



tesla

Transferring
Energy Save
Laid on Agroindustry

MANUAL de

*Eficiencia Energética
en Almazaras*

IEE/12/758/SI2.644752

Coordinador del manual: UÉvora
(Universidade de Évora)



Co-financiado por el Programa de la Unión Europea
Intelligent Energy Europe

Versión Actualizada:

Mayo 2014

Autores:

Fátima Baptista, Dina Murcho y Luis Leopoldo Silva. Universidad de Évora, Escuela de Ciencias y Tecnología, Departamento de Ingeniería Rural. ICAAM - Institute of Mediterranean Agricultural and Environmental Sciences

Co -autores:

El siguiente documento ha sido redactado conjuntamente por CIRCE, ENEA, Tecaliman y UPM, e incluye la información proporcionada por Cooperativas Agro-alimentarias de España, CoopdeFrance ,CONFAGRI y Legacoop Agro.

Traductora:

Raquel Vela Cantalapiedra

Acerca de este informe:

Este informe ha sido elaborado en el marco del proyecto TESLA (Intelligent Energy Europe) y ha sido financiado por la Comisión Europea.

Copyright:

Este informe puede ser copiado y distribuido incluyendo siempre las notas de copyright. Los profesores, formadores y cualquier otro usuario siempre deberá identificar a los autores, al proyecto Tesla y al Programa Intelligent Energy Europe.

“La responsabilidad del contenido de esta guía es de los autores. No refleja necesariamente la opinión de la Unión Europea. Ni la EACI ni la Comisión Europea son responsables del uso que pueda hacerse de la información contenida en esta guía”.

The logo for Tesla, featuring the word "tesla" in a bold, lowercase, sans-serif font. To the right of the text is a stylized yellow symbol consisting of two interlocking loops, resembling a figure-eight or a simplified infinity symbol.

Transferring
Energy Save
Laid on Agroindustry

0. INDICE

1. 1. Introducción

1.1. Análisis del subsector del aceite de oliva	7
1.1.1. Producción	7
1.1.2. Métodos de extracción de aceite	8
1.1.3. Consumo de energía	9
1.2. Punto de vista socioeconómico	9

2. Descripción de los procesos de producción

2.1. Recepción, limpieza y lavado	10
2.2. Molienda y homogeneización de la pasta	11
2.3. Separación del aceite del agua y los sólidos	14
2.4. Almacenamiento	16
2.5. Embotellado	17

3. Análisis energético de las almazaras

3.1. Consumo eléctrico y térmico	17
3.2. Costes de la energía	21
3.3. Balance de energía (Diagrama de Sankey)	21
3.4. Particularidades del subsector	23

4. Medidas de ahorro energético

4.1. Utilización de biomasa en las calderas de las almazaras	23
4.2. Instalación de molinos tipo Listellos en lugar de uno de criba	24
4.3. Mejoras en el proceso de separación	25
4.4. Proceso de decantación mediante tanques en lugar de centrifugas verticales	26
4.5. Limpieza del aceite por decantación mecánica: Oleosim	26
4.6. Motores eficientes	27
4.7. Sistemas de aire comprimido (SAC)	29
4.8. Variadores de velocidad	30
4.9. Aislamiento	31
4.10. Calentamiento de agua o aire	32
4.11. Iluminación	35
4.12. Baterías de condensadores para reducir la energía reactiva	36
4.13. Alta eficiencia en los transformadores de potencia	36
4.14. Herramientas de gestión	37

5. Conclusiones

6. Referencias

1. INTRODUCCIÓN

Las plantaciones de olivos están limitadas geográficamente debido al suelo y a los requerimientos medioambientales. Es un cultivo especialmente adaptado a las condiciones del clima mediterráneo, y por lo tanto, es uno de los cultivos predominantes en dicha región. El olivo es originario de Anatolia (Turquía) y se conoce desde hace más de 8.000 años; desde allí se extendió a Oriente Medio, Norte de África y Sur de Europa.

Con el tiempo, ha adquirido una gran importancia en la economía, la cultura y la vida social de las civilizaciones de la cuenca del Mediterráneo. La producción de aceite de oliva es un sector esencial en la estructura de la producción agrícola de los países del sur de Europa.

Cerca del 95% de la superficie de olivar se encuentra en la cuenca del Mediterráneo.

En los años 2010/2011, los países de la Unión Europea (España, Italia, Francia, Grecia y Portugal) aportaron el 71,8% de la producción mundial de aceite de oliva (figura 1).

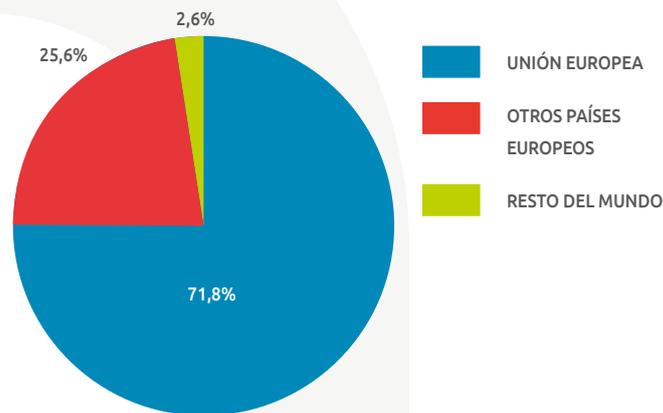


Figura 1. Producción mundial de aceite de oliva en 2010/11 (Fuente: COI, 2012).

La producción de aceite de oliva en los cuatro países contemplados en este informe (Portugal, España, Francia e Italia) presenta importantes diferencias, como se muestra en la figura 2. España es, con mucho, el mayor productor de aceite de oliva y contribuye con el 52-74% del total de la producción de aceite de oliva de los cuatro países. Italia sigue a España con una aportación que varía del 23% al 46%, Portugal y Francia van muy detrás con valores que varían del 2% al 3%, y del 0,2% al 0,4%, respectivamente.

