico de sólidos en 3D producido también por autoDesk. Entró en el mercado en 1999 y se agregó a las Series de Diseño Mecánico de Autodesk como una respuesta de la empresa a la creciente migración de su base de clientes de diseño mecánico en dos dimensiones hacia la competencia, permitiendo que los computadores personales ordinarios puedan construir y probar montajes de modelos extensos y complejos.

Se trata de un modelador paramétrico que se utiliza en diseño de ingeniería para producir y perfeccionar productos nuevos, mientras que en AutoCAD se conducen solo las dimensiones. Un modelador paramétrico permite modelar la geometría, dimensión y material de manera que si se alteran las dimensiones, la geometría actualiza automáticamente basándose en las nuevas dimensiones.

Su uso principal es la creación de ensamblajes mediante la imposición de restricciones sobre sus piezas.

3.1.3. Siemens NX

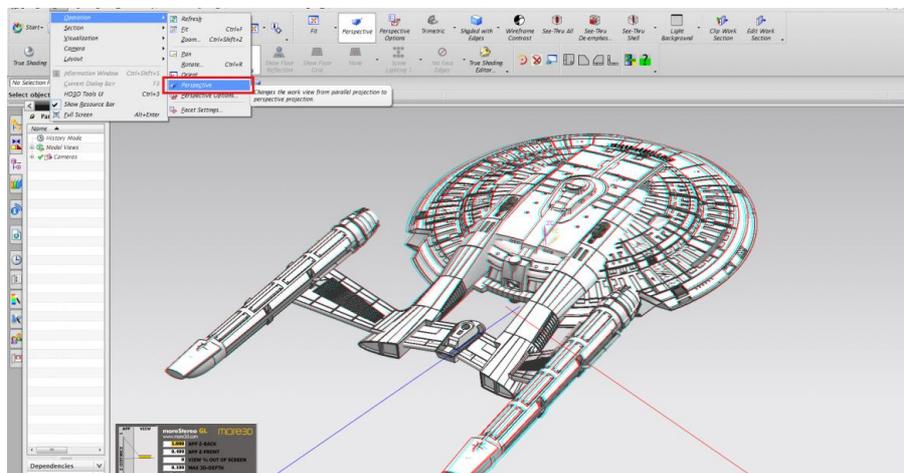


Figura 47. Siemens NX.[55]

Se trata del principal competidor de CATIA en el mercado aeronáutico actualmente. También conocido como Siemens NX o simplemente Unigraphics o U-G, es un paquete de software CAD/CAM/CAE desarrollado por la compañía Siemens PLM Software.

Ofrece el más alto nivel de integración entre las diversas disciplinas de desarrollo en un entorno abierto y de colaboración.

Sus usos, entre otros, son el diseño (modelado paramétrico y directo de sólidos/superficies); el análisis para ingeniería (estático, dinámico, electromagnético y térmico usando el método de elementos finitos, y análisis de fluidos usando el método de volúmenes finitos; y la manufactura digital para la industria de la maquinaria.

3.1.4. SolidWorks

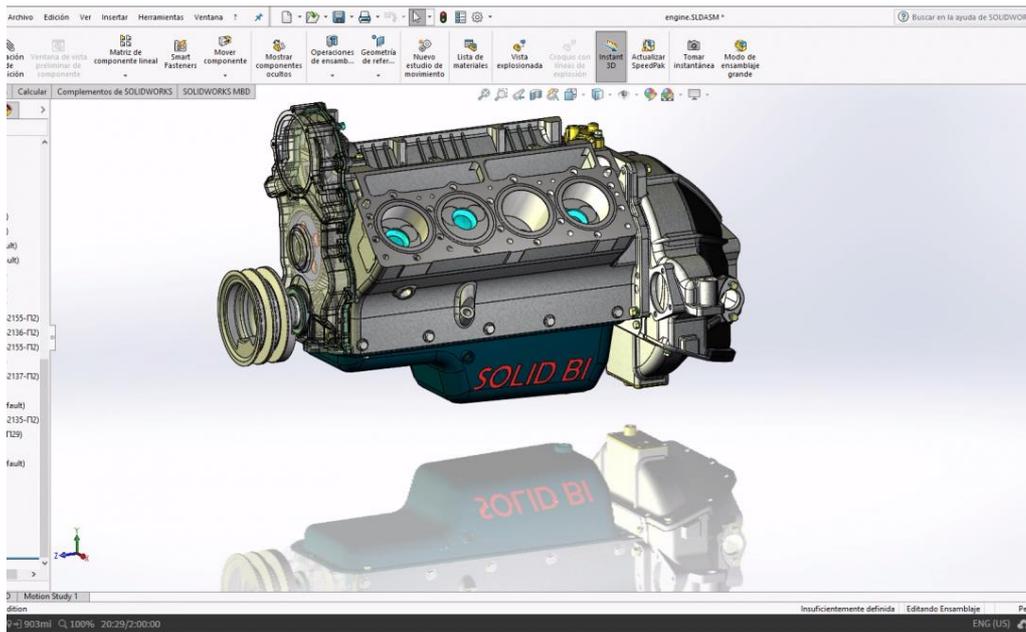


Figura 48 SolidWorks[56]

Este software CAD para el modelado mecánico en 2D y 3D también es desarrollado por la empresa Dassault Systèmes, concretamente su filial SolidWorks Corp. Fue lanzada al mercado en 1995 con el propósito de hacer la tecnología CAD más accesible, siendo la primera tecnología de CAD que se ejecutaba en Windows.

El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos técnicos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en traspasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada.

Hoy SOLIDWORKS ofrece un conjunto de herramientas completo para crear, simular, publicar, administrar datos y gestionar proyectos y procesos maximizando la innovación y la productividad de los recursos de ingeniería. Todas estas soluciones funcionan juntas para permitir a las organizaciones diseñar productos mejores, de forma más rápida y de manera más rentable.

3.1.5. Solid Edge

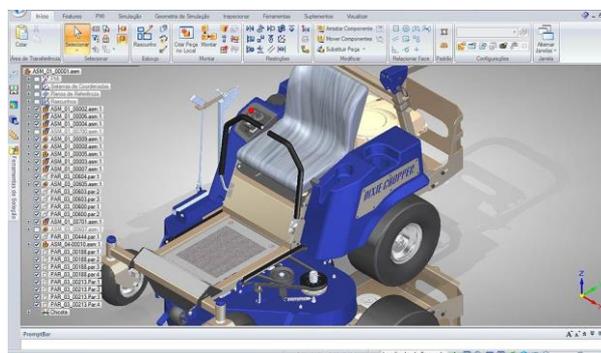


Figura 49 Solid Edge [57]

Es un programa parametrizado de CAD de piezas tridimensionales desarrollado por SIEMENS aunque realiza su venta a través de un distribuidor autorizado que se encarga del asesoramiento, implantación y formación. Permite el modelado de piezas de distintos materiales, doblado de chapas, ensamblaje de conjuntos, soldadura, funciones de dibujo en plano para ingenieros, diseñadores y proyectistas

Además del diseño de modelos tradicional, Solid Edge permite el diseño con la tecnología Síncrona desarrollada por SIEMENS que consiste en poder diseñar y modificar con total libertad (Sin árbol de operaciones) y sin limitaciones, de manera más natural e intuitiva.

3.1.6. Elección de Catia

A pesar de que todos los programas antes mencionados pueden ser válidos para la realización de este proyecto, el software elegido ha sido CATIA.

Esto se debe a varios factores:

- Personalmente creo es el software que más oportunidades laborales ofrece, debido a su popularidad y su uso más que asentado dentro del sector aeronáutico
- Hay material cercano disponible. Es impartido en algunas asignaturas de la escuela y muchos alumnos lo usan al elaborar su TFG. Como partía de cero y mi tutora había elaborado un libro sobre él, lo consideré la mejor opción.
- Es un programa muy versátil que aúna las disciplinas CAD, CAM y CAE y que se ha empleado tanto para realizar pequeñas piezas de un mecanismo como estructuras tan magníficas como el Museo Guggenheim de Bilbao

3.2. CATIA V5

El software utilizado para realizar este proyecto ha sido CATIA v5 en su release 20, al tratarse esta de una de las herramientas de diseño gráfico mas potentes en la actualidad para la realización de Diseño Asistido por Ordenador (CAD por *computer-aided design*), Ingeniería Asistida por Ordenador (CAE por *computer-aided engineering*) y Fabricación Asistida por Ordenador (CAM por *computer-aided manufacturing*).

CATIA es un programa desarrollado por la empresa francesa Dassault Systemes y distribuido por IBM cuyas siglas provienen de *Computer Aided Three Dimensional Interactive Application*. La gran habilidad de CATIA para crear superficies que le permitía en sus orígenes definir los contornos de las alas y el fuselaje han hecho que se convierta en un software puntero tanto en la industria aeronáutica donde surgió, como en la automovilística y la construcción con la función de modelado avanzado de sólidos, superficies, ensamblaje, producción de dibujos, manufactura y análisis.



CATIA V5 dispone de una gran variedad de módulos agrupados en talleres de trabajo que son de gran ayuda a la hora de facilitar el diseño de piezas y conjuntos en función de las necesidades específicas de cada diseño. CATIA permite a sus usuarios personalizar el entorno de trabajo y desarrollar aplicaciones a través de lenguajes de programación como C++ o Visual Basic.

Los módulos de trabajo en CATIA se agrupan en talleres de trabajo en función de la utilidad conjunta de las tareas que desarrollan. A modo de introducción a CATIA, en este capítulo introduciremos los más relevantes para la realización de éste proyecto, según se explican en [1]

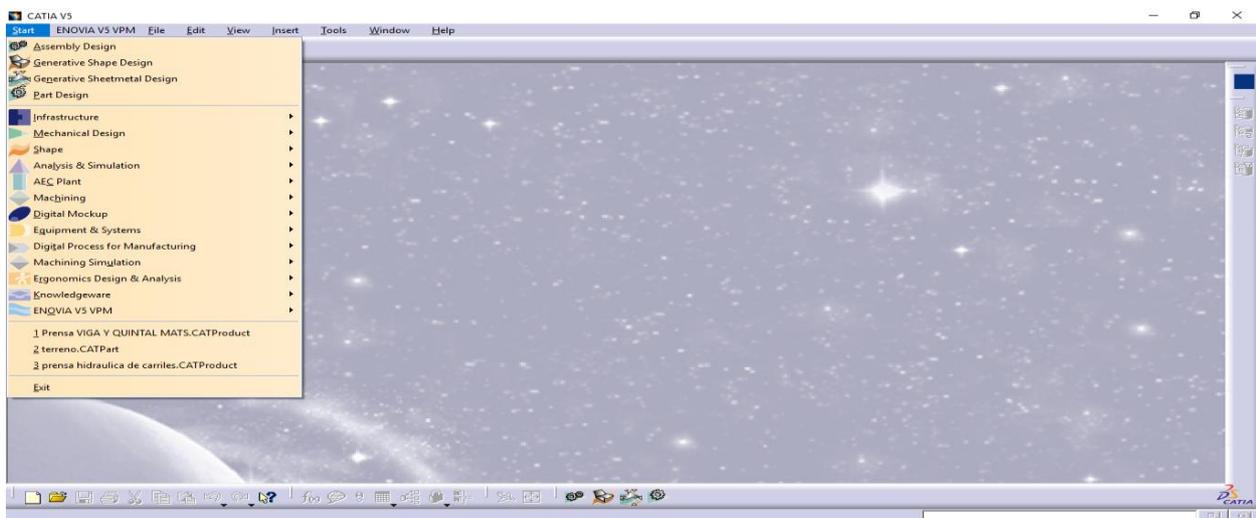


Figura 50 Entorno CATIA V5

3.2.1. Sketcher

Sketcher es un módulo de diseño en 2D para crear perfiles con los que construir sólidos. Las herramientas del módulo sketcher son:

- *Sketch Tools*



Figura 51 Sketch tools

- Snap to Opoint: esta opción nos permite seleccionar únicamente los puntos de la rejilla mientras esté activo
- Construction/ Standard Element: herramienta que nos permite dibujar elementos auxiliares que no pertenecen a la geometría de nuestro dibujo
- Geometrical Constraints: con esta opción activada, CATIA irá generando automáticamente restricciones geométricas a la vez que realizamos nuestro dibujo
- Dimensional Constraints: igual que el anterior para restricciones dimensionales

- *Profile*



Figura 52 Profile

- *Profile*: nos permite crear gran variedad de perfiles abiertos o cerrados mediante una sucesión de líneas y arcos.
- *Predefined Profile*: para crear formas geométricas predeterminadas



Figura 53 Predefined Profile

- *Circle*: permite crear círculos y arcos mediante distintas posibilidades geométricas



Figura 54 Circle

- *Spline*: genera una curva a través de puntos de control



Figura 55 Spline

- *Conic*: para dibujar geometrías cónicas

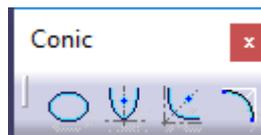


Figura 56 Conic

- *Line*: ofrece varias opciones para la generación de líneas



Figura 57 Line

- *Axis*: crea un eje a partir de dos puntos
- *Point*: para crear puntos



Figura 58 Point

- *Operation*: con la función de modificar las geometrías creadas previamente



Figura 59 Operation

- *Corner and Chamfer*: para redondear la unión de dos líneas (Corner) o crear un chaflán entre las mismas (Chamfer)
- *Relimitations*: permite realizar operaciones como recortar elementos, borrar recortes, romper elementos, cerrarlos, etc.

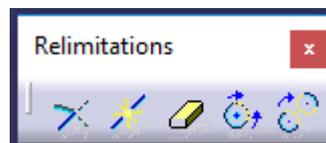


Figura 60 Relimitations

- *Transformation*: nos permite realizar operaciones para desplazar, copiar o escalar los elementos geométricos

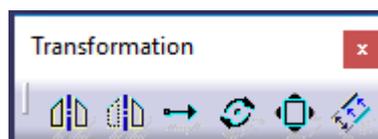


Figura 61 Transformation

- *3D Geometry*: facilita la generación de dibujos 2D mediante la proyección de una geometría 3D

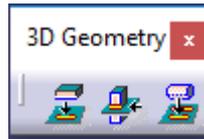


Figura 62 3D Geometry

- *Constraint*: nos permite establecer una serie de restricciones dimensionales y geométricas

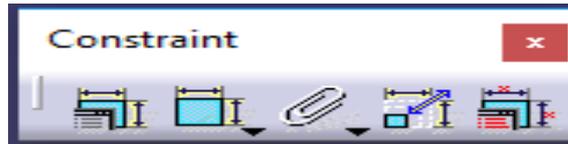


Figura 63 Constraint

- *Constraints Defined in Dialog Box*: restricciones definidas

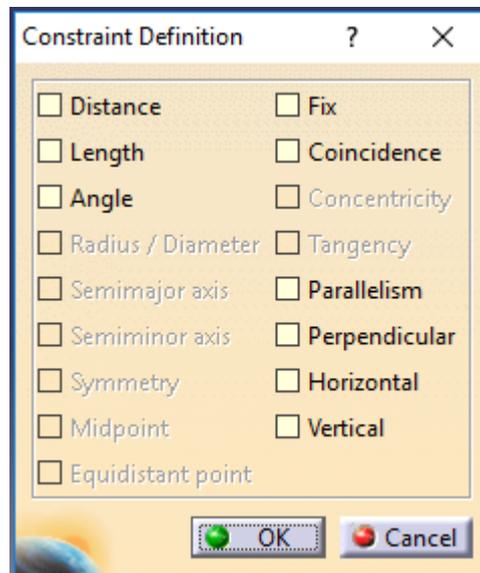


Figura 64 Constraint Definition

- *Constraint*: restricciones básicas entre elementos
- *Contact Constraint*: restricciones de contacto
- *Auto Constraint*: introduce las restricciones de manera automática
- *Edit Multi-Constraint*: permite ver nuestras restricciones y modificarlas

3.2.2. Part Design

Part Design es un modulo que nos permite generar solidos 3D a partir de perfiles en 2D

- *Sketch-Based Features*: contiene operaciones de adición o eliminación de material para generar solidos a partir de las geometrías generadas con el Sketcher

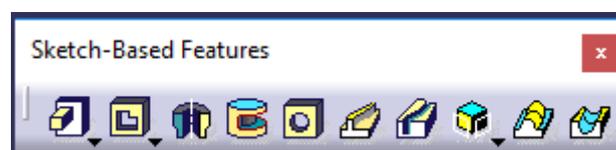


Figura 65 Sketch-Based Features

- *Pads*: permite extrusionar perfiles cerrados para crear solidos

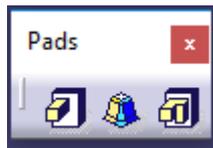


Figura 66 Pads

- *Pockets*: realiza un vaciado por extrusión de forma similar a Pad

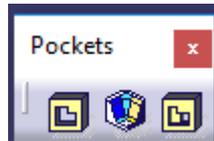


Figura 67 Pockets

- *Shaft*: esta operación nos permite generar solidos por revolución a partir de un perfil y un eje de revolución
- *Groove*: realiza un vaciado para crear agujeros en un solido
- *Rib*: nos permite modelar solidos mediante un perfil plano y la trayectoria que debe seguir dicho perfil
- *Slot*: realiza un vaciado por trayectoria parecido al Rib
- *Stiffener*: operación de generación de refuerzos y nervios de forma automática en piezas
- Dress-Up Features: contiene operaciones de modificación de piezas para conseguir un resultado lo mas fiel posible a lo que buscamos



Figura 68 Dress- Up Features

- *Fillets*: para realizar distintos tipos de redondeos de las aristas de los modelos solidos



Figura 69 Fillets

- *Drafts*: para generar desmoldeos en las caras de las piezas



Figura 70 Drafts

- *Chamfer*: realiza chaflanes en las aristas
- *Shell*: operación de vaciado de piezas seleccionando la cara a eliminar y el ancho de la pared
- *Thickness*: para añadir o eliminar espesor de las caras de un solido

- *Surface-Based Features*: este modulo recoge operaciones para la generación de solidos mediante uso de superficies

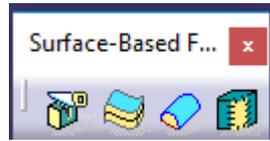


Figura 71 *Surface- Based Features*

- *Split*: permite cortart un solido por una superficie
 - *Thick Surface*: para dar espesor a las superficies generadas
 - *Close Surface*: con esta operación cerramos superficies y las convertimos en solidos
 - *Sew Surface*: se emplea para unir un solido con una superficie mediante su intersección, eliminando el material sobrante
- *Boolean Operations*: empleamos esta paleta cuando trabajamos con solidos compuestos por varios cuerpos y necesitamos combinarlos

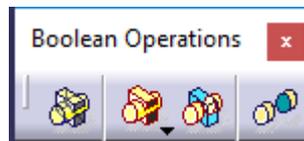


Figura 72 *Boolean Operations*

- *Assemble*: permite ensamblar cuerpos manteniendo las características originales de los mismos
- *Add*: : igual que el anterior pero no respeta las características del material
- *Remove*: operación contraria a la anterior que siempre quita materia de un cuerpo
- *Intersect*: permite obtener la parte común al realizar la intersección de dos cuerpos
- *Union Trim*: similar a Add pero permite eliminar las partes no deseadas
- *Remove Lumps*: elimina partes separadas dentro de un cuerpo

- *Transformation Features*

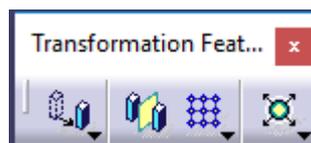


Figura 73 *Transformation Features*

- *Transformations*

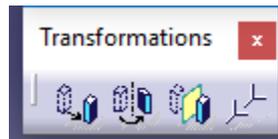


Figura 74 Transformations

- *Translation*: realiza la traslación del cuerpo activo en la dirección y distancia que decidamos
- *Rotation*: para rotar el cuerpo activo especificando el eje de rotación y ángulo deseados
- *Symmetry*: crea el elemento simétrico al cuerpo activo indicando el elemento de referencia
- *Mirror*: similar a la anterior pero realizando una copia
- *Scaling*: permite cambiar el tamaño del cuerpo activo aplicando una escala
- *Pattern*: recoge diferentes opciones para generar repeticiones de elementos, definiendo rejillas

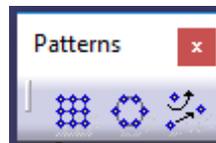


Figura 75 Patterns

3.2.3. Assembly Design

En este módulo se encuentran los comandos necesarios para el ensamblaje de las distintas partes que constituyen un conjunto, posibilitando la limitación de movimiento mediante la definición de los grados de libertad de los componentes.

- *Product Structure Tools*: esta paleta nos permite introducir los componentes ya diseñados que formarán parte de nuestro ensamblaje



Figura 76 Product Structure Tools

- *New Component/New Product/New Part*: inserta un Nuevo componente en el ensamblaje activo
- *Existing Component*: introduce componentes diseñados con anterioridad
- *Replace Component*: sustituye un componente dentro de nuestro ensamblaje por otro diseñado previamente
- *Graph Tree Reordering*: nos permite reordenar el árbol de especificaciones
- *Generate Numbering*: enumera los componentes del ensamblaje activo
- *Load*: carga componentes
- *Fast Multi Instalation*: repite componentes usando unos parámetros previamente definidos
- *Constraint*: de manera similar a las restricciones geométricas del modelado de sólidos, también estableceremos restricciones entre los componentes del conjunto de un ensamblaje



Figura 77 Constraints

- *Coincidence Constraints*: alinea elementos componentes del ensamblaje activo
 - *Contact Constraints*: establece contacto entre dos caras o planos
 - *Offset Constraint*: establece una distancia de separación entre dos elementos
 - *Angle Constraint*: establece restricciones angulares entre dos elementos
 - *Fix Component*: este comando fija la posición relativa de un componente respecto a los demás del ensamblaje o su posición absoluta
 - *Fix Together*: nos permite fijar componentes entre si
 - *Quick Constraint*: crea la primera restricción posible entre componentes según un orden de prioridad preestablecido
 - *Flexible- Rigid Sub-Assembly*: nos permite que el movimiento de un sub-ensamblaje se comporte como flexible
 - *Change Constraint*: sustituye una restricción por otra si es admisible
 - *Reuse Pattern*: este comando elabora un conjunto de instancias siguiendo un patrón
- *Move*: nos ofrece herramientas pensadas para mover los componentes de los ensamblajes



Figura 78 Move

- *Manipulation*: desplaza componentes mediante rotaciones o traslaciones
 - *Snap*: colocamos unos componentes respecto a otros sin establecer ningún tipo de restricción entre ellos
 - Snap*: para rotaciones y traslaciones
 - *Smart Move*: Combina las herramientas Manipulate y Snap y permite establecer restricciones
 - *Explode*: nos permite realizar la explosión de un ensamblaje teniendo en cuenta las restricciones que se establecen entre los componentes
 - *Stop Manipulate on Clash*: esta opción permite evitar movimientos que ocasionarían interferencias en nuestro ensamblaje
- *Assembly Features*: contiene operaciones Split, Hole, Pocket, Add, Remove similares a las vistas anteriormente

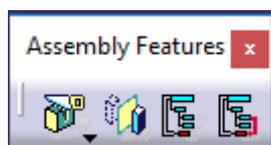


Figura 79 Assembly Features

- *Constraint Creation*: Nos permite elegir el modo de creación de las restricciones de nuestro

ensamblaje entre Default, Chain o Stack

- *Space Analysis*: nos permitirá realizar el análisis final de los ensamblajes
 - *Clash*: comprueba la existencia de interferencias entre los componentes de nuestro ensamblaje en forma de holguras (Clearance), contactos (Contact) o coincidencias (Clash)
 - *Sectioning*: crea planos de sección y corte en el ensamblaje
 - *Distance and Band Analysis*: nos permite obtener el valor de la mínima distancia existente entre los componentes de un ensamblaje

3.2.4. Wireframe & Surface Design

Este modulo nos permite generar superficies más complejas mediante modelos alámbricos y de superficie

- *Wireframe* : nos permite generar curvas tridimensionales



Figura 80 Wireframe

- *Circle- Corner Conic*: Para crear círculos y arcos circulares (Circle) o cónicos (Conic), empalmes (Corner) y curvas de conexión (Connect Curve)



Figura 81 Circle- Corner...

- *Curves*: permite generar curvas a partir de unos puntos de control (Spline), hélices (Hélix), espirales (Spiral) y segmentos definidos por puntos (Polyline)



Figura 82 Curves

- *Project Combine*: nos permite proyectar un elemento sobre otro elemento soporte



Figura 83 Project Combine

- *Projection*: nos permite proyectar un elemento sobre otro elemento soporte
 - *Combine*: para obtener curvas resultantes de la intersección entre las superficies extrusionadas a partir de dos curvas
 - *ReflectLine*: nos permite obtener la curva reflejo dada una superficie y un ángulo.
- *Intersection*: obtiene las intersecciones de dos elementos de nuestra geometría
 - *Parallel Curve*: permite obtener una curva paralela a otra apoyadas en una superficie a una distancia determinada
- *Surfaces*: paleta para generar superficies mediante distintos métodos



Figura 84 Surface

- *Extrude*: por extrusión de un contorno
- *Revolute*: por revolución de un perfil alrededor de un eje de revolución
- *Sphere*: para obtener superficies esféricas o casquetes esféricos
- *Offset*: crea una superficie paralela a otra a una distancia dada
- *Sweep*: herramienta muy potente para generar superficies de barrido con gran variedad de posibilidades
- *Fill*: para generar superficies de relleno a partir de contornos cerrados
- *Loft*: útil para la creación de tolvas
- *Blend*: nos permite crear una superficie de transición entre dos elementos alámbricos
- *Operations*: esta paleta contiene una serie de operaciones que nos permitirán modificar y adaptar nuestro dibujo

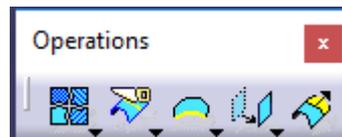


Figura 85 Operations

- *Join- Healing*

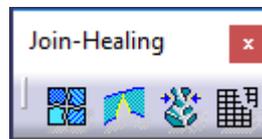


Figura 86 Join- Healing

- *Join*: nos permitirá unir dos o más superficies o curvas adyacentes
- *Healing*: operación que nos permite solucionar pequeñas discontinuidades
- *Untrim Surface or Curve*: invierte la operación de Trim
- *Disassemble*: esta operación se emplea para separar los elementos que constituyen una curva o superficie

- *Split- Trim*

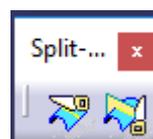


Figura 87 Split- Trim

- *Split*: operación de corte de una superficie o curva mediante un elemento de corte
- *Trim*: en este caso recortamos dos curvas entre sí

- *Extracts*

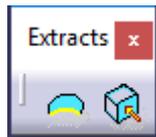


Figura 88 Extracts

- *Boundary*: nos permite extraer la curva limite de una superficie
- *Extract*: nos permite extraer un elemento de cualquier otro
- *Transformations*: contiene operaciones similares a las vistas en el módulo Sketcher y añade dos nuevas

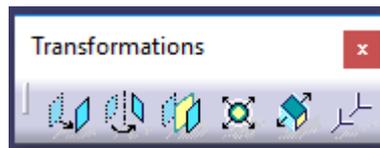


Figura 89 Transformations

- *Affinity*: permite transformar nuestra geometría mediante una afinidad
- *Axis to Axis*: para cambiar elementos de los sistemas de ejes creados
- *Extrapolate*: alarga una superficie o curva por uno de sus bordes o extremidades

3.2.5. Drafting y Digital Mockup

Este modulo nos permite obtener planos con vistas del diseño para crear la documentación gráfica del mismo y el taller Digital Mockup nos permite analizar la validez de nuestro producto mediante simulaciones del mismo y de su entorno. Se compone de las herramientas DMU Kinematics Simulator, que simula los mecanismos de los que se compone el diseño a través de interferencias y distancias mínimas así como la creación de animaciones; y DMU Fitting para simular el despiece de un ensamblaje como se realizaría para las operaciones de mantenimiento https://www.3ds.com/es/productos-y-servicios/catia/productos/catia-v5/portfolio/domain/Product_Synthesis/product/KIN/

3.3. Modelado en CATIA de las Tipologías de Prensado Basada en los Ejemplares Existentes en “El Molino Viejo”

En este apartado expondremos los resultados del modelado en CATIA de ejemplares de tipología referente al prensado de la masa de oliva para la obtención de aceite a empleados a lo largo de la historia en el sistema tradicional.

Dichos elementos son la prensa de cuñas grecorromana, prensa de capilla, prensa de viga y quintal, prensa hidráulica manual usada para la experimentación y prensa hidráulica para la producción industrial, que se encuentran en el Museo “El Molino Viejo” de Cabra y cuya historia se presenta a continuación.

3.3.1. El Museo del Aceite de Cabra

Esta primera sección trata sobre “El Molino Viejo”, museo dedicado principalmente a la cultura oleícola mediterránea gracias al cual he obtenido las referencias para las máquinas modeladas en CATIA, además de gran cantidad de información referente al mundo del aceite de oliva.

El museo se encuentra en la ciudad de Cabra, centro geográfico de Andalucía y gracias al esfuerzo y dedicación de los hermanos Cobo, actuales propietarios del museo; cuenta con una amplia variedad de elementos que le aportan un enorme valor cultural y atractivo turístico. Este valor turístico y cultural del Molino Viejo comienza con el propio edificio que lo alberga; una antigua bodega de vino y posterior fábrica de aceite que se trata de uno de los pocos ejemplos de bodega de estilo modernista en España fuera de Cataluña y Comunidad Valenciana.[58]



Figura 90 Fachada de la bodega modernista de Pallarés y el museo “El Molino Viejo”[59]

La arquitectura del edificio consiste en “dos naves adosadas y simétricas de planta rectangular, con un solo piso más trujales y cubiertas a dos aguas, por cuyo alzado lateral derecho se anexa otra crujía en forma de torre con dos alturas”. [58]

Dichas naves fueron construidas en 1913 por encargo del industrial tarraconense Fernando Pallarés Besora (1849-1922); quien se dedicaba al comercio de aceite entre otros negocios y buscaba hacer lo propio en la localidad de Cabra, donde poseía una representación oleícola dirigida por Francisco Muñoz.[60]

El negocio vinícola de Pallarés fue dirigido por los hermanos Luis y José desde finales de 1929 bajo la razón social “Bodegas Cordobesas, S.A.” Las Bodegas Cordobesas colindaban desde sus inicios con la gran fábrica oleícola de San Antonio, cuya superficie se iba ampliando conforme la empresa demostraba un éxito cada vez mayor, llegando a contar con una extensión de 30.579 metros cuadrados de superficie construida.

Los vinos y aceites producidos pudieron ser exportados a otros lugares aprovechando la línea de ferrocarril que pasaba por Cabra, conocida popularmente como el “tren del aceite”. Esto permitía mercadear sus productos hacia los puertos marítimos de Málaga y Algeciras para ser distribuidos a ciudades como Córdoba, Madrid, Sevilla y a cantidad de países en el extranjero.



Figura 91 Tren del Aceite en su llegada a la estación de Cabra[61]

La marca “Fernando Pallarés e Hijos”, [58]sería disuelta en 1916 para ser sustituida el 3 de octubre de ese mismo año por la sociedad colectiva denominada “Pallarés Hermanos”; firmada ante notario por los hermanos Luis y José Pallarés Delsors. Bajo dicha marca, la empresa se dedicó a fabricar y comercializar aceites de oliva y sus productos derivados (orujo y jabones), así como a la exportación de cereales. Entre 1928 y 1933 se llevó a cabo la transición de la sociedad regular colectiva a la sociedad anónima “Pallarés Hermanos S.A.”.



Figura 92 Fernando Pallarés Besora y sus dos hijos Luis y José Pallarés Delsors[60]

El éxito de la empresa de los hermanos Pallarés llevó a Luis y Fernando a adquirir y renovar fábricas de otros industriales que no habían sido capaces de aprovechar su potencial y hacerlas rentables en distintos lugares de Andalucía.

Desde 1929 el transporte se realizaba mediante camiones que luego enlazaban con líneas ferroviarias o barcos. Los canales de comercialización más destacados estaban en el mercado español y americano; EE.UU. (Miami o Nueva York), Brasil, Argentina, Cuba, Uruguay, Mexico, Chile...fueron destinos habituales para los aceites elaborados por la Casa Pallarés.[58]

Pallarés Hermanos fue una de las empresas que promovió la necesidad de exportar al desarrollar la propaganda hasta límites insospechados en un sector, como el oleícola, siempre disperso, amplio y atiborrado de intereses contrapuestos. Para Pallarés Hermanos, la finalidad a la que debía aspirar la oficina de propaganda del aceite, no podía ser otra que la de establecer una eficaz y creciente penetración comercial en los mercados y atraer simultáneamente la preferencia del consumidor hasta acreditar, en grado satisfactorio, las excelentes cualidades del producto.[3].

Prueba de la magnitud comercializadora que alcanzó el emporio Pallarés queda reflejada en los numerosos ejemplares de envases de hojalata que se encuentran a día de hoy en el museo y que se fabricaban en la propia fábrica de San Antonio en Cabra, que elaboraba también sus propios hornos de secado de colores y barnices para litografía y los elementos de carpintería como las cajas de madera que contendrían dichos envases.



Figura 93 Lata de aceite Pallarés con la imagen de Alfonso XIII[62]

El 13 de enero de 1940 se procedió a la devolución de las acciones de “Bodegas Cordobesas, S.A.” por cese de actividad y la bodega fue transformada definitivamente en fábrica de aceites durante el segundo semestre del año, ampliando así el complejo agroindustrial colindante. El interior del edificio requirió reformas para adaptarse a su nuevo uso, así se subió varios metros la solera primitiva de la nave derecha para construir los trujales y ubicar encima el forjado actual. La nave izquierda se habilitó como zona de molienda y prensado compuesta por cuatro lavadoras de aceitunas, ocho prensas hidráulicas, cuatro molederos, ocho batidoras y un transportador de orujos. El orujo era desplazado en vagonetas por el interior de la fábrica hasta la extractora.

La maquinaria fue instalada por fundiciones Alba, S.A., de Córdoba, una empresa fundada en 1885 que cesó actividad en 1979 como tantas otras del sector. Para el almacenamiento del aceite se utilizó la nave derecha y se adosó un tercer volumen a su fachada lateral. Sobre 1950, la Casa Pallarés instaló una nueva bodega de vinos en un solar cercano.



Figura 94 Conjunto de 8 prensas hidráulicas empleadas en la fábrica de San Antonio. Fuente: Aportación de Juan Cobo

La Casa Pallarés continuó su actividad comercial durante los siguientes años hasta que, tras años de padecer una grave crisis financiera, la empresa se declaró bajo suspensión de pagos el 20 de septiembre de 2005 y se acordó disolver y liquidar “Pallarés Hermanos, S.A.”. De este modo ponía fin a su actividad la que haya sido la empresa más importante instalada nunca en Cabra, la cual contribuyó enormemente al desarrollo económico, urbanístico y cultural de esta localidad.

Actualmente las instalaciones son de la empresa familiar egabrense Hecoliva S.A., propiedad de los hermanos Juan y Domingo Cobo. La empresa sigue con la tradición oleícola del edificio, elaborando Aceite de Oliva

Virgen Extra de la mejor calidad seleccionando los mejores frutos de los olivares egabrenses y realizando la molturación de los mismos diariamente.

El complejo empresarial de Hecoliva incluye además el museo del aceite “El Molino Viejo” que alberga una colección de gran variedad de maquinaria utilizada a lo largo de los siglos para la obtención de aceite; latas de hojalata fabricadas entre 1917 y 1975 destinadas a la exportación de aceite; una cámara para realizar los fotolitos que irían impresos en dichas latas y varios ejemplares de los mismos; ánforas y vasijas de aceite que datan de la época romana; documentación sobre la historia de Cabra y la Casa Pallarés; y una exposición única de elementos realizados en esparto y su manipulación, con verdaderas obras de arte realizadas por el maestro Don Felipe Cobo.



Figura 95 Cámara para la realización de fotolitos[59]

Figura 96 Tapices de esparto realizados por el maestro Felipe Cobo[59]

La pieza más importante del museo quizás sea la Prensa de Viga y quintal datada en la Edad Moderna que ocupa una importante fracción del espacio del museo. Esta prensa proviene de un antiguo molino aceitero que se hallaba oculto bajo una casa en pleno centro de Cabra. El derribo de la vivienda en el año 2000 puso al descubierto la prensa de viga y quintal con su torreón de piedra, así como otras piezas oleícolas que fueron trasladadas también al museo. La torre de contrapeso tenía un tejado a cuatro aguas que descansaba sobre un volumen con cinco metros de altura y una planta rectangular, cuya profundidad y anchura eran de unos 1 y 3,2 metros respectivamente. Las escrituras del solar, efectuadas en la década de 1760, indican que la almazara fue construida en el último tercio del siglo XVII.[58]



Figura 97 Vista de la sala en la que se encuentra la prensa de Viga y Quintal. Fuente: Aportación de Juan Cobo

Junto a la prensa de viga destacan un molino de sangre de tracción animal que incorpora dos rulas troncocónicas de piedra caliza; una perfecta reproducción de una prensa grecorromana de cuñas; una prensa de capilla; una sistema hidráulico formado por un motor eléctrico que acciona el molino de dos rulos cilíndricos y la caja de bombas que hace funcionar la prensa hidráulica semejante a los que usaba la fábrica de Pallarés en su momento; tinajas datadas entre los siglos XVIII-XIX; y una enorme cámara litográfica importada desde Alemania por una empresa que sigue funcionando a día de hoy realizando impresiones en 3D.

Las dos naves que conformaban la bodega albergan en la actualidad unos salones de celebraciones que contienen una colección de tapices de esparto única y en lo que fuera la sala de molturación de la fábrica se encuentra hoy la cafetería “Bohemios”.

3.3.2. Búsqueda de planos y documentación

El proceso de modelado comenzó con la búsqueda de documentación gráfica de la maquinaria en cuestión. El primer paso fue preguntar a Juan Cobo cual era la documentación de la que disponían en el propio museo.

Desde un primer momento se hizo evidente que sería tarea difícil, imposible incluso para la mayoría de las máquinas, pues eran muy antiguas y se habían construido de manera “artesanal” sin seguir un procedimiento estándar, sino mas bien ajustándose a los materiales disponibles y el espacio del que disponían para albergarlas. Éste es el caso de las prensas de viga y quintal, prensa de capilla y prensa de cuñas.

Las esperanzas de encontrar planos de estas máquinas residían en la existencia de algún trabajo previo que los hubiese elaborado. Tras buscar en internet y consultar con el museo “Aguilar y Eslava” de cabra por la información que pudiesen tener en sus archivos (ya que en alguna ocasión habían provisto de material al museo “El Molino Viejo”), se descartó esta opción y no quedó mas remedio que realizar medidas por mi mismo para poder conservar las proporciones y dimensiones básicas de dichas máquinas.

De la prensa hidráulica de accionamiento manual, a pesar de no ser tan antigua como las anteriores y tener piezas más elaboradas y estándar, tampoco había documentación. Se trata de un proyecto personal de Fernando Pallarés que elaboró con distintas piezas a las que tenía acceso, no fue un encargo a una fundición de la que se pudiese obtener la documentación.

En cuanto a la prensa hidráulica para la producción de la fábrica Pallarés, sí tenía esperanzas de encontrar documentación exacta de la misma. Esta prensa, a pesar de tener un uso únicamente expositivo en la actualidad, todavía está en condiciones operativas. No obstante, en ninguno de los museos egabrenses se encontraba tal documentación, que posiblemente se perdiese con el cierre de la empresa de los hermanos Pallarés.

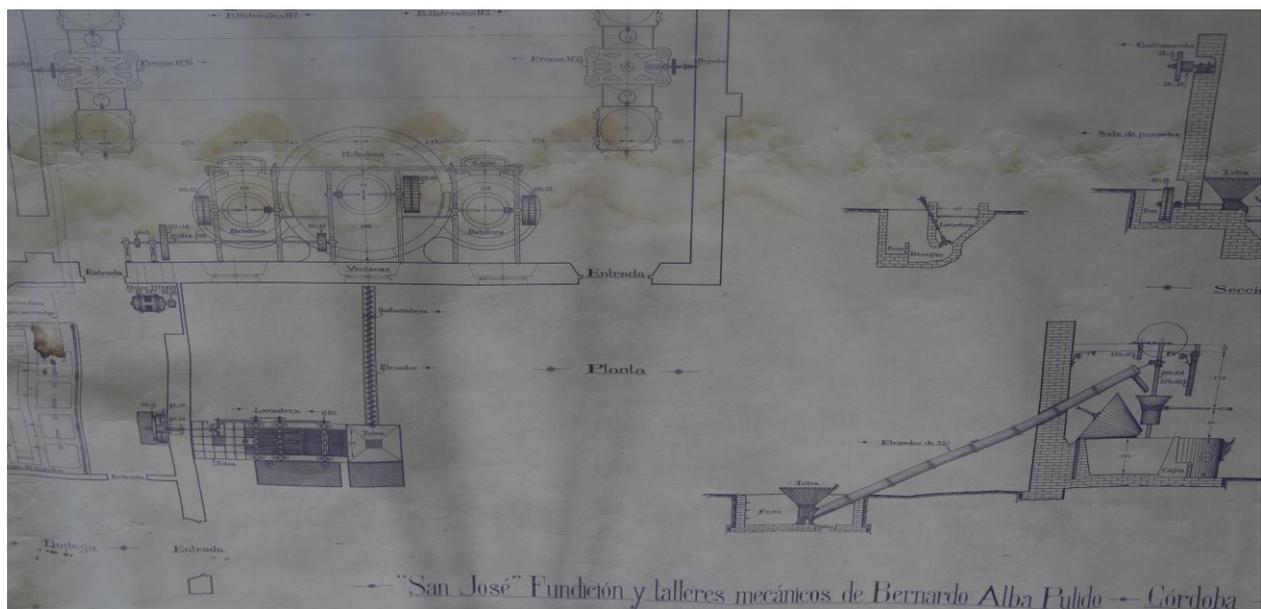


Figura 98 Planos de la maquinaria de la fábrica de San Antonio. Fuente: Aportación de Juan Cobo

Procedí a contactar con la empresa de fundiciones que llevó a cabo dicha máquina en su momento “Fundiciones Alba S.A.”, sin embargo la empresa quebró hace muchos años. Dicha empresa era procedente de Alcoy, así que contacté con el ayuntamiento para ver si podían ayudarme con material referente a la maquinaria que producía la empresa en los archivos de la biblioteca. Me enviaron la información de la que disponían, pero entre esa información no estaba lo que necesitaba.

Prensa para vino y aceite



con columnas
de doble palanca
para espornes

La Prensa de doble palanca, aplicable lo mismo para el vino que para el aceite, se recomienda por su mecanismo sencillo y sólido, fácil manejo y barato. Los agricultores muestran por ella decidida preferencia, convencidos de las fuertes presiones que alcanza.

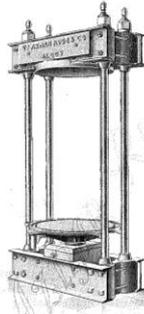
En los cinco últimos números se recomendaba la adición de un movimiento rígido especial que facilita notablemente la operación de destornillar en los primeros puntos del ascenso y cuyo precio es de 75 pesetas.