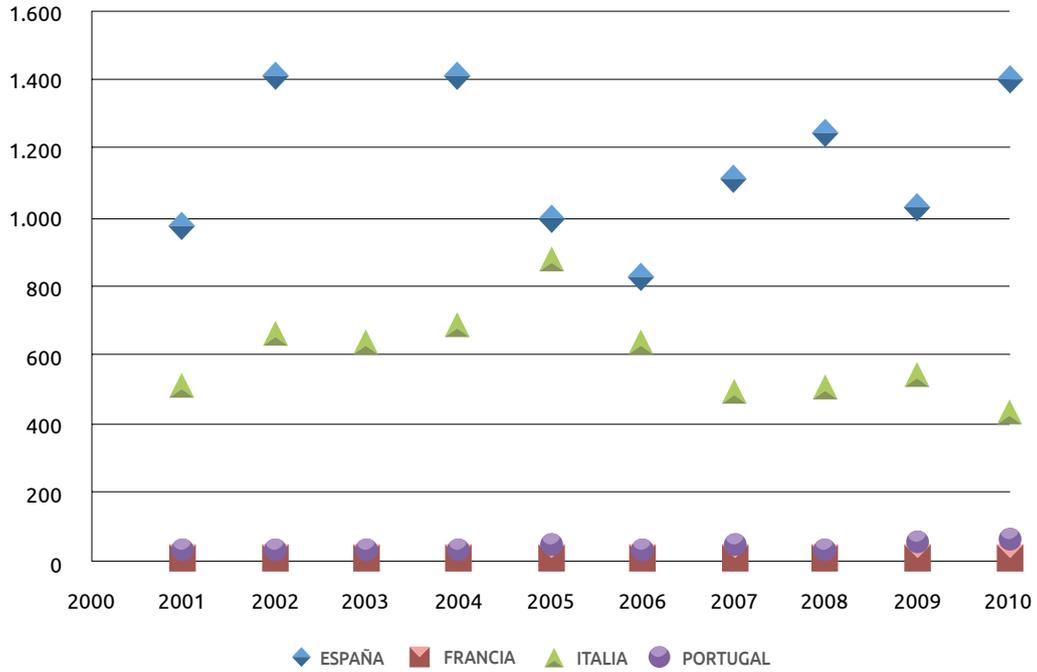


Figura 2. Producción de aceite de oliva (1.000 t) (Fuente: COI, 2012).

La Tabla 1 muestra algunas características del sector olivarero en los cuatro países de acuerdo con los datos

publicados por el INE, 2012; IOC, 2012; INEA, 2012, y AFIDOL, 2012.

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR.

SUBSECTOR DEL ACEITE DE OLIVA - 2011	PORTUGAL	ESPAÑA	FRANCIA	ITALIA
Superficie de olivar para aceite (ha)	338.048	2.584.564	55.000	1.144.400
Aceituna para aceite (t)	510.733	7.820.000	16.740	3.122.500
Productividad media (kg aceitunas/ha)	1.511	3.026	300	2.728
Almazaras en actividad (núm.)	527	1.750	254	4.809
Aceite de oliva producido (t)	76.200	1.651.000	3.348	464.900
Productividad (kg de aceite de oliva/ha)	227	639	58	406
Aceite de oliva/Aceitunas (%)	15	21	20	15
Consumo de aceite de oliva (t)	78.000	574.000	112.000	610.000
Consumo de aceite de oliva por habitante (kg)	7,4	12,3	1,7	10,3
Población	10.557.560	46.815.916	64.612.939	59.394.000

Fuente: INE, 2012; IOC, 2012; INEA, 2012; GPP, 2013; y AFIDOL, 2012.

1.1. Análisis del subsector del aceite de oliva

1.1.1 Producción

ESPAÑA Es el mayor productor de aceite de oliva del mundo, con producciones medias anuales de unas 750.000 toneladas y un máximo de 1,4 millones de toneladas. La superficie del olivar ha aumentado en los últimos años, alcanzando ahora más de 300 millones de olivos, que ocupan una superficie de unos 2,5 millones de hectáreas; ello supone más del 25 % de la superficie mundial de olivar (ASOLIVA) y el 50 % de la superficie plantada en la UE 27 (EUROSTAT). Es uno de los cultivos más importantes del país, que en pocas décadas se ha convertido en pionero en la investigación y el desarrollo tecnológico.

ITALIA Como se indica en el análisis económico del sector olivarero de 2012 (Comisión Europea, Dirección General de Agricultura y Desarrollo Rural), en 2008, en Italia había un total de 1.350.000 hectáreas dedicadas al olivar, con una densidad media de 132 olivos/ha. En general, los olivares italianos son pequeños (un 70 % tienen menos de 2 ha). El rendimiento en aceituna es de unos 3.000 kg/ha. El rendimiento medio anual de aceite de oliva en la década 2000-2010 fue de 500 a 600 t/ha.

FRANCIA De acuerdo con el COI (2012), en 2011, había en Francia 5,1 millones de olivos diseminados por 55.000 hectáreas. Los olivares ocupaban menos del 0,18 % de la superficie agrícola útil (SAU) y la densidad media era de 92 olivos/ha. El olivar no es un cultivo importante en Francia, y la mayoría de los olivares son plantaciones viejas (en el 64% del total cultivado los árboles plantados tienen más de 50 años). Los olivares de nueva plantación (menos de 5 años) representan sólo el 4 % de la superficie total de olivar. Sin embargo, la superficie del olivar se está incrementando en los últimos años, y hay expectativas para que alcancen unas 59.700 hectáreas en 2014.

PORTUGAL En 2011 había 345.683 hectáreas de olivos en Portugal, de las cuales 7.635 hectáreas se dedicaban a aceitunas de mesa y 338.048 hectáreas para aceite. En este año la producción de aceite de oliva fue de aproximadamente 832.000 hl (76.200 t). Una almazara con una producción superior a 920 t de aceite/año se considera grande; mientras otra con una producción inferior a 95 t de aceite/año se considera pequeña. Basándose en esta definición, analizando los datos del INE y tomando en cuenta 123 almazaras, el 76% de la producción total se obtiene en grandes almazaras, el 22% en las de tamaño medio y sólo el 2% en las pequeñas.

1.1.2. Métodos de extracción de aceite

En España, la mayor parte de las almazaras, el 75%, están modernizadas y equipadas con decánteres de dos fases, lo que ha permitido aumentar la calidad del aceite y reducir el volumen de las aguas residuales (alpechines). Sus dimensiones son muy variables siendo las más comunes las que producen entre 100 y 500 toneladas de aceite al año.

En Portugal entre 2009 y 2011, el aumento de la superficie plantada de olivar ha dado lugar a la instalación de nuevas almazaras y a la modernización de las existentes, coexistiendo las tradicionales con las de dos fases, tres y más. Ello ha influido en la inversión en instalaciones para transformar y utilizar el orujo resultante de la producción de aceite de oliva. La Figura 3 muestra la evolución en los últimos años, mostrando la disminución de las almazaras tradicionales y el aumento de las continuas de dos y tres fases.