Figura 14

Número	Díametro del buello Centímetros	Díametro de las columnas Milímetros	Díametro del espornes Centímetros	PESETAS
1	9	55 por 55	65	540
2	10	60 » 65	70	630
3	11	65 » 70	70	710
4	12	75 » 75	70	820
5	12	75 » 75	75	860
6	13	80 » 80	75	940
7	14	85 » 85	65	1080
8	14	85 » 85	70	1150
9	15	90 » 90	72	1360
10	16	95 » 95	72	1520
11	16	95 » 95	80	1755

Sección 1.ª

Prensa con vigas de acero y piezas hierro fundido



doble efecto
Sistema Racion:

La Prensa doble efecto sistema Ra columnas, es la últimamente aplicada a ción de toda clase de caídos y en part vinos y los aceites.

Su mecanismo es sencillo y su opo rta más, pues se reduce a que desguza los capachos se baja el plato presor, et manetas del plato fije al buello en dos agujeros y procurando quitar las chas que el obrero encuentre gran resisten guía se colocan las dos chavetas en agujeros interiores y en una misma di cebra la palanca en su sitio y con un s de varilla y sin mover el obrero los j rón, consigue apretar rápidamente y tiempo, pues la condición del doble, e que siempre esté apretado y avance e la operación.

Cuando la resistencia se hace may tan los chaveteros de la serie de agujer res y se colocan al exterior, encontrand una débil resistencia, que parece no ha Esta clase de prensa llamada Ra un mecanismo sumamente sencillo, sólí, razón la recomendamos a los viniculto

Figura 57

Número	Cabida en frangá de 12 colmenas	Precio afre divo en el moletino Kilogramos	Díametro del piñón Milímetros	Cuerca del piñón Milímetros	Distancia entre la puente alta y plato presor Milímetros	Díametro de las agujeros Milímetros	Díametro de las 4 columnas Milímetros	PESETAS
1	12	200.000	200	1.000	1.700	800	73	2.850
2	16	250.000	250	1.100	1.800	900	77	3.750

Sección 1.ª

Figura 99. Documentación referente prensas elaboradas por Fundiciones El Vulcano. Fuente: aportación del Ajuntament d'Alcoi

Antes de decidir medir por mi cuenta ésta máquina procedí a buscar otras fundiciones que hubiesen elaborado maquinaria similar e intentar contactar con ellas de la misma manera, sin embargo la mayoría habían corrido la misma suerte que Fundiciones Alba y no encontré información relevante.

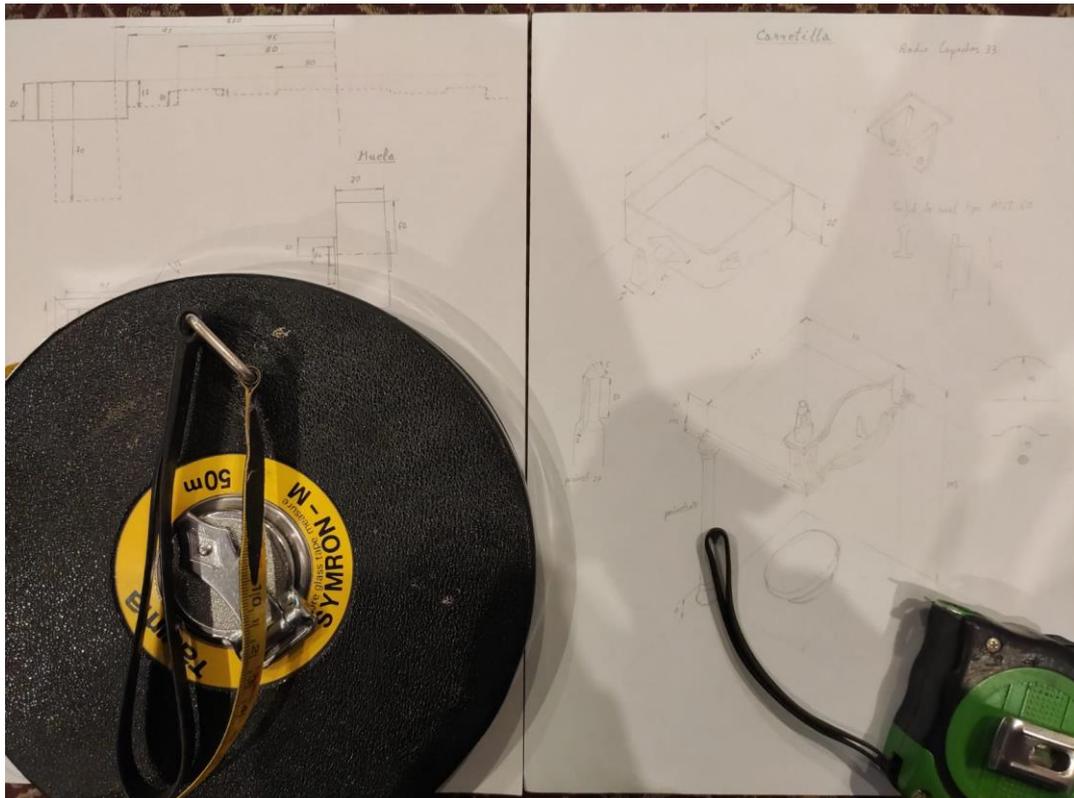
Llegados a este punto decidí elaborar yo mismo las medidas que me permitiesen realizar con CATIA un modelo suficientemente parecido a los del museo, ayudándome de material de internet para modelar aquellas partes inaccesibles de las mismas.

Durante todo el proceso de modelado, se llevó a cabo el proceso de investigación sobre la tipología de prensas existentes, con el propósito de encontrar planos disponibles en algún documento, tanto en internet como en museos de zonas donde existían fundiciones de máquinas hidráulicas contemporáneas a las allí presentes.

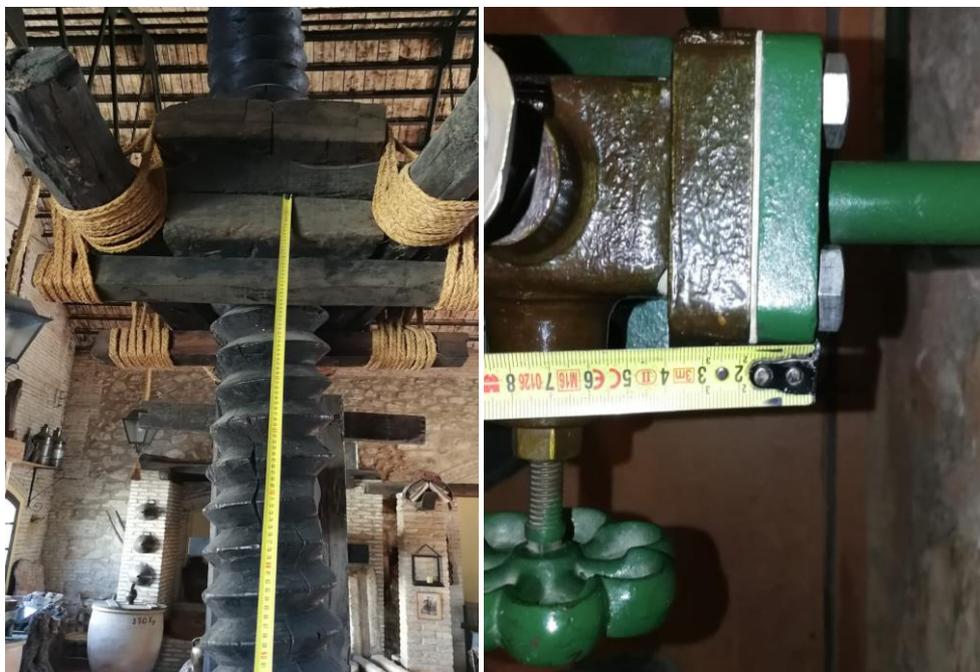
3.3.3. Mediciones

Las mediciones se llevaron a cabo en una serie de visitas al museo, siempre con la ayuda de algún amigo que estuviese disponible.

Las medidas se llevaron a cabo con la ayuda de una cinta métrica de fibra de vidrio flexible de 50 metros que nos permitía obtener las medidas de los elementos cilíndricos y de mayores dimensiones; una cinta métrica metálica más rígida de 5 metros para medir otro tipo de elementos como los tabloncillos.



Con la ayuda el uno del otro para llegar a los sitios más complejos, tomábamos las medidas necesarias a la vez que las acompañábamos con fotografías y las íbamos apuntando en bocetos realizados a mano, para tener una referencia a la hora de modelar en CATIA.



Una vez creía tener todas las medidas posibles y cuando consideré que conocía el manejo del programa, pasé a la fase de modelado. Conforme avanzaba el modelado, cada vez surgían más puntos que con las medidas y fotografías disponibles seguían siendo ambiguas, por lo que era necesario realizar nuevas visitas.

El modelado no pretende ser, por lo tanto, una representación exacta, si no más bien una aproximación conservando las dimensiones y proporciones de las máquinas usando las medidas y suposiciones tomadas

durante el proceso. Con el equipo necesario para realizar un despiece de las máquinas, se podría hacer un registro que redujese enormemente la ambigüedad en los modelos de las mismas.

Se plantea también el uso de fotogrametría para obtener una representación idéntica a la realidad, que con la cantidad suficiente de fotografías elaboradas correctamente permita plasmar todos los detalles únicos que presentan estas máquinas en la actualidad.

3.3.4. La Prensa de Cuñas Grecorromana

Esta arcaica prensa construída en madera está formada por un cuerpo o estructura vertical y con una firme base. Cerca de la base alberga una plataforma horizontal donde se colocaba horizontalmente el montón de capachos que iban a ser prensados. La estructura contiene en su interior unas guías que siguen unos tablones colocados horizontalmente y que permiten su desplazamiento verticalmente. En lo más alto de la estructura se encuentra el último tablón, fijado a la estructura para que no permitiese su desplazamiento y pudiese hacer de tope.

Entre los tablones se colocaban unas cuñas que al ser golpeadas por unas mazas portadas por dos operarios, se introducían cada vez más entre los tablones, forzando su movimiento contra la pila de capachos y ejerciendo así la presión necesaria para exprimir el jugo que contenían. Mediante unas aperturas en la plataforma de apoyo de los capachos, el aceite se vertía hacia unos recipientes de barro colocados debajo.

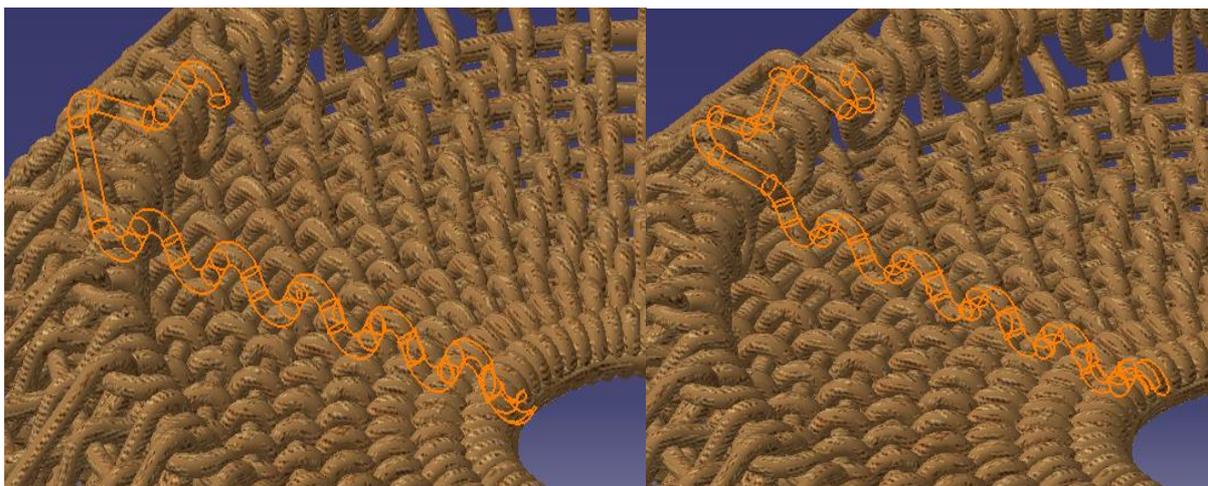
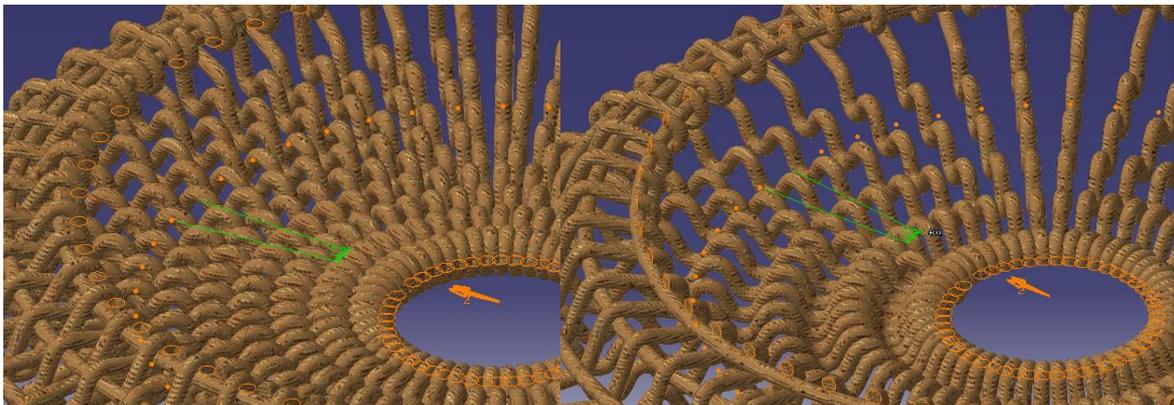
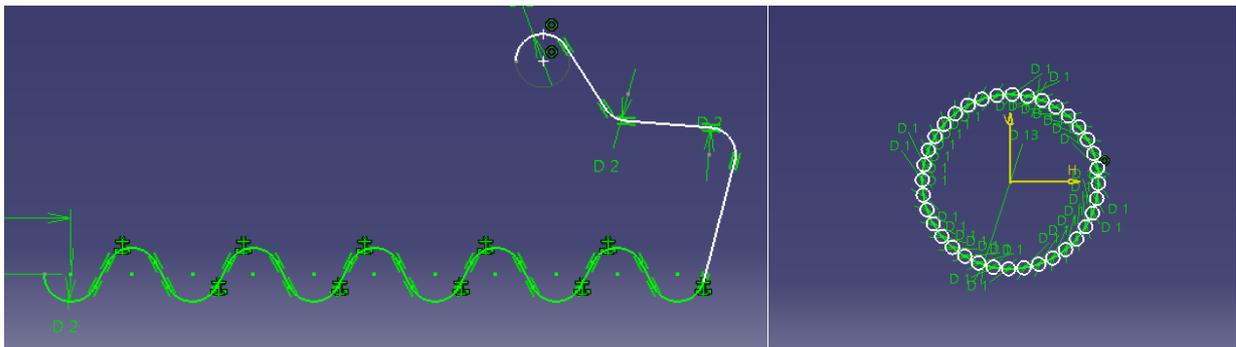


Figura 100 Prensa de cuñas grecorromana del museo "El Molino Viejo" Fuente: Aportación de Juan Cobo

Para modelar la pila de capachos, se procedió primero con un único capacho, para repetirlo tantas veces como fuese necesario. Para el modelado se realizaron una serie de *sketches* con las trayectorias que debía seguir la cuerda que lo conforma. Mediante *Joins* y *Sweeps* se realizaron varios tramos que se repitieron usando *CircPattern* hasta completar toda la circunferencia del capacho. Las cuerdas se van enredando entre sí y siguiendo la guía de un esqueleto que se extiende desde el centro hasta el extremo exterior. La textura aplicada ha sido Fabric 5.

La serie de *Sketches* se elaboraron de modo que al utilizar la herramienta *Sweep*, las cuerdas quedaran entrelazadas correctamente alrededor de los anillos circulares que aumentaban en radio hacia el exterior. Dicha trayectoria consistía principalmente en cuatro tramos que conformarían un “ciclo de la cuerda”. Este ciclo va desde el radio menor del capacho hacia el exterior llegando a la parte superior del doblete (tramo uno), otro tramo que desfasado un ángulo respecto a este y que va desde el punto superior hasta el radio menor de la base del capacho (tramo tres), un tramo encargado de unir ambos tramos en la parte superior (tramo dos) y otro que continúa el tramo tres por el centro del capacho (tramo cuatro).

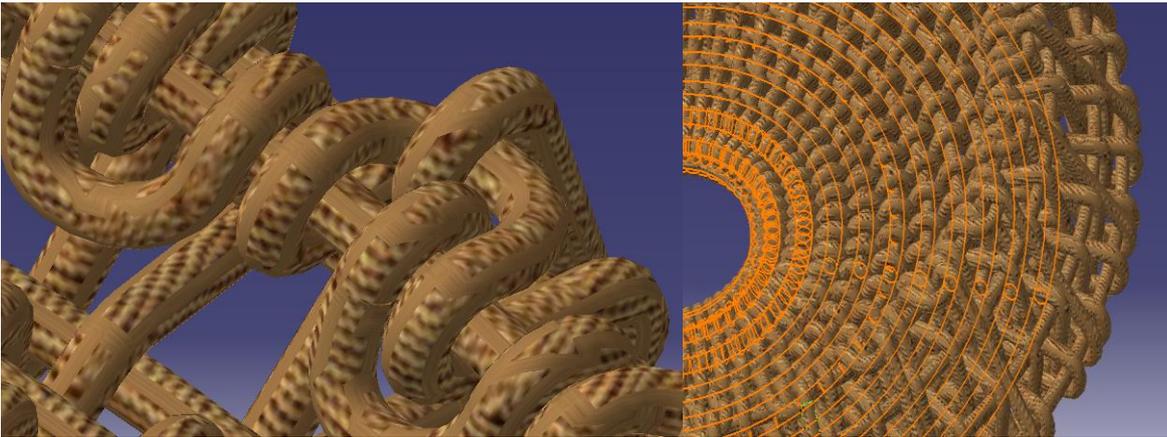
Estos cuatro tramos se repiten alrededor de la circunferencia usando la herramienta *CircPattern* de modo que el tramo 4 de cada instancia queda unido con el tramo uno de la instancia siguiente completando el ciclo.



Una vez realizados todos los tramos, se emplea la herramienta *CloseSurface* y se procede a unirlos con la herramienta *Join* para aplicar la *CircPattern* y proceder a aplicarles el material.

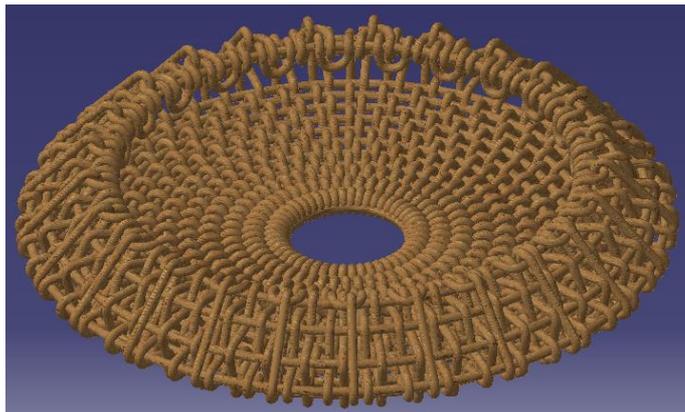
De este modo las cuerdas quedan entrelazadas entre sí en la parte superior, así como en la base como se puede

ver a continuación.

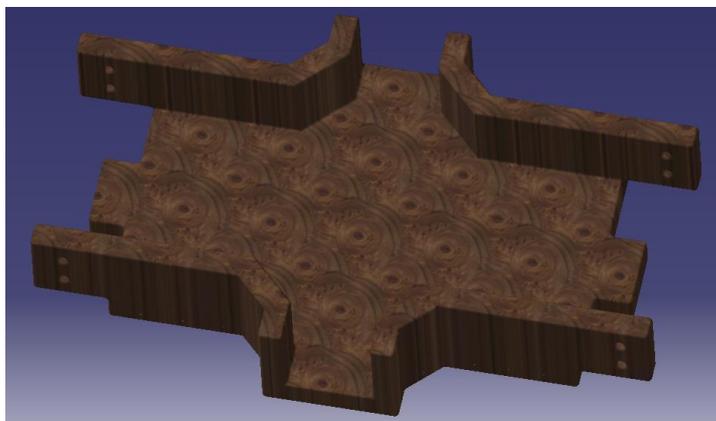


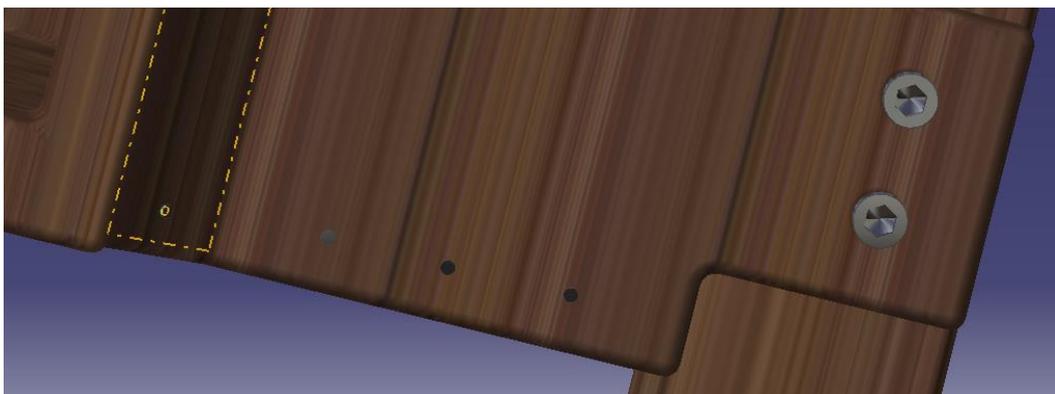
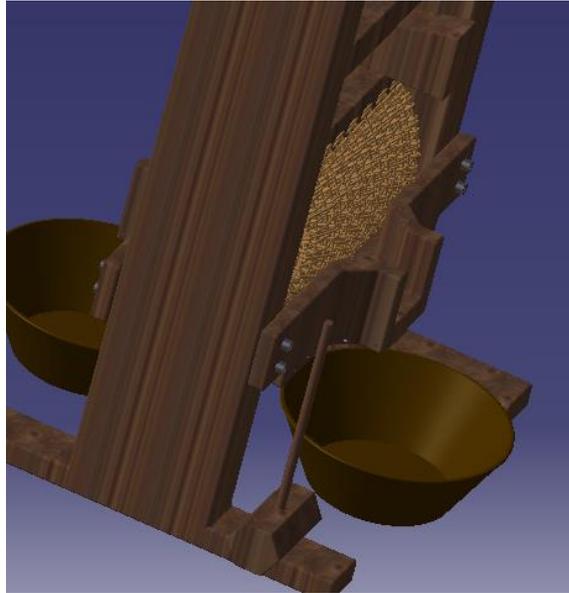
Para esta y todas las máquinas modeladas, la unión y colocación de las distintas piezas se ha realizado mediante el establecimiento de restricciones *Contact*, *Offset*, y *Coincidence*.

Debido a las limitaciones de mi ordenador, el capacho es el elemento que mas ralentizaba la ejecución del programa, especialmente cuando se repetía varias veces para formar la pila. . En este caso se usa *scaling* para reducir el tamaño de los capachos respecto a los usados en las otras máquinas.

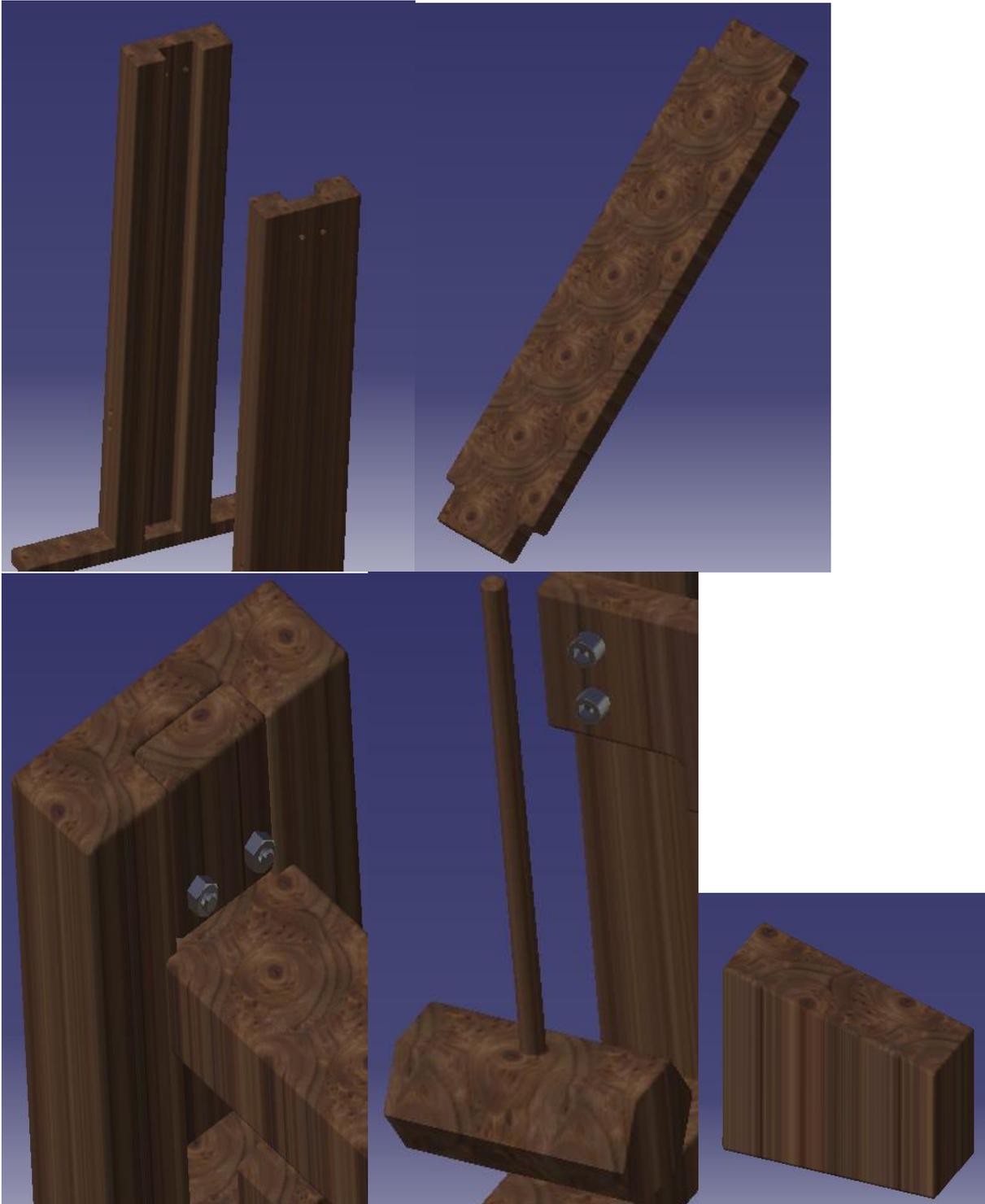


Con esta máquina, al igual que sucede con la mayoría de las máquinas que se modelan a continuación, el paso del tiempo entre otros factores hacía que sus piezas presentasen numerosas irregularidades. Para solventar estos inconvenientes, se realizaron numerosas medidas de las piezas y se modelaron de manera regular (sin los efectos de este desgaste) empleando los valores medios de las medidas tomadas.





De este modo resulta más fácil establecer los contactos y las restricciones entre los elementos y las piezas encajan perfectamente unas con otras. Eliminadas estas irregularidades queda una máquina simétrica y cuyos elementos se modelaron generalmente por extrusión de sketches en el módulo Part Design. Una vez modeladas todas las partes, se unieron en un Assembly Design, ajustando las restricciones de contacto y coincidencia necesarias



Las uniones entre los elementos fijos se realizaron mediante los tornillos y tuercas del catálogo que más se asemejaban a los reales, y clavos para la base de apoyo de los capachos.

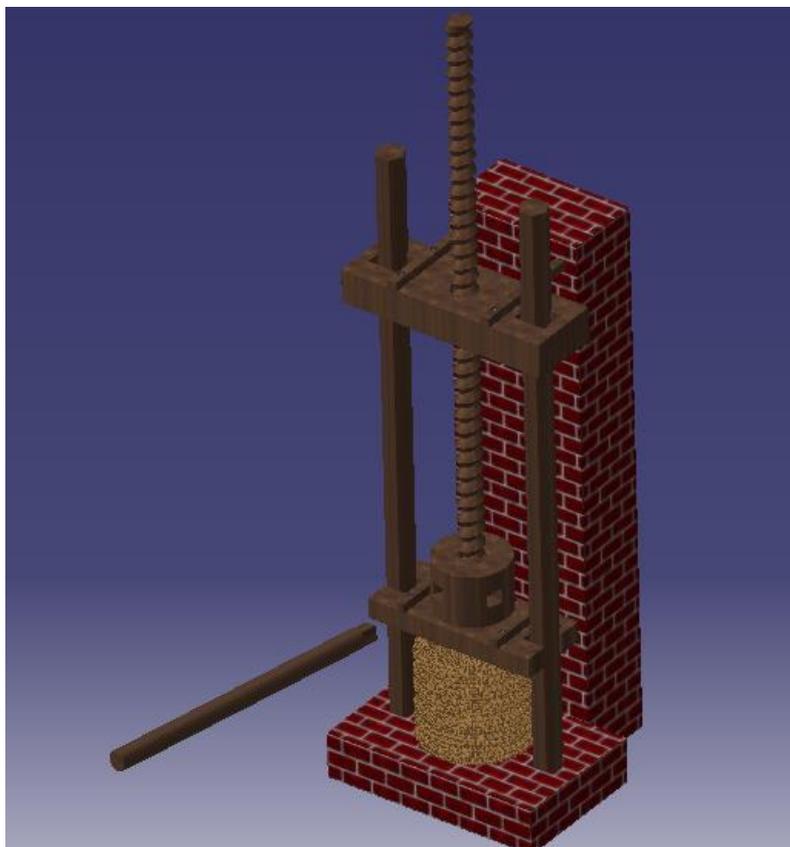
Por último se aplicaron los materiales a las piezas, buscando en el catálogo aquellos que más se asemejasen a la realidad. Los elegidos fueron *Elm Gnarl* para la madera, *Iron* para los elementos de unión y *Dull Brown* para los cuencos de barro.

3.3.5. La Prensa de Capilla

También construída en madera, su estructura se compone de dos vigas verticales que se encuentran ancladas al suelo. El tornillo central de rosca rápida y gruesa o *malus* atraviesa la tabla superior donde se ha tallado la contratuerca, descendiendo verticalmente sobre los capachos gracias al giro de acción manual empleando unas estacas de madera.



Figura 101 Vistas de la prensa de capilla del museo "El Molino Viejo" Fuente: Elaboración propia



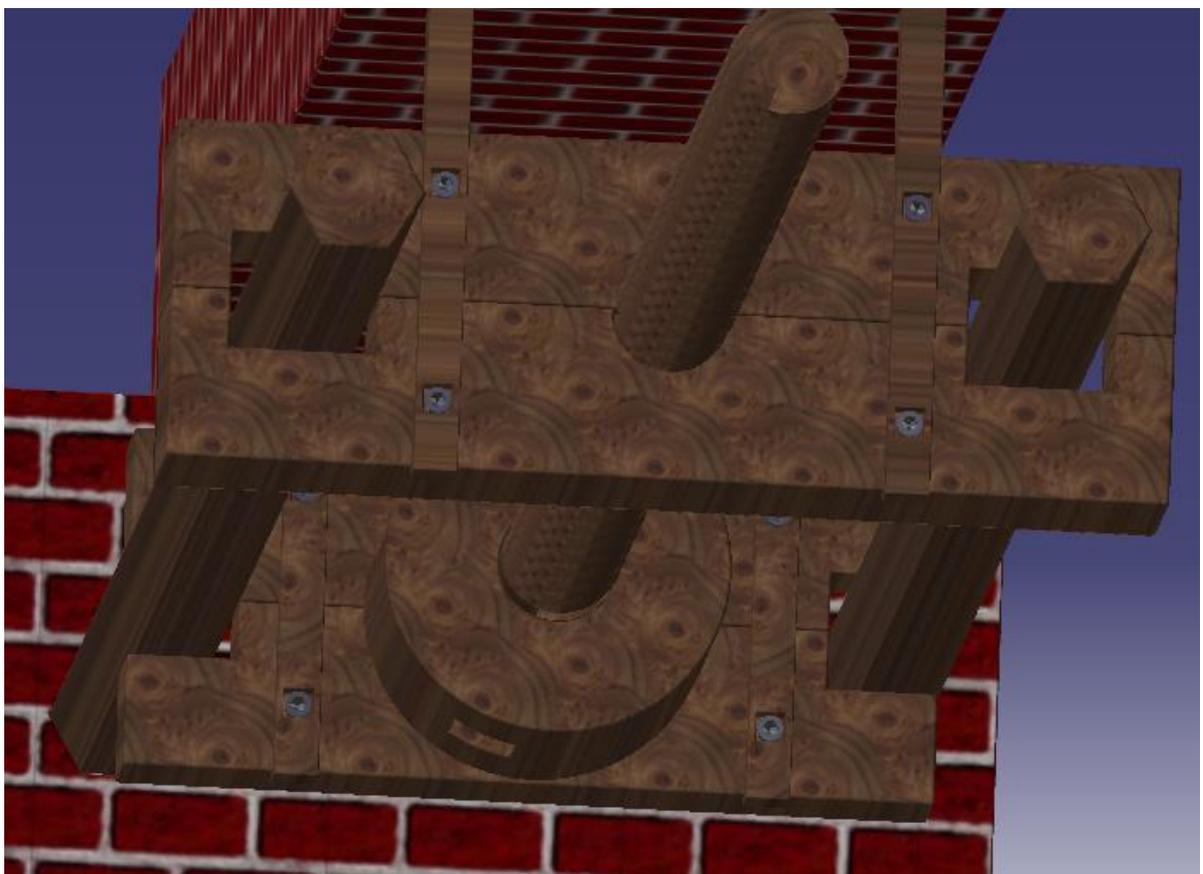
El modelado de las piezas de esta prensa ha sido llevado a cabo una vez más, basándonos en las medidas tomadas y obviando las irregularidades ocasionadas por el deterioro sufrido con los años.

Así queda una máquina simétrica cuyas piezas han sido modeladas mayormente mediante extrusión de siluetas simples y el uso de *Pocket, Hole* y *Pads* en el módulo *Part Design*.

A las piezas de madera se les ha aplicado una vez más el material *Elm Gnarl* y para los tornillos se ha usado *Iron*. A la estructura de ladrillo a la que se encuentra sujeta la prensa se le ha aplicado el material *Wall of Bricks*.



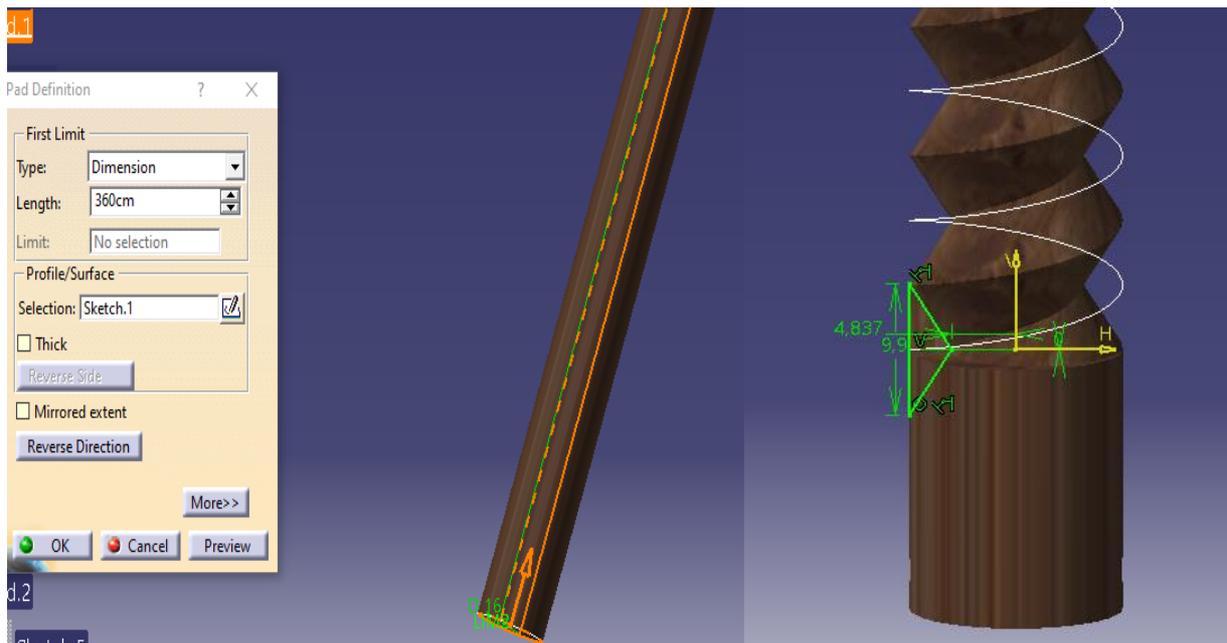
El malus se es la pieza central, que está unida en uno de sus extremos a una pieza cilíndrica que permite su accionamiento y atraviesa el tablón horizontal superior donde está tallada la contrarrosca. Esta pieza cilíndrica cuenta con 4 huecos distribuidos equidistantemente en su lateral. El operario, mediante su propio esfuerzo (usando un objeto alargado y resistente de madera que introducía en estos huecos) hacía girar la pieza cilíndrica; que al estar unida al malus, desplazaba hacia abajo la tabla sobre la que está apoyada y bajo la cual se encuentra la pila de capachos. La fijación de las piezas se lleva a cabo mediante tornillos del catálogo.



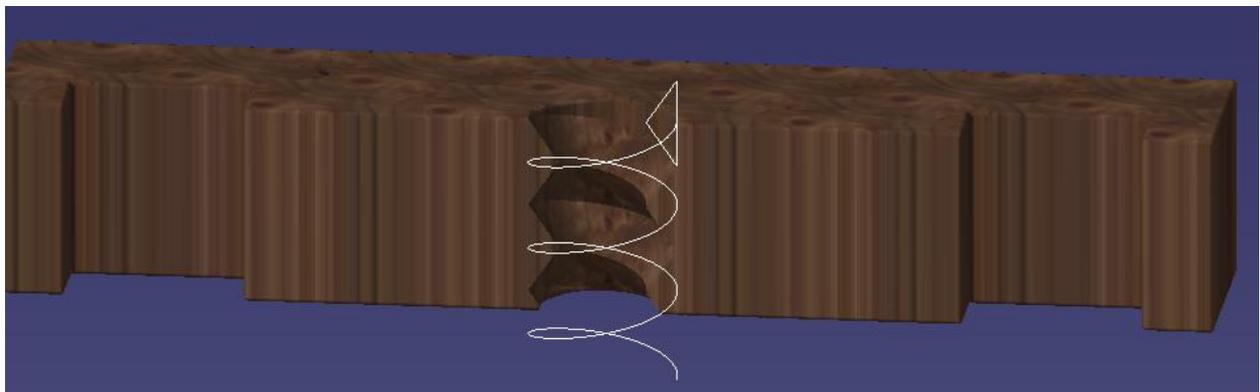
Las dos grandes piezas horizontales se forman mediante la unión de dos tablones simétricos cada una, unidos entre sí atornillados a un tablón más pequeño



El elemento más significativo de esta prensa es el tornillo cuyo accionamiento permite aplicar presión a la carga de capachos. Su modelado se realizó llevando a cabo la operación *Slot* de un *Sketch* triangular siguiendo una hélice que envuelve el cilindro extruído que forma el cuerpo de este tornillo. En las dos mitades del tablón horizontal superior se talló la contrarrosca empleando el comando *Rib* con un *Sketch* y *Helix* complementarios a los que se usaron para el tornillo.



Para realizar la rosca en los tablones superiores que permite la actuación del tornillo, se procedió de manera inversa, realizando primero un *Hole* en el cuerpo y posteriormente usando la herramienta *Rib* con el *Sketch* y *Helix* complementarios a las del tornillo. El sobrante de este *Rib* se elimina usando un *Pocket*.



Para el segundo tablón superior que complementa a este, se ha seguido el mismo proceso idéntico haciendo coincidir la forma de la rosca con la de la primera mitad.

3.3.6. La Prensa de Viga y Quintal

Esta prensa, también de madera, es más compleja que las dos anteriores y de mayor dimensión. Está compuesta por varias vigas unidas entre sí para obtener más longitud y que se encuentran dispuestas horizontalmente a cierta distancia del suelo. Las vigas atraviesan a las guideras que se encuentran fijadas unidas al suelo mediante dos vórgenes cada una. Estos vórgenes tienen unos orificios en sus laterales que permiten introducir la lavija y los trabones que acomodarán a las vigas.

Cerca de uno de los extremos de la viga, unida a ella en su parte inferior se coloca una plataforma circular de madera llamada marrano, debajo de la cual se coloca la pila de cachos que será exprimida.

En el otro extremo de la viga, acoplado a ella se encuentra una tuerca de madera, por la que se hace pasar un husillo unido en su base al quintal; una enorme piedra de unos 3000 kg que haría de contrapeso.

El procedimiento de prensado de esta prensa constaba de cuatro fases como podemos ver en la siguiente imagen

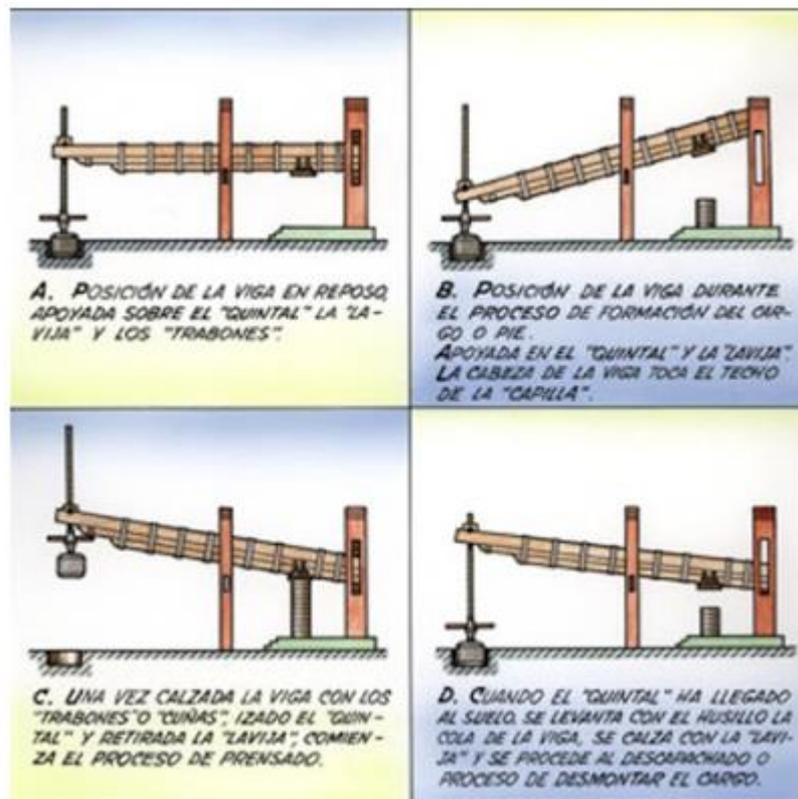


Figura 102 Funcionamiento de la prensa de viga y quintal[18]

Los materiales aplicados han sido una vez más *Elm Gnarl* para la madera, *Iron* para tornillos, tuercas y clavos, *Wall of Bricks* para los elementos del edificio que albergan la estructura y *Fabric* para las cuerdas que apoyan la unión de las vigas.