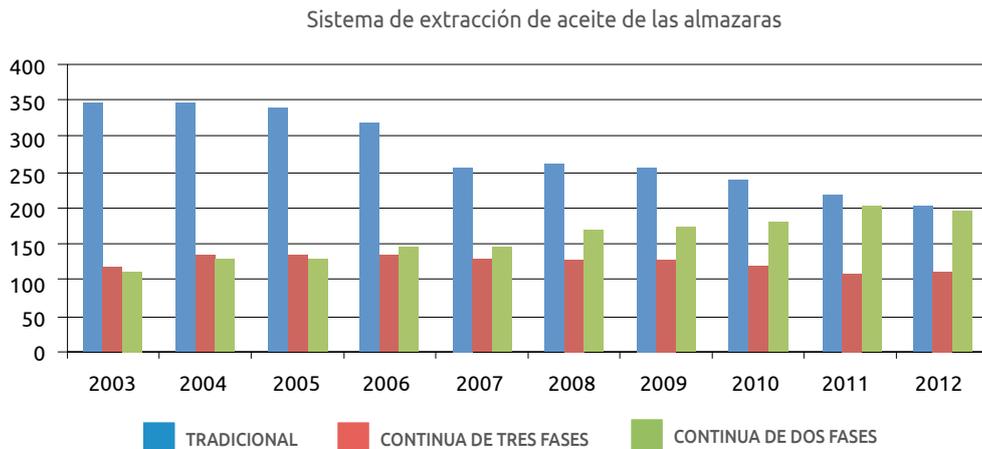


Figura 3. Número de almazaras portuguesas con diferentes sistemas de extracción de aceite de oliva (Fuente: INE, 2012).

1.1.3. Consumo de energía

Según los datos registrados por el INE en la encuesta sobre la producción anual de 2011, basados en 123 almazaras portuguesas analizadas, el consumo energético principal es la electricidad (98,3 %), con un bajo aporte de la biomasa, el gasóleo y el gas, cuyos valores varían entre el 1 % , el 0,5 % y el 0,2 %, respectivamente. Según el proyecto CO2OP en el que se analizaron seis almazaras cooperativas españolas, en aquellas almazaras donde se empleó como biomasa para la caldera el residuo seco de huesos de aceituna (orujillo), la energía utilizada provino en un 50 % de la electricidad y el otro 50 % de la biomasa.

1.2. Punto de vista socioeconómico

ESPAÑA Según los informes de OSCAE 2009 (Cooperativas Agro-alimentarias), FIAB 2008 y MARM 2009 hay 1.744 almazaras, siendo cooperativas 951 de ellas. Asociadas con las almazaras hay otras industrias que operan en conexión con el sector oleícola. España cuenta con 6.260 fábricas extractoras de aceite de orujo de oliva. El orujo sigue siendo una fuente importante de aceite, que se extrae por métodos físicos o químicos. El producto, conocido como aceite de orujo de oliva, representó en 2010 una producción anual de 96.000 toneladas (Anuario de Estadística, 2011). Tam-

bién existen 1.519 fábricas de embalajes, el 90 % de las cuales están asociadas a las almazaras.

ITALIA En 2011, había en Italia 4.809 almazaras, para un total de 1.350.000 hectáreas de olivar según datos del COI 2012. La producción de aceite de oliva está mucho más fragmentada que en España. En 2007, el número de explotaciones era de 776.000, con un tamaño medio de 1,3 ha, según datos de Eurostat. La industria -unas 5.000 almazaras- está muy concentrada y controlada por las principales embotelladoras, representando casi la mitad del mercado de aceite de oliva virgen lo que significa el 80 % del consumo interno.

PORTUGAL En 2011 había 527 almazaras en Portugal, siendo 138 de ellas cooperativas, según el Instituto Nacional de Estadística Portugués (INE, 2012). Las almazaras en cooperativa representan el 30 % del total de la producción de aceite de oliva (GPP, 2013).

FRANCIA En 2009 había 254 almazaras en Francia, con una capacidad media de procesamiento de 21 t/año (COI, 2012). Por otra parte, el olivo se cultiva en cerca de 29.243 explotaciones agrícolas, pero el 85 % de ellas tienen menos de 2 hectáreas de olivar (COI, 2012).

En cuanto a la facturación anual, los datos obtenidos sobre el subsector del aceite de oliva son los siguientes:

PORTUGAL De acuerdo con la información del Instituto Nacional de Estadística, en 2011 la facturación para la producción estimada del sector fue de 465 millones de euros.

ESPAÑA Según la Agencia para el Aceite de Oliva, el volumen de negocio en la campaña 2010/2011 fue de 2.492 millones de euros, valorando el aceite de oliva a la salida de la almazara y antes de ser embotellado.

ITALIA Según el estudio presentado por el ISMEA, en 2010 la facturación del sector fue de 1.513 millones de euros.

FRANCIA De acuerdo con el estudio presentado por AFIDOL, en 2011 el volumen de negocio del sector fue de 228 millones de euros.

2. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN

Las almazaras son un ejemplo de agroindustrias que han evolucionado positivamente en las últimas décadas mediante su modernización y su adaptación tecnológica, para así responder a los requisitos sanitarios y medioambientales.

El proceso general de producción se desglosa en: la recepción de las aceitunas, su limpieza y almacenamiento; la molienda y homogeneización de la pasta; las fases de separación del aceite; su almacenamiento y embotellado.

2.1. Recepción, limpieza y lavado

Después de la recolección, hay un período limitado de 24 horas, para extraer el aceite de oliva, y evitar la fermentación de las aceitunas y su degradación, lo que disminuiría la calidad del aceite de oliva.

Tan pronto como las aceitunas llegan a la almazara se limpian y se lavan. Este proceso se lleva a cabo mediante una máquina limpiadora (figura 4), que separa las aceitunas de otros materiales vegetales (hojas, ramas) y de la tierra adherida durante su recolección, y a continuación las lava. Se estima que el consumo de agua en el proceso de lavado es de 10 a 12 litros por cada 100 kg de aceitunas.



Figura 4. Máquina de limpieza y lavado.

Después de este proceso, las aceitunas se pesan en una báscula, se separan de acuerdo con su variedad y calidad y son transportadas mediante cintas transportadoras a los diferentes depósitos de almacenamiento, donde permanecen hasta la siguiente etapa del proceso.

2.2. Molienda y homogeneización de la pasta

En esta etapa, las aceitunas se muelen en un molino de tambor metálico (figura 5) de lo que resulta una pasta. El objeto de la molienda es romper las células de la pulpa para facilitar la liberación del aceite de las vacuolas celulares. El hueso de la aceituna representa el 25 % del peso del fruto y contiene menos del 1 % de aceite. La mayor parte del aceite de oliva proviene de la pulpa de la aceituna y varía de un 15 a un 22 % de su peso dependiendo de la variedad y las prácticas culturales.

Es muy importante tener en cuenta el tiempo y el grado de molienda, que depende del tamaño de la malla del tamiz del molino. Un largo proceso de molienda puede aumentar la oxidación de la pasta y perjudicar las características organolépticas del aceite. En los modernos molinos de tambor metálico el proceso de molienda es de unos 20 minutos.



Figure 5. Molino de tambor metálico.

La pasta de aceitunas se bate y mezcla con objeto de hacer una pasta uniforme, continuando así la liberación del aceite y rompiendo la emulsión aceite/agua lo que permite a las pequeñas gotas de aceite combinarse en otras más grandes, facilitando de ese modo la extracción mecánica del aceite.

La batidora horizontal (figura 6) dispone de tres tanques cilíndricos de doble camisa con palas perforadas. Estas palas giran a diferentes velocidades dependiendo del tipo y dimensión de la batidora, pero en general esta rotación es baja para

permitir un batido lento. La capacidad de la máquina está determinada por la cantidad de aceituna procesada por el molino.



Figura 6. Batidora horizontal.

El proceso de batido se realiza a temperaturas moderadas (entre 25° C y 28° C), mantenidas mediante la circulación de agua caliente en la batidora. El agua se calienta en una caldera de biomasa, que utiliza como combustible huesos de aceitunas desecados (orujiillo). Estas temperaturas facilitan la liberación del aceite, sin alterar sus características organolépticas. El tiempo de batido y la temperatura son los dos parámetros a tener en cuenta en esta etapa del proceso.

Los elevados tiempos de batido (Tabla 2) incrementan el rendimiento de aceite, disminuyendo el contenido en aceite del orujo (el residuo sólido que queda después de la separación del aceite

de oliva), sin embargo suponen un periodo mayor de oxidación lo que disminuye la calidad del aceite y su valoración.

La temperatura influye directamente en la viscosidad del aceite de oliva. Las altas temperaturas permiten mayores rendimientos de aceite ya que facilitan, en la siguiente fase, una mejor separación

entre el agua y el aceite. Sin embargo, si la temperatura de la pasta es demasiado alta se puede producir una reducción de la calidad del aceite, obteniéndose un aceite de oliva con un elevado amargor (Petraakis, 2006).

TABLA 2. INFLUENCIA DEL TIEMPO DE HOMOGENEIZACIÓN EN EL RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE.

DETERMINACIONES		Tiempo de homogeneización (min)		
		15	45	90
RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE (%)		78,5	82,8	85,7
Orujo de aceituna	Cantidad (kg/100 kg aceitunas)	71,7	71,9	71,5
	Humedad (% sobre orujo fresco)	57,7	58,2	58,9
	Aceite (% sobre orujo fresco)	4,4	3,6	3,1
	Aceite (kg/100 kg aceitunas)	3,1	2,6	2,2
Alpechín*	Cantidad (l/100 kg aceitunas)	25	20	20
	Aceite (% alpechín*)	2,8	2,1	1,6
	Pérdida total de aceite en subproductos (kg/100 kg aceitunas)	3,8	3,1	2,5

Fuente: Adaptado de Di Giovacchino et al., 2002

* Agua residual con restos vegetales

2.3. Separación del aceite del agua y los sólidos

La siguiente etapa consiste en separar el aceite del resto de los componentes de la aceituna (sólidos y el agua de vegetación). Tradicionalmente esto se hacía con prensas, pero ahora se hace mediante un proceso de centrifugación, en centrifugas horizontales de gran capacidad (decánteres) (figura 7).

El proceso de centrifugación en los decánteres puede realizarse en tres fases, lo que permite separar el aceite (fase oleosa), el agua de vegetación o alpechín (fase acuosa) y los sólidos u orujo (fase sólida), o en dos fases separando sólo el aceite del orujo húmedo o alperujo. La elevada fuerza centrífuga generada en los decánteres permite que las fases se separen fácilmente de acuerdo con sus diferentes densidades.



Figura 7. Centrifugadora horizontal (decánter).



Figura 8. Centrifugadora vertical.

En los decánteres de tres fases, la gran cantidad de agua añadida (en comparación con el método tradicional) hace que una parte de los polifenoles del aceite sean lavados y que se produzca una mayor cantidad de alpechín que deberá a su vez ser procesado. Los decánteres de dos fases utilizan menos agua en el proceso, produciendo una significativa menor cantidad de alpechín y reduciendo así el lavado de los fenoles. El agua es expulsada por el decánter junto con el orujo, de lo que resulta el alperujo, un orujo húmedo con un contenido de agua entre el 62 y el 75%. En este caso se produce una mayor cantidad de orujo en comparación con los decánteres de tres fases (Tabla 3). En ambos casos, después del decánter, el aceite pasa a una centrifugadora vertical (figura 8) para eliminar los sedimentos naturales y separar la pequeña cantidad de agua que resta en el aceite.

Cabe señalar que en el caso de una extracción en dos fases una centrífuga vertical es suficiente, mientras que en un proceso de tres fases son necesarias dos centrifugadoras para completar este proceso, una para la misma función descri-

ta anteriormente y otra para separar el aceite restante en el alpechín. Aunque en esta operación el porcentaje de aceite obtenido no es importante, al final del año puede representar una cantidad considerable.

TABLA 3. CARACTERÍSTICAS DEL ORUJO DE OLIVA Y DEL ALPECHÍN OBTENIDO CON PROCESOS DE CENTRIFUGACIÓN DIFERENTES.

DETERMINACIONES		Proceso de centrifugación	
		2-fases	3-fases
RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE OLIVA (%)		86,1	85,1
Orujo	Cantidad (kg/100 kg aceitunas)	72,5	50,7
	Humedad (% orujo fresco)	57,5	52,7
	Aceite (% orujo fresco)	3,16	3,18
	Aceite (% materia seca)	7,44	6,68
Alpechín	Cantidad (l/100 kg aceitunas)	8,3	97,2
	Residuo seco (% alpechín*)	14,4	8,5
	Aceite (g/l)	13,4	12,6
	Pérdida total de aceite en subproductos (kg/100 kg aceitunas)	2,42	2,8

Fuente: Adaptado de Petrakis, 2006.

* Agua residual con restos vegetales

En cada proceso de extracción (de dos o tres fases), los resultados obtenidos son diferentes (Tabla 3).