También se ha eliminado el deterioro que presentaba, usando las medias de las medidas tomadas para elaborar un modelo más regular.

Los materiales aplicados han sido *Elm Gnarl*, *Iron* y *Wall of Bricks* de nuevo y *Fabric* para las cuerdas, *Concrete* para el quintal y *Gravel 1* para la regaifa.

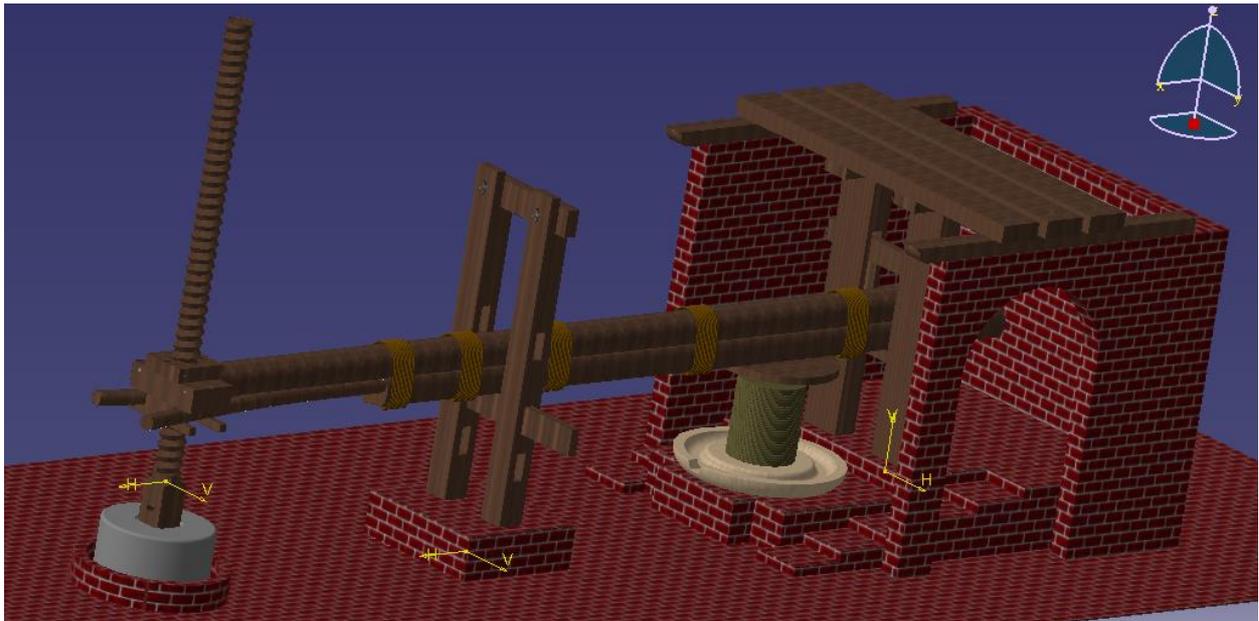


Figura 103 Prensa de viga y quintal del museo "El Molino Viejo" Fuente: Elaboración propia

Esta prensa destaca con respecto al resto de las que hemos visto, principalmente por sus dimensiones. Con más de 9 metros de largo y 4 de alto, no solamente requería de una nave de grandes dimensiones, sino que requería la construcción de una torre de contrapeso sobre el extremo contrario al quintal, para mantener la prensa en su sitio.

En el modelo se ha representado como podría ser la base de dicha torre, que cuenta con una apertura y unos escalones para facilitar la maniobrabilidad de los operarios para realizar la carga y descarga de capachos y manipular los travones.



Figura 104 Vista de la zona de presión sobre los capachos en la prensa de viga y quintal. Fuente: Elaboración propia

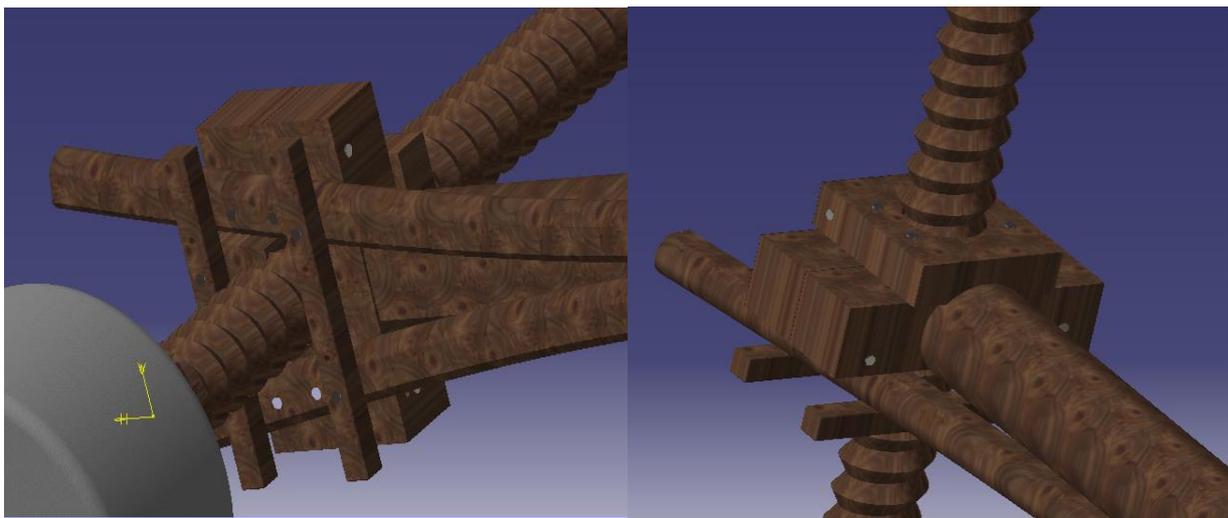


Las dos grandes vigas se realizaron mediante la extrusión en línea recta de un sketch de su sección, mientras que las dos vigas de menor dimensión están torcidas para unirse a los elementos de la rosca mediante una serie de clavos y se han realizado usando el comando *Sweep* a un perfil a lo largo de una curva.

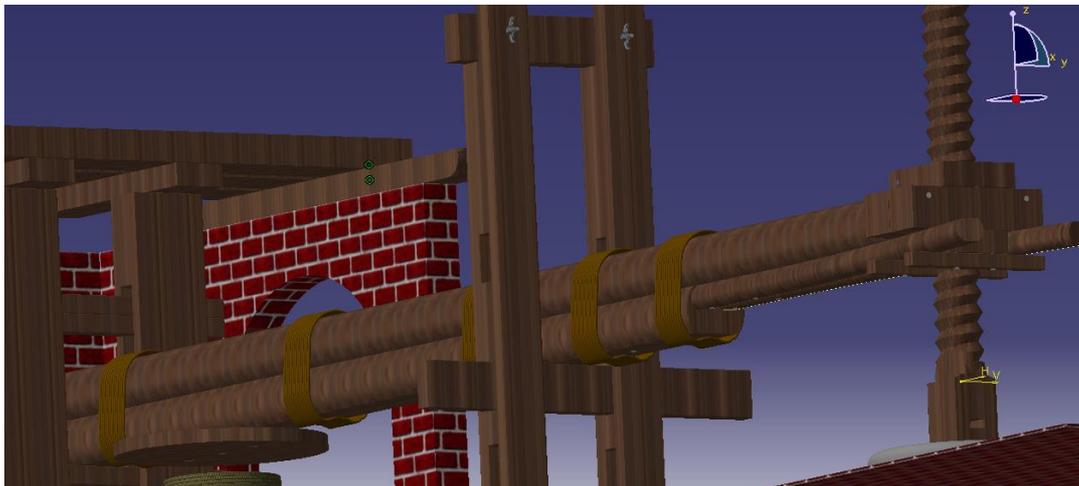
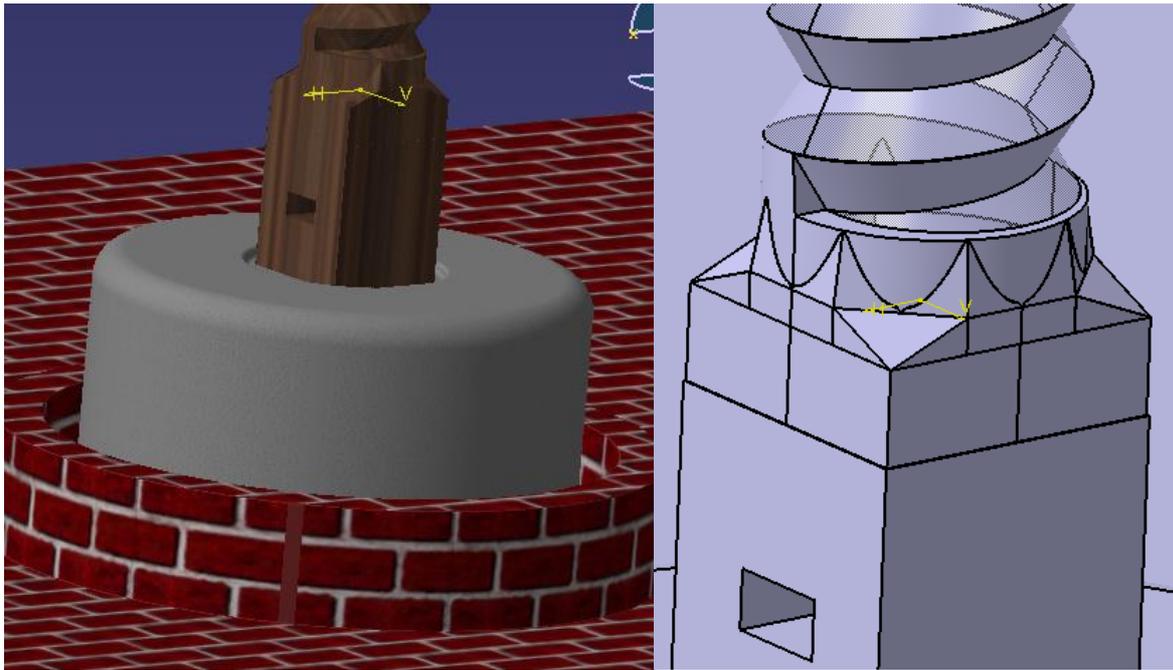
Para las cuerdas que se enroscan alrededor de las dos grandes vigas, también se ha utilizado el comando *Sweep* a lo largo de una trayectoria formada por varios tramos unidos mediante *Join*.



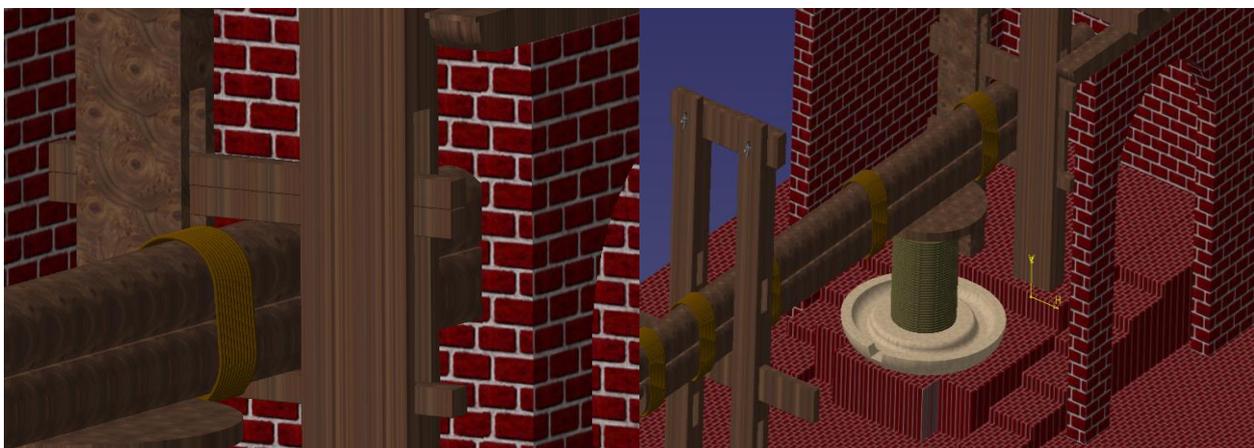
Para el tornillo de madera, se ha seguido el mismo procedimiento que con la presa de capilla, siendo la rosca esta vez un *Assembly* de varios elementos, cada uno con una parte de la misma. Concretamente está formado por 6 mitades complementarias



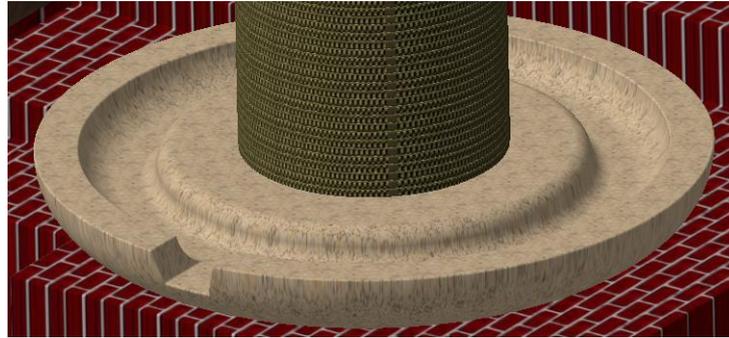
El husillo se hacía girar del mismo modo que ocurría con la prensa de capilla (manualmente con la ayuda de unas varas de madera introducidas en unos huecos de la base del mismo). Esta base presenta una especie de adorno cuando pasa de ser un bloque sólido rectangular a ser un tornillo tallado en madera. Este adorno se realizó en el módulo *Wireframe and Surface Design* con ayuda de herramientas como *Fill*, *Join*, *CircPattern*, *Thick Surface* y *Pad*.



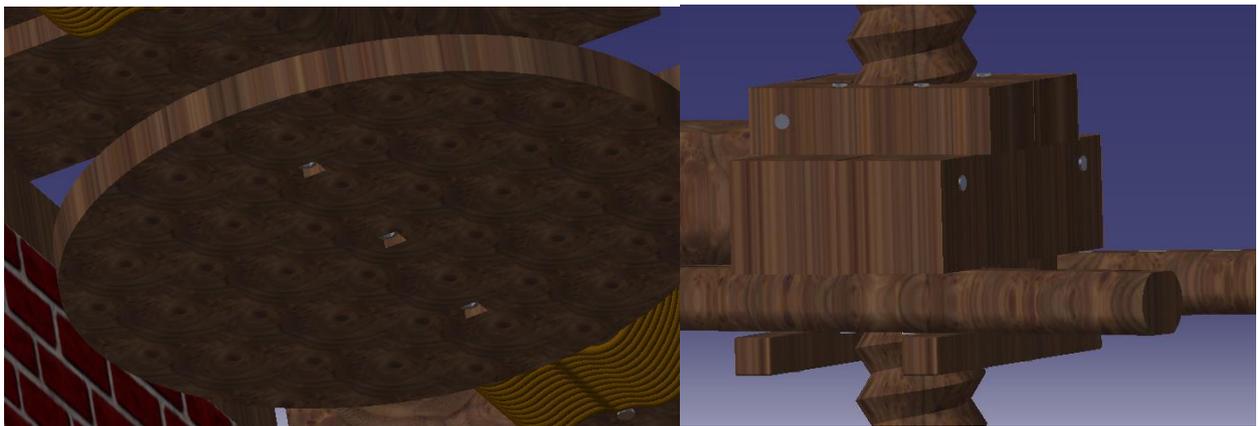
La simetría de la máquina permitió que algunos elementos, como pueden ser los vírgenes que forman las guideras o algunos elementos de unión se realizasen con el uso de la herramienta *Mirror* de un elemento ya creado, respecto al plano de simetría.

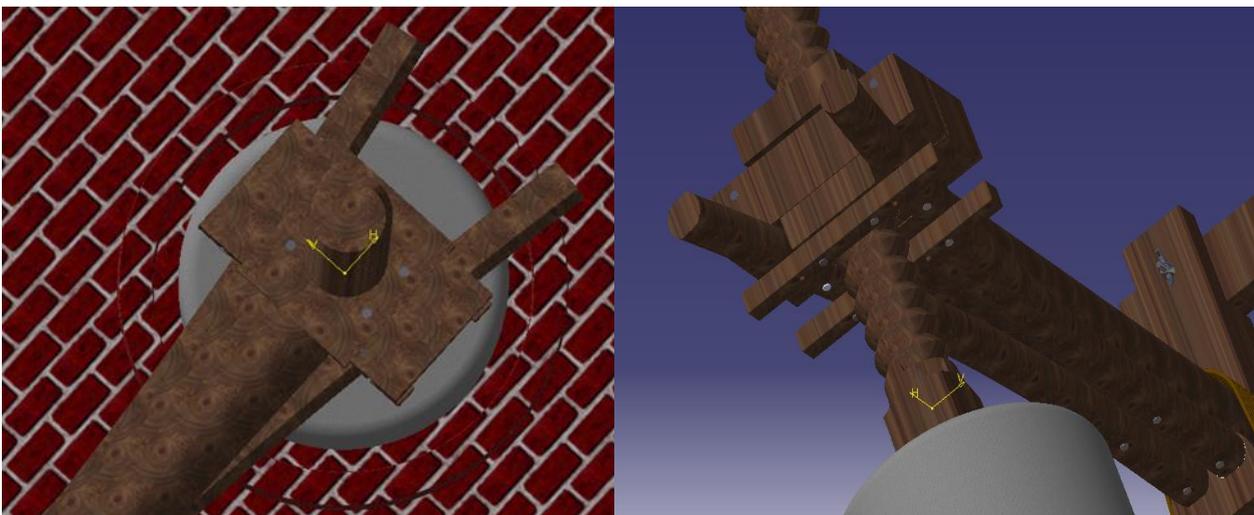
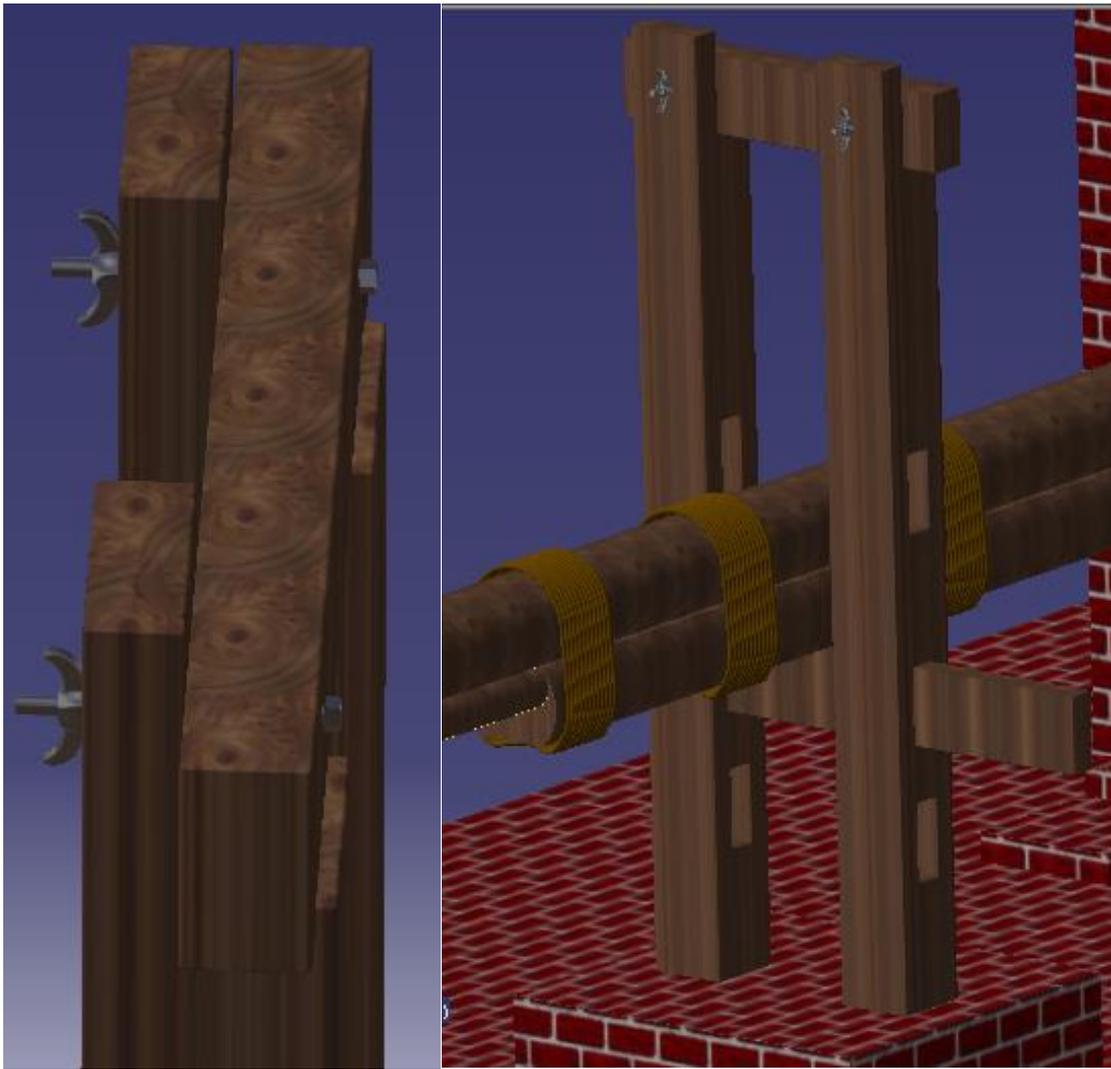


La forma de la regaifa se obtuvo mediante el uso de la herramienta *Shaft* en un perfil, la herramienta *Pocket* usando un plano auxiliar, y redondeando los bordes como en el resto de partes con *EdgeFillet*.



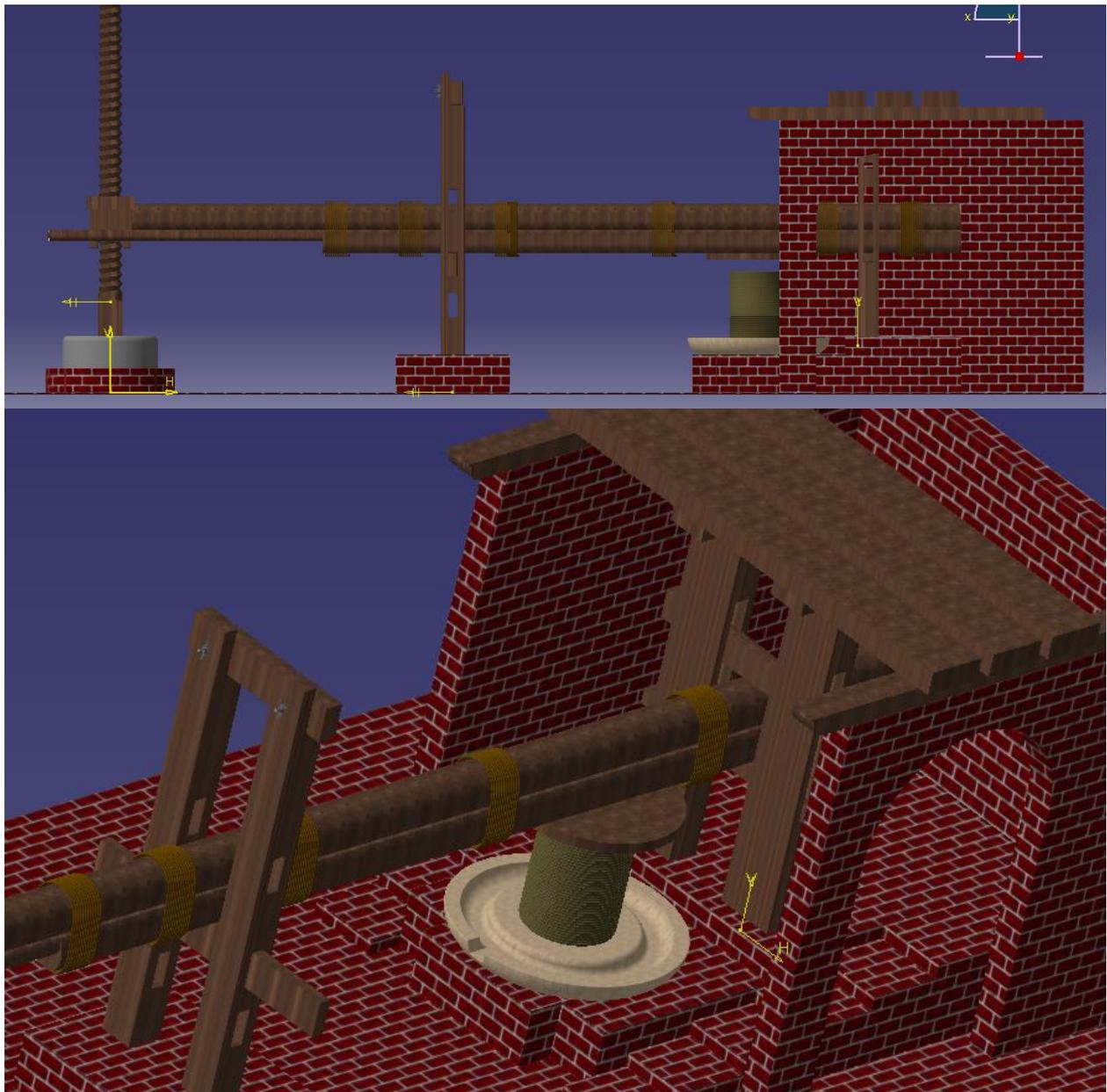
El elemento más empleado para la unión de los elementos de esta prensa son clavos de grandes dimensiones, a excepción de los tornillos usados para unir el marrano a la viga inferior y los tornillos que sirven de unión entre los vírgenes centrales y el tablón superior, que van enroscados a una tuerca de forma peculiar que se ha modelado usando *Shaft*, y *Pads*, y a la cual se le ha realizado un *Hole* con las especificaciones correspondientes al tornillo.





La viga de mayor longitud llega hasta tuerca, mientras que la segunda en longitud termina tras pasar los vírgenes centrales, donde continúan con el recorrido dos vigas de menor tamaño. Todas las vigas están unidas por clavos, y las dos mayores cuentan además con el apoyo de unas cuerdas que las envuelven en ciertos puntos. Las dos vigas menores se realizaron en *Wireframe and Surface Design* para conseguir su forma curva que permite a la rosca pasar entre las dos en su extremo más alejado. Con el uso de *Sweep, Fill, Join* y *Thick Surface* se consiguió la forma final de las mismas.

Mediante la adición de unos escalones y una entrada de la torre de contrapeso, se consigue que la totalidad de la prensa sea accesible para su correcto funcionamiento.



3.3.7. Prensa Hidráulica Manual para la Experimentación

Esta es una versión parecida a tamaño reducido de una prensa hidráulica de funcionamiento similar a la primera introducida en España por Don Diego de Alvear en 1833.

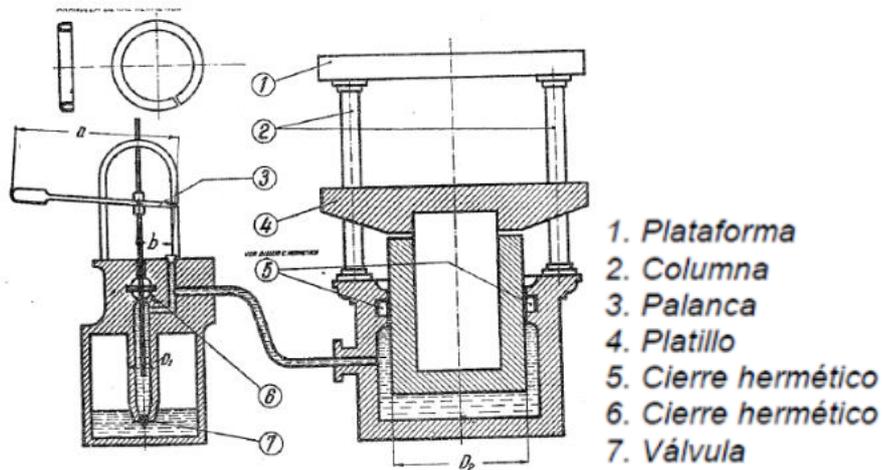


Figura 105 Esquema de prensa hidráulica de accionamiento manual[34]

Figure 106 Partes de dicha prensa

Esta pequeña prensa era empleada por los hermanos Pallarés en la fábrica de San Antonio para realizar numerosos experimentos en relación con la capacidad de extracción de aceite de la máquina, mejoras que se podrían incorporar, variaciones con distintos tipos de aceituna... con tal de mejorar en el proceso.

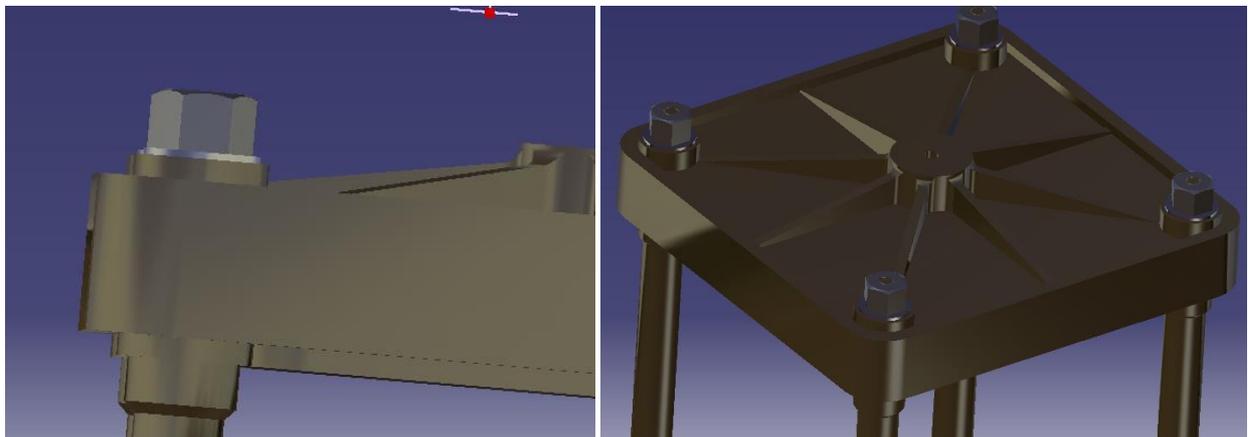
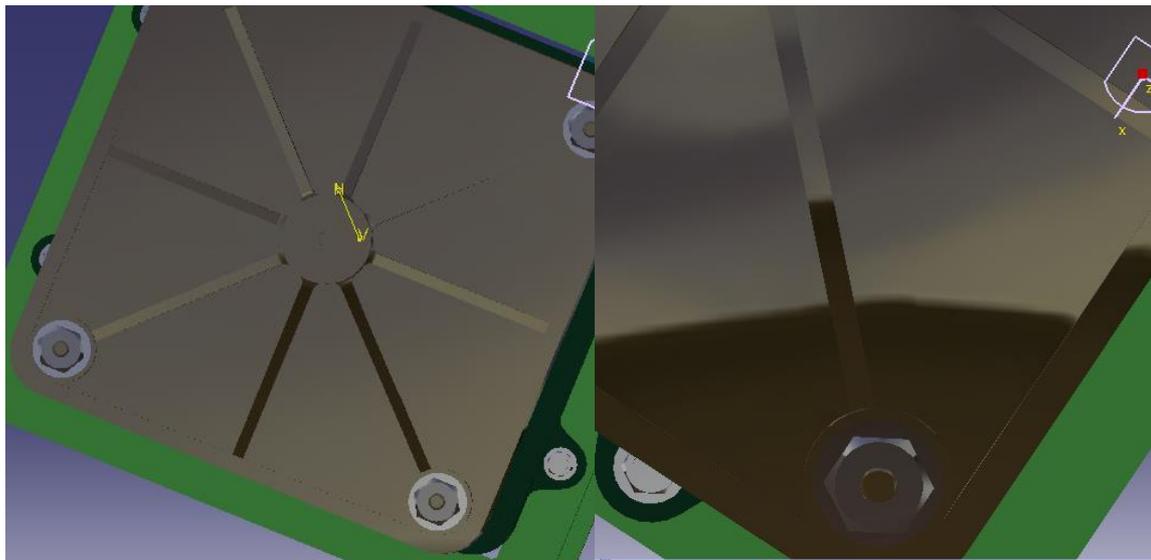


Figura 107 Prensa hidráulica de accionamiento manual del museo "El Molino Viejo" Fuente: Elaboración propia

Esta prensa se compone de más elementos que las anteriores y si bien no ha sido necesario realizar simplificaciones de las medidas para solventar imperfecciones ocasionadas por el deterioro, hay elementos que faltaban y otros que eran inaccesibles. De modo que las partes no conocidas de algunas piezas han sido modeladas en función a suposiciones hechas tras revisar bibliografía por internet.

Las texturas aplicadas han sido *DS Dark Green*, *DS Dark Red*, *Light Green*, *Bronze*, *Chroma*, *Iron*.

El accionamiento se llevaba a cabo mediante una bomba manual unida a un depósito. El operario introducía agua desde el depósito a una cámara con un pistón en su interior mediante una manivela que movía un pequeño pistón. Esta máquina creaba una gran presión sobre los capachos colocados en un recipiente sobre el pistón con un mecanismo conformado por vasos comunicantes⁴², aprovechando el principio de Pascal.

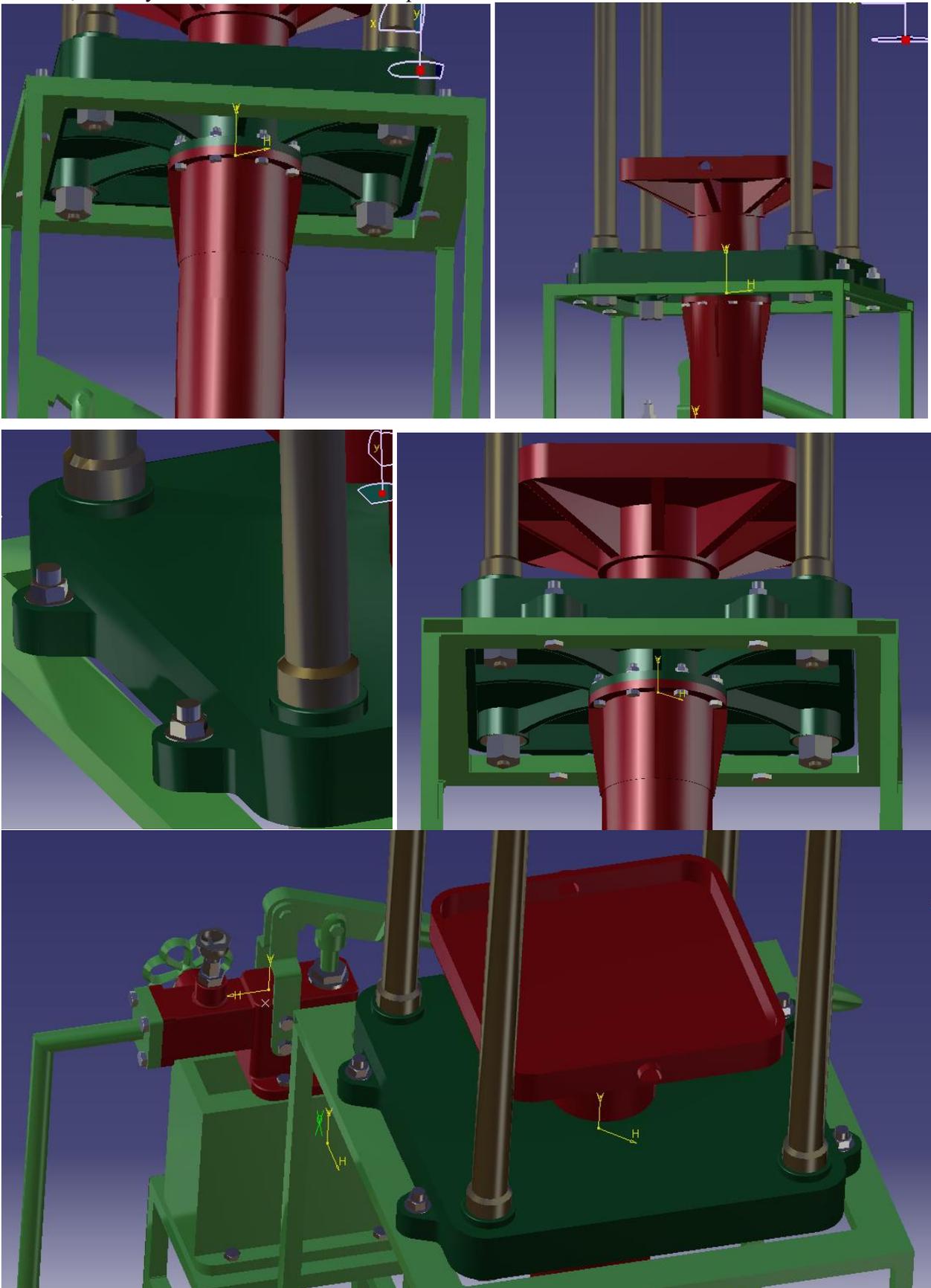


La parte superior es una placa metálica, que sirve de tope para presionar los capachos y en cuyas esquinas se atornillan las columnas de la prensa. Las columnas se sujetan mediante unas tuercas y arandelas colocadas en la parte superior. Para los salientes de la parte superior se ha utilizado la herramienta *CircPattern*, *Pad* y *Edge Fillet*.

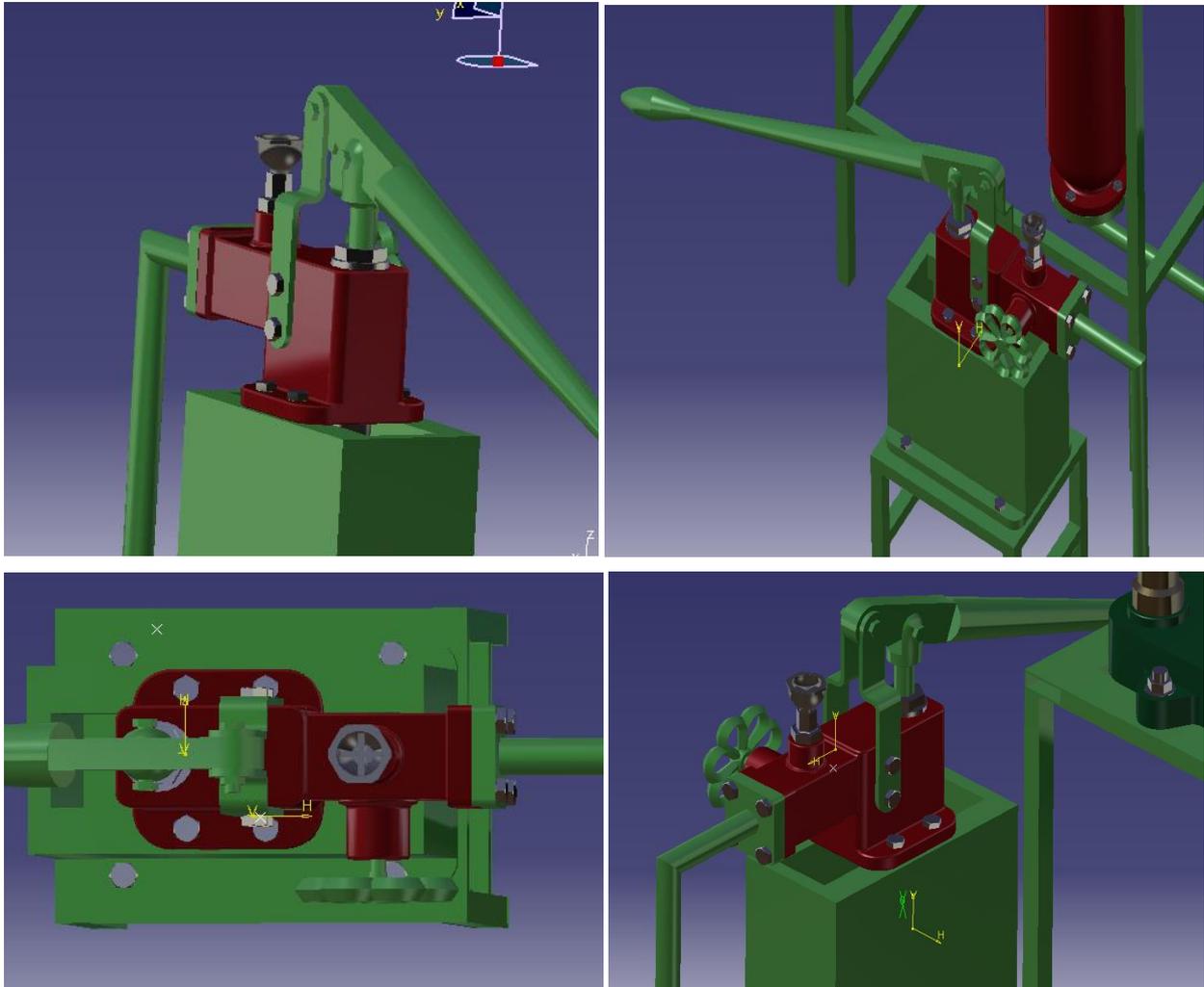
Todos los agujeros destinados a la unión de piezas han sido dimensionados en función de los tornillos que albergan, con la herramienta *Hole* y ajustando sus características en *Thread Definition*.

⁴² es el nombre que recibe un conjunto de recipientes comunicados por su parte inferior y que contienen un líquido homogéneo; se observa que cuando el líquido está en reposo alcanza el mismo nivel en todos los recipientes, sin influir la forma y volumen de éstos.

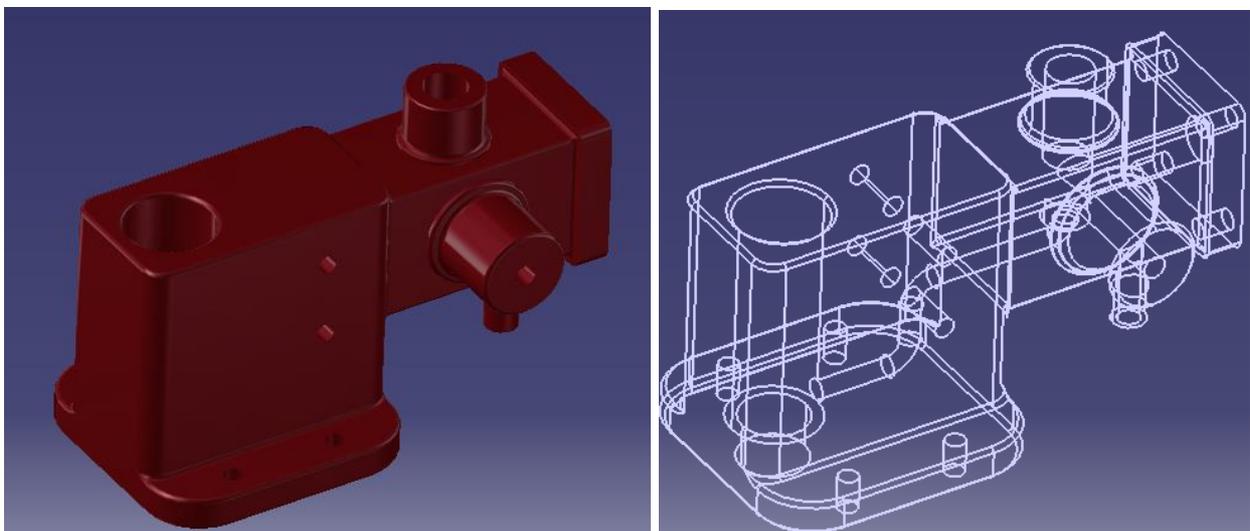
Para muchos de los elementos de unión, debido a la simetría de la máquina, se ha usado el comando *Pattern* y *CircPattern* así como *Mirror*. Aunque muchos de los tornillos son obtenidos del catálogo, la mayoría de tornillos, tuercas y arandelas se han modelado a parte.