En el caso de dos fases, después de la extracción, el alperujo pasa a través de un tamiz donde se separan las partículas sólidas más grandes (orujillo) del resto del alperujo. Este orujillo puede ser utilizado como combustible en una caldera de biomasa y calentar el agua que se utiliza tanto en la batidora horizontal como en otros equipos que requieren agua caliente en su operación (1 kg de orujillo produce 4.100 kcal/h). El alperujo restante por lo general se vende para la producción de aceite de orujo de oliva. Se transporta a extractoras que lo calientan entre 45°C y 50°C y puede extraerse hasta 2 litros de aceite por cada 100 kg de materia prima utilizando decánteres de dos fases adaptados al efecto.

2.4. Almacenamiento

Después de la centrifugadora vertical, el aceite de oliva, completamente limpio, se pesa (figura 9) y almacena en depósitos de acero inoxidable (figura 10), donde permanece durante un período de 2 a 3 meses aproximadamente. Este período es suficiente para lograr la limpieza final del aceite, por la decantación de las partículas en suspensión, obteniéndose un aceite de oliva de mayor calidad.



Figura 9.
Proceso de pesaje
del aceite.



Figure 10.
Depósito de acero
para aceite de oliva.

2.5. Embotellado

Después del período de almacenamiento el aceite de oliva está listo para ser consumido.

En general, el aceite de oliva es embotellado en botellas de vidrio (figura 11) y está listo para ser introducido en el circuito comercial.



Figura 11. Proceso de embotellado del aceite de oliva.

3. ANÁLISIS ENERGÉTICO DE LAS ALMAZARAS

A continuación se muestran los parámetros energéticos típicos de dos tipos de almazaras con diferente volumen de producción. Los valores medios se refieren a almazaras con capacidades de procesamiento de 1.600 t y 300 t de aceite de oliva por campaña (ambas con decánter de dos fases y caldera de biomasa). Las almazaras tienen una clara actividad estacional: de noviembre a marzo, en los cuatro países estudiados, presentando pequeñas diferencias en función del país.

La fuente principal de energía para el funcionamiento de las almazaras es la electricidad. Desde la recepción de las aceitunas, a la limpieza y el lavado, la molienda, el mezclado y el batido, la centrifugación y el embotellado, todas las máquinas funcionan a base de electricidad. También se utiliza agua caliente, que se calienta en una caldera que quema bien los residuos sólidos de la aceituna -orujillo-, gasoil o cualquier otro tipo de combustible.

3.1. Consumo eléctrico y térmico

Las tablas 4 y 5 muestran los valores medios para almazaras de proceso estándar, de dos fases, con caldera de biomasa, de una capacidad de producción de 1.600 t y 300 t de aceite de oliva por campaña, respectivamente.

TABLA 4. VALORES DE UN PROCESO DE PRODUCCIÓN ESTÁNDAR PARA UNA INDUSTRIA DE 1.600 TONELADAS DE ACEITE DE OLIVA POR AÑO.

PROCESO (ORDEN SECUENCIAL)	TECNOLOGÍA TÍPICA	Potencia eléctrica instalada (kW)	Consumo de energía eléctrica (kWh/año)	Potencia térmica instalada (kW)	Consumo de energía térmica (kWh/año)
Recepción de aceitunas, limpieza y almacenamiento	Motores eléctricos	750	21.000		
Molienda y preparación de la pasta	Motores eléctricos, caldera de biomasa	400	93.000	870	270.000
Separación de fases, decánter y centrifugado	Motores eléctricos del decánter de dos fases	170	120.000		
Almacenamiento	Motores eléctricos, caldera de biomasa	170	12.000	200	26.000
Embotellado	Motores eléctricos	70	4.000		
Iluminación y otros procesos eléctricos auxiliares	Fluorescentes	40	38.000		
Proceso térmico auxiliar	Caldera, carretillas elevadoras			260	40.000
TOTAL		1.600	288.000	1.330	336.000

Fuente: Datos de un análisis de Cooperativas Agro-alimentarias de seis almazaras en 2010.

TABLA 5. VALORES DE UN PROCESO DE PRODUCCIÓN ESTÁNDAR PARA UNA INDUSTRIA DE 300 TONELADAS DE ACEITE DE OLIVA POR AÑO.

PROCESO (ORDEN SECUENCIAL)	TECNOLOGÍA TÍPICA	Capacidad (t/h o l/h)	Potencia eléctrica instalada (kW)	Consumo de energía eléctrica (kWh/año)	Potencia térmica instalada (kW)	Consumo de energía térmica (kWh/año)
Recepción de aceitunas, limpieza y almacenado	Motores eléctricos	40 t/h	70	3.600		
Molienda y preparación de la pasta	Motores eléctricos, caldera de biomasa	25 t/h	100	13.000	175*	50.000
Separación de fases, decánter y centrifugado	Motores eléctricos del decánter de dos fases	1.000 l/h (aceite de oliva)	40	12.500		
Almacenamiento	Motores eléctricos, caldera de biomasa		0	0		
Embotellado	Motores eléctricos	25 t/h	6	710		
Iluminación y otros procesos eléctricos auxiliares	Fluorescentes		1	1.350		
Proceso térmico auxiliar	Caldera, carretillas elevadoras	10 kg hueso/h			175*	10.000
TOTAL			217	31.160	175	60.000

Fuente: Datos de un análisis de la Universidad de Évora de una almazara representativa. *Potencia térmica instalada para el calentamiento de agua para ambos procesos (molienda y preparación de la pasta, y proceso térmico auxiliar), que no pueden considerarse por separado.

TABLA 6. COMPARACIÓN DE LOS RATIOS DE RENDIMIENTO ENTRE AMBAS ALMAZARAS.

	Almazara de 1.600 t de aceite de oliva por año	Almazara de 300 t de aceite de oliva por año
Consumo de energía eléctrica para la producción	180 kWh/t de aceite de oliva	104 kWh/t de aceite de oliva
Consumo de energía térmica para la producción	210 kWh/t de aceite de oliva	200 kWh/t de aceite de oliva
Potencia eléctrica instalada	1.600 kW	217 kW
Potencia térmica instalada (caldera, vehículos, etc.)	12.280 kW (caldera) 50 kW (vehículos)	175 kW (caldera)

Fuente: Universidad de Évora y Cooperativas Agro-alimentarias

En cuanto al consumo de energía térmica se puede ver en las Tablas 4 y 5 que la biomasa sólo se utiliza en la caldera para calentar el agua utilizada en el proceso de producción o para la calefacción de las oficinas del edificio. En la mayoría de las almazaras el orujo de oliva agotado (orujillo) se utiliza como combustible de biomasa que se utiliza principalmente en la producción de aceite.