El accionamiento de la prensa se lleva a cabo mediante una manivela que se divide en dos partes (un mango y cuerpo realizado por *Shaft*) y una parte plana donde se atornilla el pistón y la unión a la bomba. Esta bomba está atornillada a un depósito del cual obtiene el líquido que envía hacia la prensa por un conducto en el otro extremo al que se encuentra atornillada también.



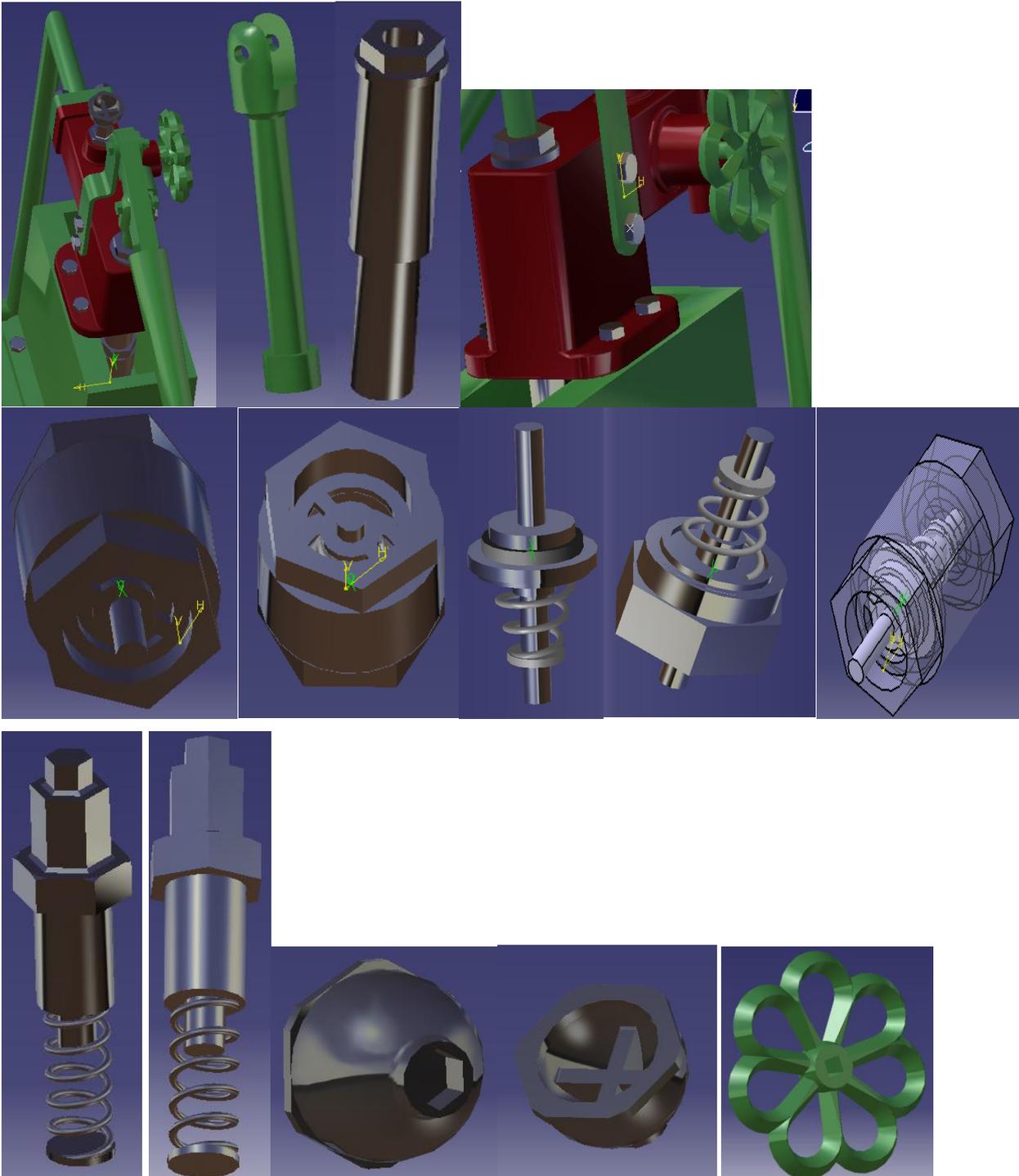
En el interior de la bomba, los conductos que albergan el pistón y las válvulas, y que conducen el fluido desde el depósito hasta el pistón se han realizado mediante una serie de *Holes* y el uso de la herramienta *Slot*, usando como referencia material obtenido de internet al no ser posible desmontarla o existir planos.



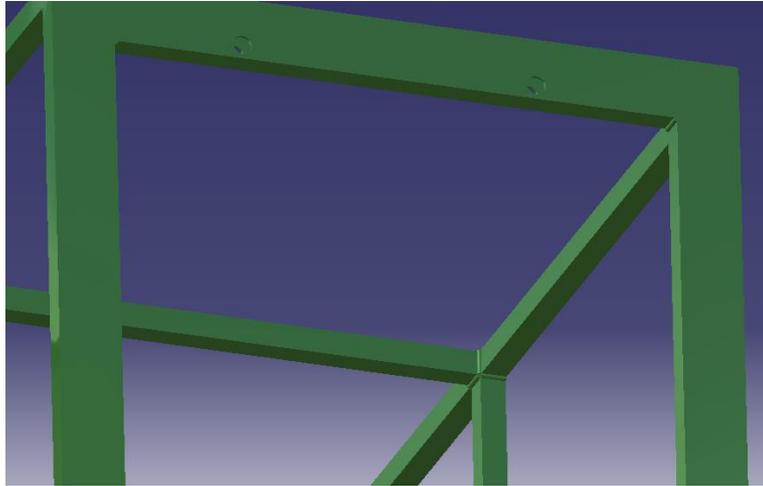
La bomba está formada por una serie de elementos que, por tener formas peculiares se han en el módulo *Wireframe and Surface Design*. La bomba alberga en su interior una camisa para el recorrido del pistón que llega a conectar con una válvula de no retorno que obtiene fluido del depósito.

Desde aquí el pistón envía el fluido hacia el conducto que lo une con la prensa, pasando por una válvula de control y otra cuyo objetivo es el desagüe del líquido contenido en el circuito. Ambas tienen unos pomos con formas diferentes.

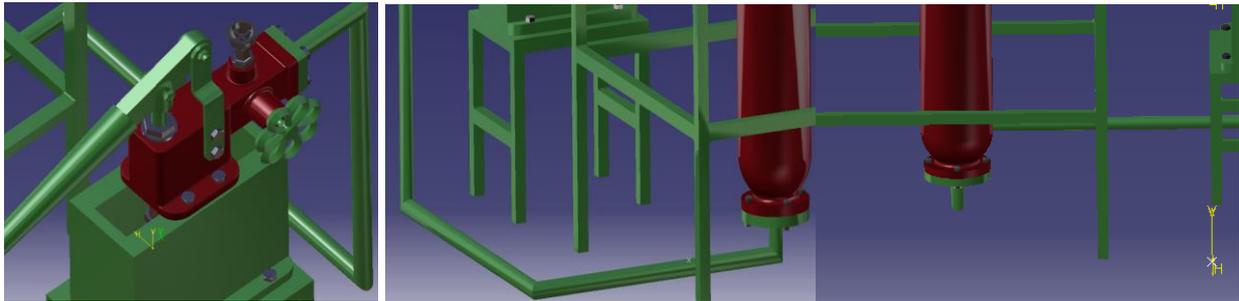
Las válvulas se componen de varias piezas que se unen en un *Assembly Design*. El muelle de esta valvula se ha realizado mediante un *Sweep* a lo largo de una hélice de radio no constante. Las válvulas permiten el paso del agua en una dirección únicamente, gracias a que el muelle cierra el conducto si nada lo empuja. La válvula que une la bomba con el líquido del depósito se encuentra enroscada a la camisa del pistón.



Las mesillas metálicas en las que se apoyan la prensa y la bomba, están formadas por una serie de barras de metal huecas soldadas entre sí, realizadas en el módulo *Weld Design*.



Algunos elementos como el conducto que hace de conexión entre la bomba y el pistón se han realizado en el módulo *Wireframe and Surface Design*, creando una serie de puntos y líneas que se conectan mediante *Joins* para proceder con un *Sweep* que recorre dicha trayectoria y dándole grosor con *Thick Surface*.



3.3.8. La Prensa Hidráulica para la Producción Industrial de la Fábrica Egabrense de “San Antonio”

Se trata de otra prensa hidráulica de mayores dimensiones, fabricada a mediados del siglo XX por fundiciones El Vulcano de Hermanos Rodes en Alcoy. Este ejemplar es similar a las usadas por la fábrica de aceite “San Antonio” de cabra cuando pertenecía a la Casa Pallarés. Formaba parte de un sistema formado por motor eléctrico, caja de bombas, molino de rulos cilíndricos, batidora y prensa hidráulica.

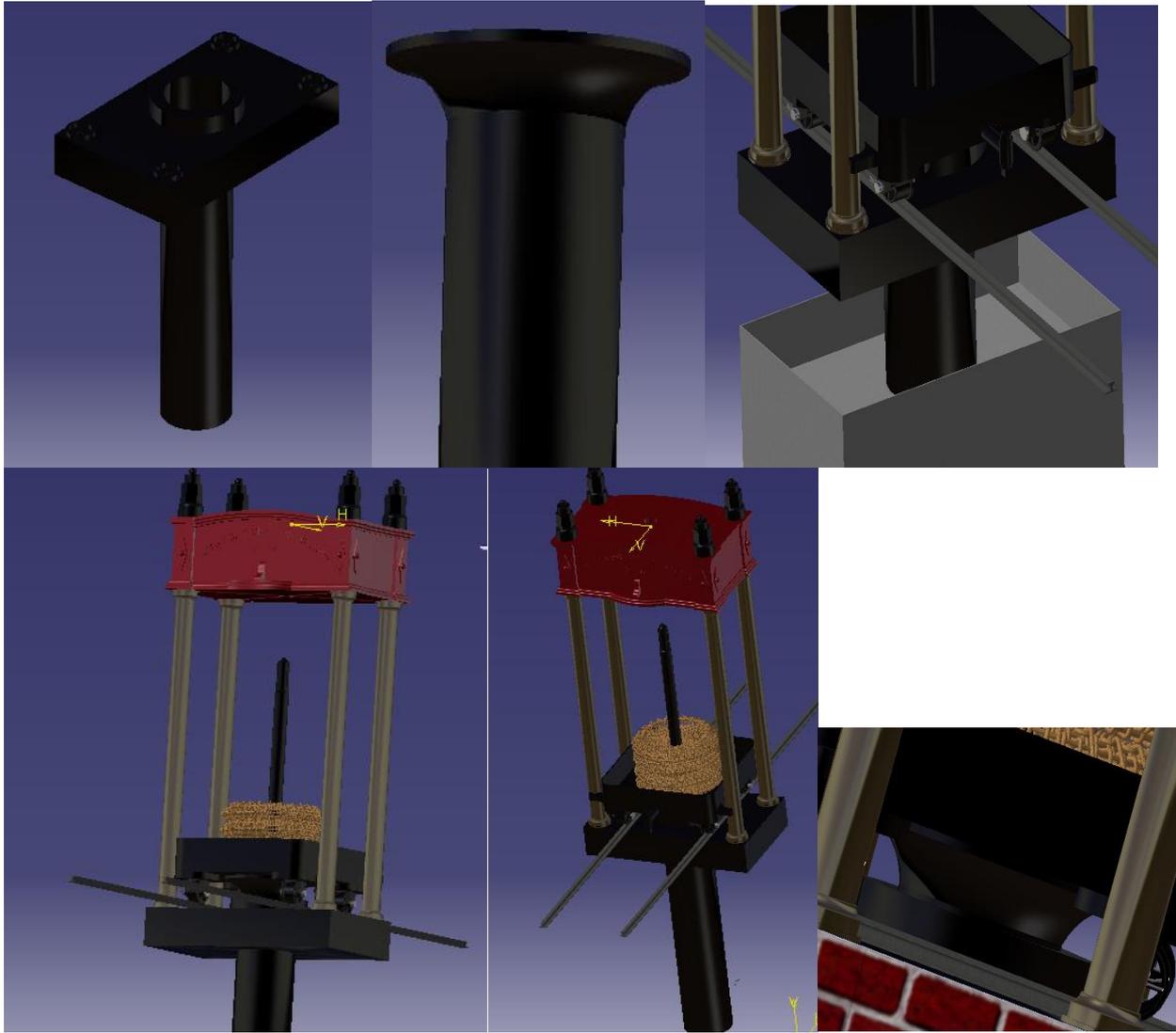
Este sistema estaba diseñado para producir aceite de oliva a gran escala, repitiéndose varias veces dentro de la fábrica. Contaba con importantes mejoras respecto a la de Don Diego, como son la incorporación de carriles que permitían mover fácilmente sobre ellos carros con los capachos previamente cargados. Además estos carros contaban en su centro con un pincho vertical que hacía de eje de la pila de capachos e impedía que se cayesen. A la prensa se le introducían carros cargados de capachos por ambas direcciones, pudiendo cargar en un lado mientras se realizaba el prensado, y una vez se terminaba el prensado, se sacaba el carro por el lado que había entrado y se introduce el del lado contrario para ser prensado mientras este se descarga y se carga de nuevo de capachos.

Un motor eléctrico movía la caja de bombas, que conectaba con un pistón enterrado en el suelo y que hacía subir el carrito cargado de capachos. La parte superior de la prensa hacía de tope para presionar los capachos, contiene un agujero en su centro donde se introducía el pincho metálico del carrito y por el cual se introducía agua caliente mediante una manguera, y estaba unida al suelo por cuatro columnas.

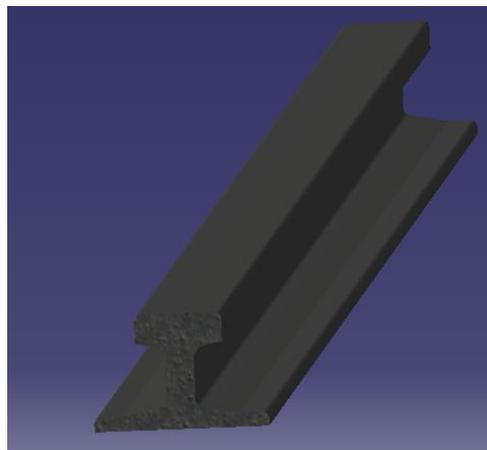


Figura 108 Prensa hidráulica de carriles del museo “El Molino Viejo” Fuente: Elaboración propia

La cámara que alberga el pistón está enterrada en el suelo, en un hueco relleno de cemento.

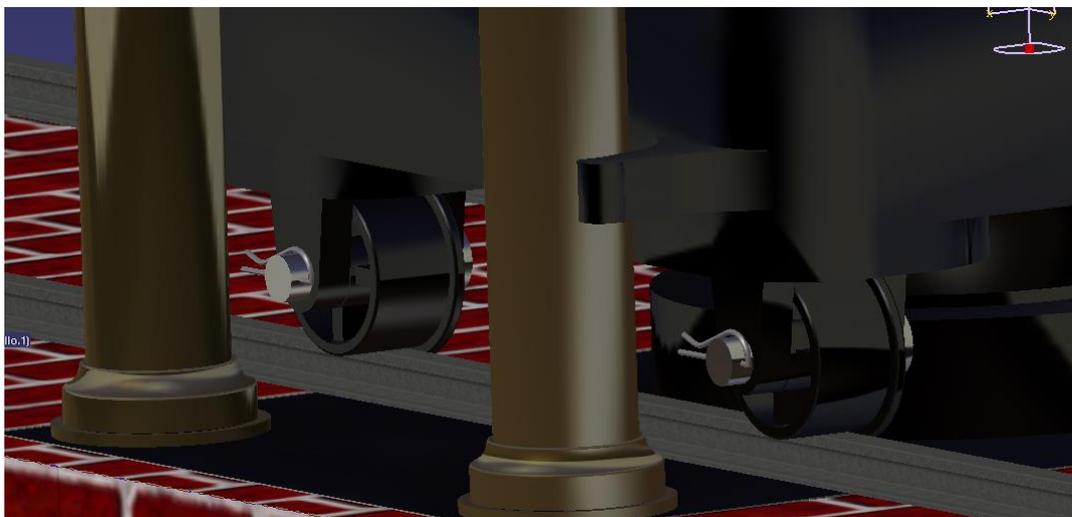
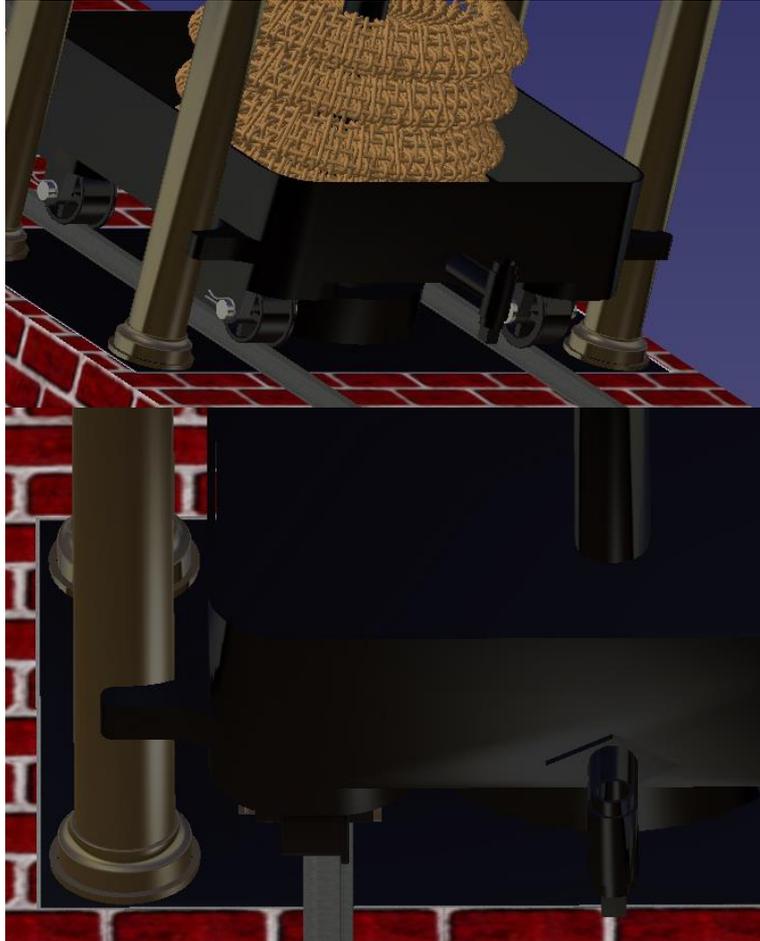


Sobre el suelo hay dos carriles que se han realizado por extrusión de su sección y sobre los cuales se apoyan las ruedas del carrito de metal donde se deposita el cargo de cachos.



Las ruedas de la carretilla se realizaron mediante una serie de *Pockets* en un cuerpo formado usando *Shaft*. Su eje es atravesado por una pieza cilíndrica que permite su unión a la carretilla mediante un mecanismo de clip creado con *Sweep* circular a lo largo de una trayectoria realizada en un *Sketch* en el módulo *Wireframe and Surface Design*.