En la figura 12 se muestra la contribución relativa de los

consumos térmicos y eléctricos, viéndose que la distribución es de aproximadamente la mitad de cada componente, 54% y 46%, respectivamente. Se pueden encontrar algunas diferencias entre las empresas en los porcentajes de energía consumida por proceso, lo que depende de las tecnologías de procesamiento de cada almazara.

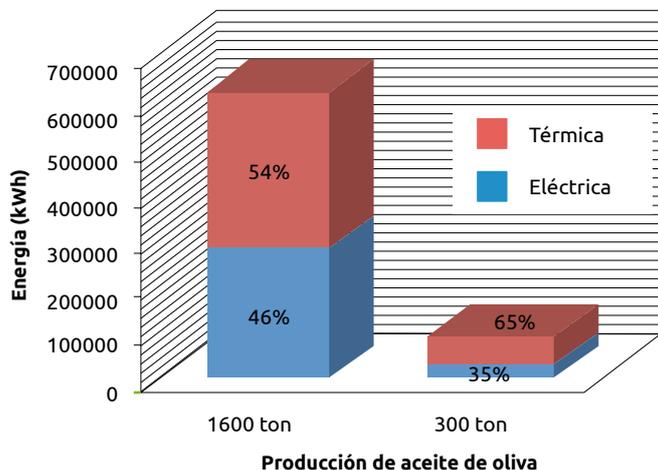


Figura 12. Distribución relativa del consumo de energía en las almazaras.

3.2. Costes de la energía

El coste típico de la energía eléctrica en la industria varía de 0,08 a 0,12 €/kWh; y el coste típico de la energía térmica es de 0,015 a 0,02 €/kWh. Asumiendo un precio promedio de 0,10 €/kWh para la electricidad y 0,017 €/kWh para la energía térmica, cabe decir que los costes totales de la energía varían entre 4.136 y 3.512 €/año para las almazaras analizadas, lo que

supone un coste de 13,8 €/t a 21,6 €/t.

La energía eléctrica representa entre el 75% y el 83 % de los costes de la energía total. Sin embargo, ya que la mayoría de las almazaras utilizan su propio orujillo como biomasa para las calderas, el coste de la energía térmica es por lo general bajo y está relacionado con el del secado y cribado del orujillo. Por lo tanto, casi el 100 % de los costes de la energía provienen de la energía eléctrica.

3.3 Balance de energía (Diagrama de Sankey)

La figura 13 muestra el balance energético (térmico y eléctrico) de las almazaras analizadas, de 1.600 t de aceite de oliva por año, usando el diagrama de Sankey. Se puede observar la distribución relativa por fase de producción del consumo de energía térmica y eléctrica. En cuanto a la energía térmica, el mayor consumo se produce en el molino y la preparación de la pasta mientras que el de energía eléctrica se origina principalmente en la separación de fases y la preparación de la pasta. Ello sugiere que las medidas para mejorar la eficiencia energética se deben orientar a estas etapas de la producción. También son importantes la recepción y la iluminación ya que representan el 4 % del consumo total de energía.

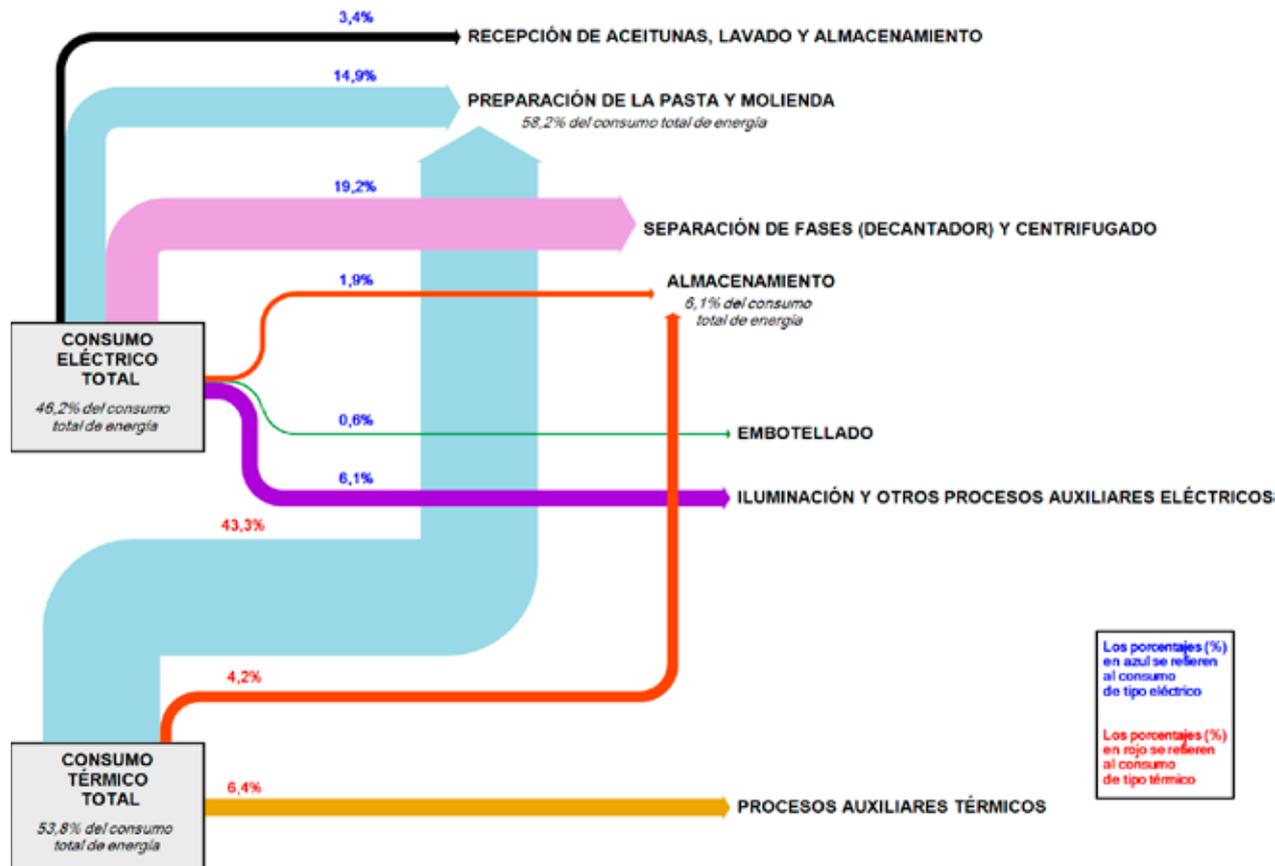


Figura 13. Balance de energía eléctrica y térmica para la industria estándar de producción de 1.600 toneladas de aceite de oliva por campaña.