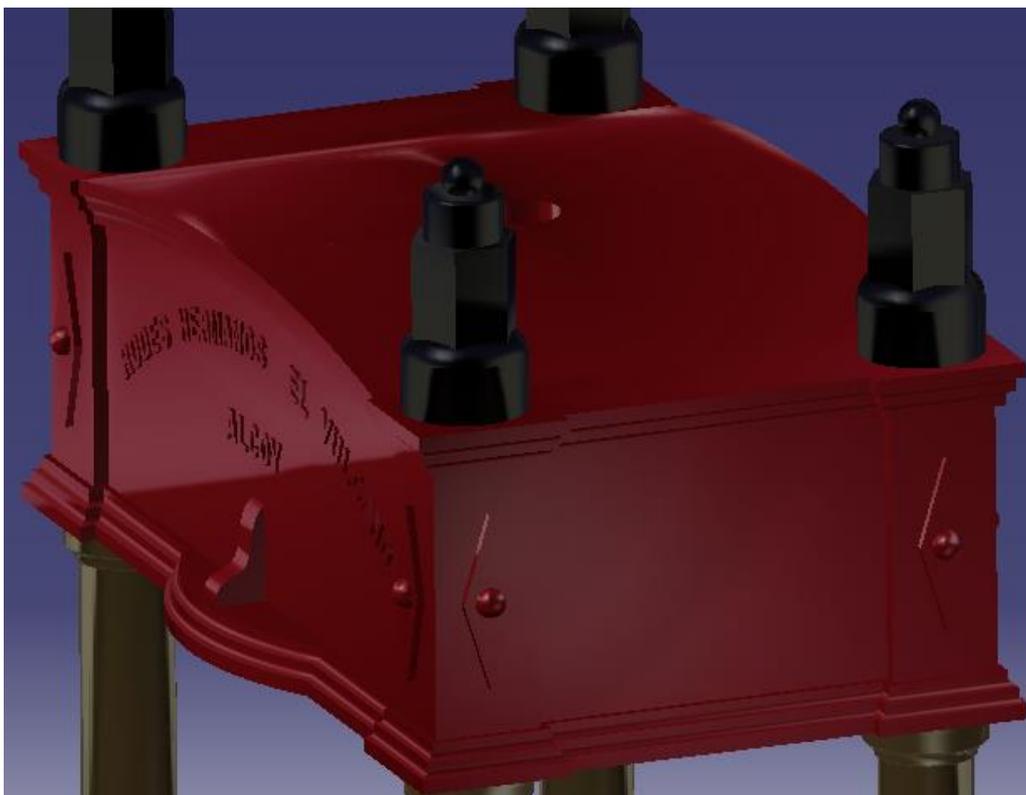
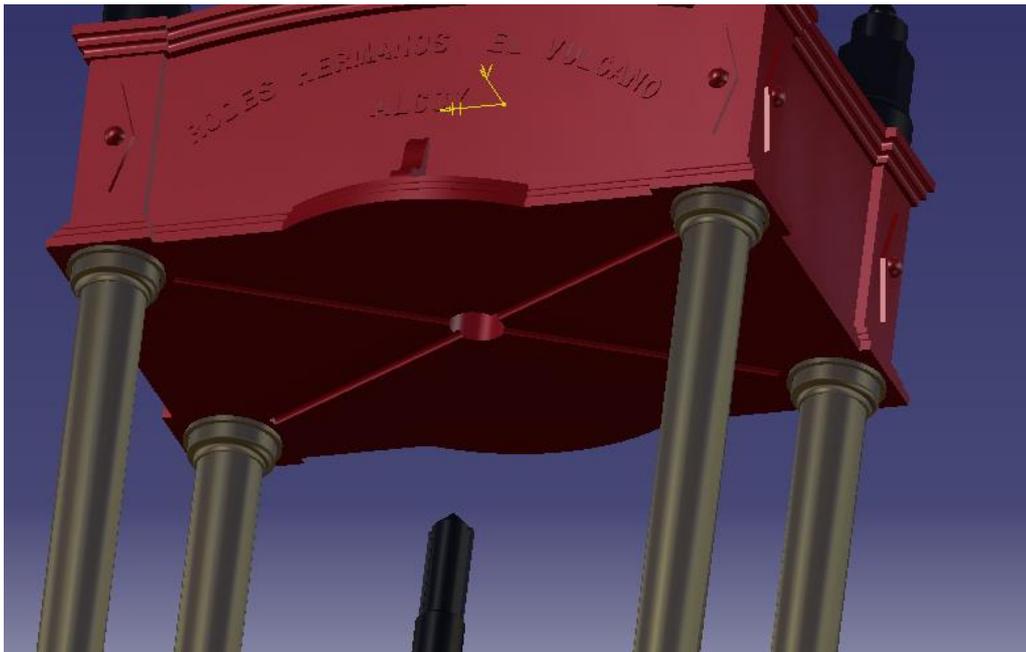
La carretilla cuenta con unos salientes laterales que hacen de tope contra las columnas para colocarla en la posición correcta a la hora de realizar el prensado. También cuenta con un saliente que sirve para que fluya el aceite extraído, así como de enganche para mover la carretilla.



Desde el centro de la carretilla sale un pincho metálico paralelo a las cuatro columnas, que se introduce en la parte superior de la prensa cuando sube el pistón y que da estabilidad al cargo de capachos. El pincho cuenta con una punta con dos relieves y las columnas atornilladas a la parte inferior, cuentan con otra rosca para su sujeción a la parte superior de la prensa.

Para el cajón superior, la forma final se consigue mediante la extrusión de distintos *Sketch* que van aumentando en dimensión creando la forma escalonada. Los adornos de las esquinas se han realizado mediante el empleo de la herramienta *Mirror*, ya que es una pieza simétrica en los planos *zx* y *zy*.

La inscripción “RHODES HERMANOS EL VULCANO ALCOY” se realizó en el módulo *Drafting*. Tras guardar el texto con la tipografía más parecida a la real, se guardó como *.dwg* y se incorporó al *product* como un *sketch*, ajustando cada letra una a una para seguir una trayectoria curva





El interior de esta pieza superior es macizo, exceptuando los *Hole* realizados para acomodar a las cuatro columnas y el central para la guía de los capachos, que cuenta a su vez con una muesca para enganchar la boca de una manguera en su parte superior.

4 COMENTARIOS FINALES

Terminaremos este trabajo con unos comentarios finales a modo de reflexión personal sobre el proceso que se ha llevado a cabo para la realización del trabajo. Así indicaremos las principales dificultades encontradas, las partes más motivadoras y posibles futuras aportaciones relacionadas con el tema.

3.4. Principales retos y dificultades

Pese a que la búsqueda y síntesis de la información referente a la historia y el estado del sector del aceite de oliva ha sido un trabajo laborioso, la existencia de cantidad de bibliografía ha facilitado la elaboración del trabajo.

Es en la parte de modelado donde se han encontrado mayores dificultades. El mayor problema ha sido la falta de datos sobre la maquinaria debido a la antigüedad y a la unicidad de algunas máquinas (que eran diseñadas en función de los elementos y espacio disponibles).

Para entender el funcionamiento, la unión de las partes que las conforman, y sus dimensiones fue necesario medirlas personalmente, tomar fotografías e investigar sobre otras de la misma categoría.

A pesar de tomar gran cantidad de medidas y fotografías; de investigar por internet; y de pedir información a museos de distintas localidades españolas, ha sido necesario realizar una importante cantidad de hipótesis para la realización de los modelos, particularmente las referentes a las partes inaccesibles de la maquinaria.

En lo referente propiamente al modelado en CATIA, también han surgido dificultades que se han ido solventando de manera autodidacta con libros como [1] y con la ayuda de internet. Ha resultado particularmente tediosa la colocación de los elementos de unión entre piezas y aquellos elementos que en la realidad son flexibles, como las cuerdas, capachos e incluso el contacto de las cuñas.

3.5. Partes más motivadoras

Durante la realización del presente trabajo, me motivó particularmente el descubrir lo poco que conocía sobre un mundo tan cercano como es el del aceite de oliva. A pesar de tenerlo presente en el día a día en la mayoría de los hogares españoles, poco se conoce en realidad sobre sus orígenes si no se pertenece al sector.

Descubrir la gran importancia que tiene para nuestra forma de vida, no solamente en nuestra gastronomía sino también para nuestra economía me hizo querer descubrir más sobre éste sector que es uno en los que somos punteros a nivel mundial.

La otra gran motivación era la de conocer las posibilidades del diseño asistido por ordenador, ajeno a mí hasta la fecha. Particularmente aprender a manejar CATIA y descubrir sus capacidades; observar lo que el programa es capaz de dar de sí y las novedades que incorpora en las versiones más recientes despertó gran interés dentro de mí.

3.6. De Cara al futuro

Hay muchas posibilidades para extender y actualizar este proyecto en el futuro. Algunas sugerencias se presentan a continuación:

- Con un equipo preparado y habilitado para manipular la maquinaria del museo sin dañarla, se podrían elaborar los planos con todas las piezas exactas de todas ellas. De este modo se podría realizar un registro que permitiese conocer a la perfección la maquinaria del museo. Este concepto se puede extender no solamente al museo en cuestión, si no a cualquier otra maquinaria que se encuentre en situaciones similares en almazaras o museos del país.

Esto contribuiría a la conservación del patrimonio histórico y podría ser digitalizado para perdurar más allá del deterioro de la maquinaria o el cese de la actividad de la empresa que en ese momento la posea.

- El uso de la fotogrametría nos permitiría obtener un modelo en 3D que resultase idéntico a las máquinas en su estado actual, y que se podría emplear en aplicaciones de realidad virtual.
- Con esa información verificada y accesible para quien la necesite, se podrían realizar modelos exactos mediante programas de CAD como CATIA. Las versiones más recientes de CATIA solventan muchos de los puntos débiles de las versiones anteriores y ofrecen un gran potencial para realizar modelos muy realistas y animarlos para reflejar su funcionamiento.
- Referente al punto anterior, estos modelos podrían ser de utilidad para el propio museo. Actualmente existen programas que permiten implementar los modelos realizados en CATIA en dispositivos de realidad virtual. De este modo, podría resultar interesante en un futuro disponer de dichos dispositivos que permitiesen al visitante del museo inmergirse en el proceso de producción de aceite de la antigüedad. Esto resultaría realmente instructivo debido a que por el estado de estas maquinarias, verlas en funcionamiento generalmente ya no es posible, sin embargo la mejor manera de comprenderlas es visualmente.
- Los datos expuestos sobre el estado del sector y las propuestas de otros autores pueden ir renovándose con el paso del tiempo. El desarrollo de dichas propuestas, la implantación y asimilación de las mismas, así como el seguimiento de su éxito debería recogerse igualmente para tener una opinión cada vez más formada en el tema.

REFERENCIAS

- [1] S. del Río Cidoncha, María Gloria; Martínez Lomas, María Eugenia; Martínez Palacios, Juan; Pérez Díaz, *EL LIBRO DE Catia V5: Módulos Part Design, Wireframe & Surface Design, Assembly Design y Drafting*. Madrid: Tébar, 2007.
- [2] J. Piconell Buendía, María; Melero Martínez, “Historia del cultivo del olivo y el aceite; su expresión en la Biblia,” pp. 39–62, 2013.
- [3] M. L. Gálvez, F. Montes Tubío, and A. Moreno Vega, *Patrimonio Industrial Oleícola*. 2013.
- [4] A. Jurado, *Las voces y refranes del olivo y el aceite*. Madrid, 2003.
- [5] “El mito del enfrentamiento entre Poseidon y Atenea – Mitología griega.” [Online]. Available: <https://todosobremitologiagriega.wordpress.com/el-mito-del-enfrentamiento-entre-poseidon-y-atenea/>. [Accessed: 07-Oct-2019].
- [6] L. Cerretani, A. M. Gómez Caravaca, and A. Bendini, “Aspectos tecnológicos de la producción del aceite de oliva,” no. 6, pp. 171–193.
- [7] “Reglamento Delegado (UE) 2016/2095 de la comisión de 26 de Septiembre de 2016 que modifica el Reglamento (CEE) N° 2568/91, relativo a las características de los aceites de oliva y de los aceites de orujo de oliva y sobre sus métodos de análisis.” 2016.
- [8] M. R. Picornell Nuendía and J. M. Melero Martínez, “Historia del cultivo del olivo y el aceite; su expresión en la biblia,” *Ensayos - Rev. la Fac. Educ. Albacete*, vol. 28, pp. 155–181, 2014.
- [9] *Reglamento (CE) No 1019/2002 de la comisión de 13 de junio de 2002 sobre las normas de comercialización del aceite de oliva LA*. 2002, pp. 27–31.
- [10] P. Fernández Sáez, “Columela, De rr XII 52, 6: canalis et solea. Habis 14, 147-152.,” vol. 1981, pp. 147–152.
- [11] P. Sáez Fernández, “La suspensa mola de Columela y las molae oleariae,” *An. Prehist. y Arqueol.*, vol. 0, no. 0, pp. 59–75, 2012.
- [12] M. L. Gálvez, “Estudio histórico-técnico sobre las almazaras cordobesas en el siglo XVIII: aplicación al Molino del Toro (Montilla),” 2012.
- [13] P. Lillo Carpio, “El aceite en el Mediterráneo antiguo,” *Rev. Murc. Antropol.*, no. 7, pp. 57–76, 2001.
- [14] F. Fuentes García, R. Veroz Herradón, and T. Romero Atela, “La industria aceitera en el siglo XIX: referencia a Córdoba y al Molino Alvear,” *Rev. Estud. Reg.*, no. 52, pp. 15–50, 1998.
- [15] L. Pons Pujol, “La Economía de la Mauretania Tingitana(s. I-III d.C.) Aceite, Vino y Salazones,” *UNION ACADÉMICA Int. CORPUS Int. DES TIMBRES Amphor. Fasc. 16) bajo los auspicios la REAL Acad. LA Hist.*, pp. 1–29, 2009.
- [16] A. Sampedro Fernández, “Campo Semántico del molino,” in *Actas de las I Jornadas nacionales sobre Molinología.*, 1995.
- [17] E. García Guerrero, “Modelado con CATIA V5 del Molino de Inca para la conservación del patrimonio industrial de Torremolinos.,” 2016.
- [18] “Tipos de molinos de aceite | Esencia de Olivo - Aceite de Oliva.” [Online]. Available: <http://www.esenciadeolivo.es/cultura-del-olivo/historia-del-olivo/tipos-de-molinos-de-aceite/>. [Accessed: 07-Oct-2019].
- [19] J. Eslava Galán, *Un Jardín entre Olivos: Las Rutas del aceite en España*, Primera. Barcelona, 2004.
- [20] M. Ortega Nieto, “La evolución de la oleotecnica en los últimos años y problemas que tiene planteados.-”

- La oleotecnica en su aspecto técnico-económico,” *Boletín del Inst. Estud. Giennenses*, pp. 90–100.
- [21] A. Carpio Dueñas and J. B. Carpio Dueñas, “Los Molinos de Torre y Torrecilla.”
- [22] J. C. López de Herrera, M. A. Gómez-Elvira-González, and J. I. Rojas-Sola, “Representación gráfica de la evolución en las almazaras, entre 1850 y 1950, mediante técnicas de Dibuj Asistido por Ordenador,” *Actas del XVI Congr. Int. Ing. Gráfica*, 2004.
- [23] M. Y. Moreno Vega, Albero; Lopez Galvez, *Elaboración de aceites de oliva vírgenes*. Ediciones Mundi- Prensa, 2017.
- [24] “Joseph Bramah :Física de fluidos y termodinámica.” [Online]. Available: <https://mauriciomedinasierra.wordpress.com/primer-corte/personajes/joseph-bramah/>. [Accessed: 04-Nov-2019].
- [25] J. A. Mendoza, “Separación de las fases sólida y líquida,” in *International Seminar on “Scientific Innovations and their Application in Olive Farming and Olive oil Technology,”* 1999.
- [26] L. Di Giovacchino, N. Costantini, M. L. Ferrante, and A. Serraiocco, “Influence of malaxation time of olive paste on oil extraction yields and chemical and organoleptic characteristics of virgin olive oil obtained by a centrifugal decanter at water saving,” *Grasas y Aceites*, vol. 53, no. 2, pp. 179–186, 2002.
- [27] M. Moya Vilar *et al.*, “Evolución histórica de la calidad de los aceites de oliva y su relación con los procesos de obtención,” *I Congr. la Cult. del Olivo. Inst. Estud. Giennenses*, pp. 647–662, 2007.
- [28] M. Hermoso, “Elaboración de aceite de oliva de calidad. Obtención por el sistema de dos fases.” p. 83, 1998.
- [29] R. Tardáguila, J.; Montero, F.; Olmeda, M.; Alba, J.; Bernabéu, “Análisis del sector del aceite de oliva,” *Aliment. Equipos y Tecnología*, 1996.
- [30] S. M. Morales Ortiz, “Molinos romanos localizados en el término municipal de Montilla(Córdoba),” *Boletín la Asoc. Prov. Museos Locales Córdoba*, ISSN 1576-8910, N^o. 9, 2008, págs. 131-147, no. 9, pp. 131–147, 2008.
- [31] Junta de Andalucía/Consejería de Medio Ambiente, “Ecomuseo Molino El Pintado en el Paraje Natural Marismas de Isla Cristina.”
- [32] M. L. Gálvez and A. Moreno Vega, “La Primera Industrialización Cordobesa del Aceite de Oliva(I): La Introducción del Hierro en las Almazaras Tradicionales,” *II Jornadas Andaluzas Patrim. Ind. y la Obra Pública*, no. I, pp. 1–8, 2012.
- [33] F. M. Espino Jiménez, “Progreso frente a decadencia: Parámetros económicos de la Córdoba isabelina (1843-1868),” *Fund. Univ. Española*, 2009.
- [34] I. Bellido Vela, “D. Diego de Alvear y Ward, un innovador de la agroindustria. La prensa hidráulica,” 2016.
- [35] L. D. E. Peñalver, “Descripción de las máquinas. Número I: Prensa hidráulica.”
- [36] C. R. P. Vicente, *El Arte de Cultivar el Olivo*. Valencia, 1840.
- [37] “Aplicación de la prensa hidráulica a la fabricación de aceite,” *El Diario*, pp. 9–13, 30-Aug-1840.
- [38] M. Ortega Nieto and P. Cadahia Cicuendez, “Producción de aceituna y elaboración de aceites,” *Boletín del Inst. Estud. Giennenses*, 1956.
- [39] B. Gómez Delgado, “Prensas de Viga y Quintal: Pervivencia y Evolución de Tecnologías Preindustriales en la Producción Agroalimentaria. El Caso de la Hacienda Cerero en Sanlúcar la Mayor.”
- [40] M. R. Digital, “Importancia del olivar español,” *Mundo Rural Digital*, 2019. [Online]. Available: <http://www.mundoruraldigital.com/importancia-del-olivar-espanol/>.
- [41] Conserjería de Agricultura Pesca y Desarrollo Rural, “Aforo De Aceituna Para Almazara. Campaña

- 2018/19,” 2018.
- [42] Junta de Andalucía/Consejería de Agricultura Pesca y Desarrollo Rural, “Aforo de Producción de Olivar en Andalucía Campaña 2017-2018,” 2017.
- [43] ABC gastronomía, “Los mejores aceites del mundo se hacen en España,” *ABC*. [Online]. Available: https://www.abc.es/viajar/gastronomia/abci-mejores-aceites-mundo-hacen-espana-35-50-201709291939_noticia.html.
- [44] “Entidades relacionadas con el sector - Aceites de Oliva de España.” [Online]. Available: <https://www.aceitesdeolivadeespana.com/universo-aceites-de-oliva/>. [Accessed: 08-Oct-2019].
- [45] “España: zonas de producción olivarera | Ferioliva.” [Online]. Available: <http://ferioliva.blogspot.com/2010/06/espana-zonas-de-produccion-olivarera.html>. [Accessed: 07-Oct-2019].
- [46] B. Molina de la Rosa, Jose Luis; Jimenez Herrera, F. Ruiz Coletto, F. García Zamorano, F. López Caballero, and E. Salmerón Rodríguez, “Agronomía y Poda,” Sevilla, 2010.
- [47] Agencia Andaluza de Promoción Exterior, “Estudio del sector del aceite de oliva en Andalucía (2017),” p. 106, 2017.
- [48] G. de E. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, “Datos provisionales en lo que respecta a la producción y destino del aceite/aceituna.” 2018.
- [49] “Informe Anual de Comercio exterior Agroalimentario: 2018,” 2019.
- [50] I. Ruíz Guerra, *Tesis Doctoral: Análisis cuantitativo y cualitativo del significado del aceite de oliva. Una aproximación desde el punto de vista del consumidor*. 2010.
- [51] A. Mozas Moral, E. Bernal Jurado, and E. M. Murgado Armenteros, “Caracterización de las empresas oleícolas jiennenses con actividad comercial ON-LINE,” pp. 457–468.
- [52] “Computer Aided Design - EcuRed.” [Online]. Available: https://www.ecured.cu/Computer_Aided_Design. [Accessed: 24-Oct-2019].
- [53] “Only One. AutoCAD - Modena Design Centres.” [Online]. Available: <https://www.modena.co.za/only-one-autocad/>. [Accessed: 26-Oct-2019].
- [54] “Autodesk Inventor Drawings - Autodesk Inventor Data Management, Autodesk File Management & Data Management System for Autodesk Inventor.” [Online]. Available: https://www.synergissoftware.com/features/autodesk_inventor_integration.html. [Accessed: 26-Oct-2019].
- [55] “Materialise Software Integration into Siemens NX Cuts Design-to-3DPrint Time - 3D Printing Media Network.” [Online]. Available: <https://www.3dprintingmedia.network/materialise-software-integration-siemens-nx-reduces-design-3dprint-time-30/>. [Accessed: 26-Oct-2019].
- [56] “Prueba SOLIDWORKS Online Gratuito, Sin Descargas y desde cualquier dispositivo.” [Online]. Available: <https://solid-bi.es/prueba-solidworks-online-forma-gratuita/>. [Accessed: 26-Oct-2019].
- [57] “Solidedge - Solid Edge - Wikipedia, la enciclopedia libre.” [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Solid_Edge#/media/Archivo:Solidedge.jpg. [Accessed: 26-Oct-2019].
- [58] Y. Moreno Vega, Alberto; López Gálvez, *La bodega modernista de Pallarés en Cabra: 1913-2013*. Córdoba: Diputación de Córdoba, 2013.
- [59] “Museo del Aceite ‘El Molino Viejo’. Cabra (Córdoba) - El turista tranquilo.” [Online]. Available: <https://www.elturistatranquil.com/museo-del-aceite-el-molino-viejo-cabra-cordoba/>. [Accessed: 07-Oct-2019].
- [60] R. E. Z. Moral, “Pallarés en la industria i comercio oleícolas,” *Recerca*, vol. 0, no. 14, pp. 69–92, 2012.
- [61] “Tren del aceite.” [Online]. Available: <http://cabraenelrecuerdo.com/tren-ampliadas.php>. [Accessed: 07-Oct-2019].
- [62] “Etnografía Ibérica: Almazara Pallarés Hermanos(Cabra, Córdoba).” [Online]. Available:

<http://etnografia-iberica.blogspot.com/2010/04/almazara-pallares-hermanos.html>. [Accessed: 07-Oct-2019].