3.4. Particularidades del subsector

Este subsector se caracteriza por una producción estacional, concentrada principalmente entre noviembre y marzo, lo que tiene una gran influencia en el consumo de energía, ya sea eléctrica o térmica. De acuerdo con el estudio realizado por Cooperativas Agro-alimentarias (2010) los máximos valores de consumo total de energía se dan entre diciembre y marzo, que es la fase de plena producción. Durante el resto del año el consumo de energía se limita al del embotellado y al de las instalaciones administrativas.

Otro aspecto importante es el uso del alpechín, que es un subproducto de esta industria. Un número creciente de almazaras utilizan sus propios residuos de orujillo como biomasa para la caldera. El excedente de alpechín, o de todo el orujillo en algunas almazaras, se vende a otras empresas, lo que representa otra contribución a los ingresos de la compañía. Su precio es función de la calidad, la disponibilidad en el mercado y el precio de otros tipos de biomasa, pero como promedio se pueden mencionar valores entre 75 y 100 €/t.

4. MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO

En los últimos años, la eficiencia energética y las medidas de ahorro de energía son objetivos comunes para los técnicos y los políticos europeos. Mejorar la eficiencia energética contribuirá a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero así como los costes de producción.

En las páginas que siguen se incluyen algunas medidas de ahorro energético para las almazaras, basadas en el Catálogo de las Mejores Prácticas de TESLA (Ortego y Gutiérrez, 2013) y en los resultados de Cooperativas Agro-alimentarias (2010).

4.1. Utilización de biomasa en las calderas de las almazaras

En la producción de aceite de oliva, después de la molienda es necesario separar todos los componentes de la aceituna. En estas fases, la pasta de aceitunas se debe mantener a una temperatura de 28°C, lo que se consigue utilizando agua caliente como fluido térmico de transferencia. Debido a la gran cantidad de residuos que se producen en las almazaras, es muy factible el uso de uno de ellos, el orujillo, como combustible para la caldera de biomasa y así producir calor.

En el caso de que la almazara tenga una caldera que use

combustibles fósiles (como el gas natural o el gasóleo) una buena práctica sería la de cambiar esta caldera por otra adaptada a los combustibles sólidos. Estas calderas de biomasa también pueden utilizar desechos industriales como el orujillo, y tienen la ventaja de permitir a la industria utilizar sus propios residuos, ahorrar energía y disminuir las emisiones de CO_2 .

Considerando el cambio de una caldera de gasóleo por otra nueva que use biomasa como combustible, los costes energéticos se reducirían de 46 €/MWh a 13€/MWh de calor neto (considerando los costes adicionales de energía térmica debidos al secado y cribado del orujillo, y otras necesidades de energía térmica). En las cooperativas aceiteras en las que este cambio se ha efectuado, el tiempo de recuperación de la inversión ha sido de 3 años.

Además, mediante el establecimiento de un sistema de control en el consumo de biomasa, este proceso puede ser optimizado y el excedente de orujillo se podría vender para obtener ingresos adicionales. Estas calderas de biomasa también pueden optimizarse mediante la incorporación de un sistema de automatización que controle el suministro de agua a la caldera y la temperatura de entrada a la misma. Aunque esta medida no implica ningún ahorro económico podría representar una fuente extra de ingresos por la venta del orujillo excedentario (la biomasa es gratuita para las almazaras al utilizar su propio orujillo).

4.2. Instalación de molinos tipo Listellos en lugar de uno de criba

Después de la recepción, las aceitunas se tienen que moler. El proceso de molienda tiene una alta demanda de energía debido al uso de motores eléctricos de relativa alta potencia. El tipo de molienda afecta a la demanda de energía de acuerdo con el tipo de criba utilizada. Esta es una importante etapa, ya que también afecta a la calidad del aceite de oliva.

Una buena práctica podría ser la de cambiar molinos de tipo convencional por unos nuevos de Listellos. Este sistema permite la reducción del tamaño de las partículas con un menor consumo de energía debido a su diseño.

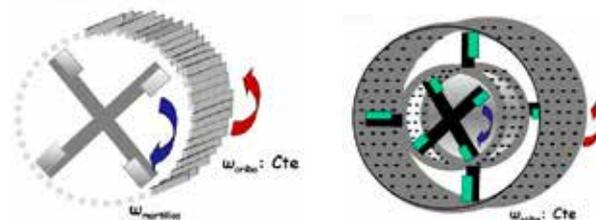


Figura 14. Esquema de molino con cribas Listello (izquierda) y con cribas normales (derecha).

Los molinos Listellos son una especie de molinos que tienen unos martillos rotativos que giran a 1.500 y 3.000 rpm. Incluyen una sola criba rotatoria en sentido opuesto a los martillos, con un diámetro

de perforación en función del tamaño de molienda deseado. Según los datos comerciales disponibles, con el mismo consumo de energía es posible aumentar la producción de aceite hasta un 35 %. Sin embargo, este incremento depende del tamaño del molino reemplazado y del volumen de producción. La figura siguiente muestra que con el mismo consumo de energía se puede obtener más producción con los molinos Listellos que con otros tipos de molinos.

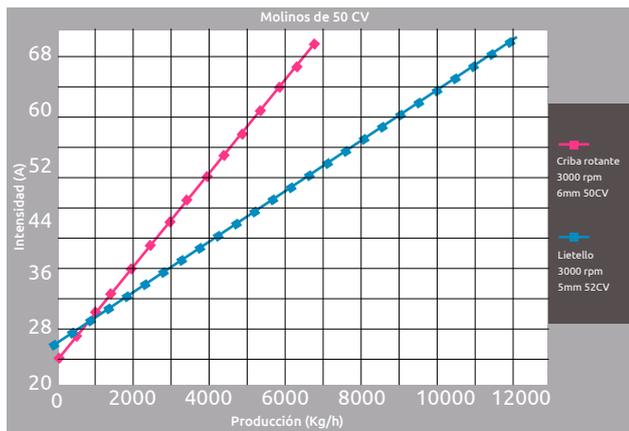


Figure 15. Energía frente a producción con molinos de cribas convencionales (30 CV) y con molinos Listellos (50 CV) (Pierallisi).

4.3. Mejoras en el proceso de separación

Esta fase de la producción del aceite de oliva es una de las que más energía consume. El objetivo principal es separar el aceite de oliva del resto de los componentes de la aceituna (líquido y sólido). Con el fin de reducir el consumo de energía de este proceso, una buena opción es la instalación de separadores con accionamiento directo en los que la pasta homogénea pueda ser fácilmente separada de acuerdo con las diferentes densidades de cada componente.

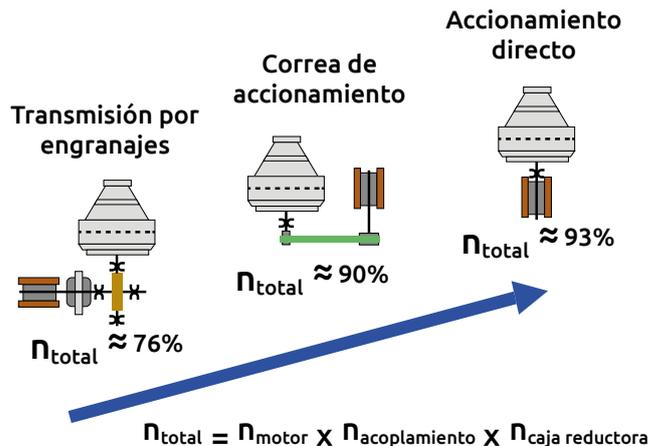


Figure 16. Mejora de la eficiencia energética según el sistema de transmisión (GEA Westfalia).

La tecnología del proceso de separación es la misma, pero la transmisión de energía es más eficiente. En este separador de Accionamiento Directo integrado, el recipiente es accionado directamente por el motor trifásico integrado de frecuencia controlada, mejorando el nivel de eficiencia. En la transmisión no se emplean ni caja reductora de engranajes ni correas.

Aunque cada caso debe ser analizado cuidadosamente para evaluar el potencial de ahorro, en términos generales, se puede llegar a un ahorro de hasta un 15%.

4.4. Proceso de decantación mediante tanques en lugar de centrifugas verticales

Hoy en día, una nueva tecnología se está aplicando reemplazando las centrifugadoras verticales por tanques de decantación. Esto implica un importante ahorro de energía y agua. Este sistema de decantación es estático y es posible un ahorro de energía del 100 % (en comparación con las centrifugadoras verticales), así como una reducción en el consumo de agua y una disminución del volumen de efluentes del proceso de lavado del aceite. La principal desventaja de esta medida es el espacio necesario para instalar los tanques de decantación. Los estudios realizados por Cooperativas Agro-alimentarias (2010) muestran un tiempo de recuperación de la inversión de entre 2 y 4,5 años.

4.5. Limpieza del aceite por decantación mecánica: Oleosim

Este sistema es similar al anterior, pero requiere menos espacio (se puede tratar un mayor volumen de aceite) y consume algo de energía (alrededor del 96 % menos que la energía consumida por las centrifugadoras verticales, según los datos del proveedor).

El sistema Oleosim separa, clarifica y purifica el aceite de oliva sin evacuación de residuos. El equipo consiste en tres módulos:

- El equipo de dilatación que lava el aceite de oliva y dilata las partículas orgánicas por medios mecánicos movidos por un motor de baja rotación. Se utiliza una pequeña cantidad de agua para dilatar las partículas.
- El estabilizador que estabiliza el aceite, libera el aire de la fase anterior e impide la entrada de aire en el purificador. También controla la entrada de aceite en el purificador.
- El purificador separa el aceite del agua y elimina el agua añadida durante el proceso, así como las partículas orgánicas tratadas en las fases anteriores. También retiene las partículas solubles de la disolución de agua-aceite obtenida en el estabilizador.

El sistema Oleosim está equipado con un control automático que emite descargas para precipitar las impurezas a la parte inferior mientras que el aceite limpio se retira de la parte superior y se lleva a los depósitos. Los estudios realizados por Cooperativas Agro-alimentarias (2010) muestran un tiempo de recuperación de la inversión para este sistema de entre 3 y 5 años.

4.6. Motores eficientes

El consumo eléctrico de los sistemas de motores está influenciado por muchos factores. Con el fin de beneficiarse de los ahorros potenciales disponibles, los usuarios deben tener como objetivo optimizar la totalidad del sistema del que el motor forme parte, antes de considerar el motor por sí solo. Se tomarán en cuenta los siguientes puntos para mejorar la eficiencia de los sistemas de motores.

MOTORES DE ALTA EFICIENCIA. La clasificación de eficiencia energética de los motores eléctricos se indica en el estándar CEI 60034-30.

De acuerdo con esta clasificación existen cinco posibles niveles:

- *IE1: eficiencia estándar*
- *IE2: alta eficiencia*
- *IE3: eficiencia premium*

- *IE4: eficiencia súper premium*
- *IE5: eficiencia ultra premium (recientemente disponible en el mercado)*

La Directiva Europea EuP (Energy-using Product), establece los requisitos de eco-diseño relativos a los motores, según los niveles de eficiencia definidos en el estándar CEI 60034-30. Esta directiva establece que los niveles de eficiencia energética que deben alcanzar o superar los motores comercializados serán: IE2 a partir del 16 de junio de 2011; IE3 a partir del 1 de enero de 2015 para los motores de 7,5 a 375 kW; e IE3 a partir del 1 de enero de 2017 para los motores de 0,75 a 375 kW.

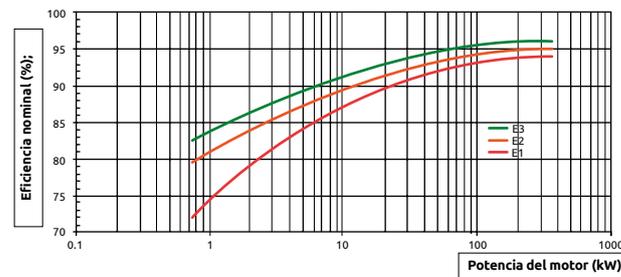


Figura 17. Comparación de las curvas de eficiencia energética para los diferentes tipos de motor (CIRCE).

TAMAÑO ADECUADO DEL MOTOR. Se obtiene la máxima eficiencia cuando los motores trabajan entre el 60 y el 100 % de la carga completa.

La eficiencia del motor de inducción normalmente alcanza su máximo cerca del 75 % de su capacidad de carga y es relativamente similar hasta el punto de carga del 50 %. Por debajo del 40 % de la plena carga, un motor eléctrico no funciona en condiciones óptimas y el rendimiento cae muy rápidamente. Sin embargo, los motores de mayor tamaño pueden funcionar con bastante eficiencia con cargas de hasta el 30% de la carga nominal. La eficiencia de un motor eléctrico de acuerdo a la carga se muestra en la figura 18.

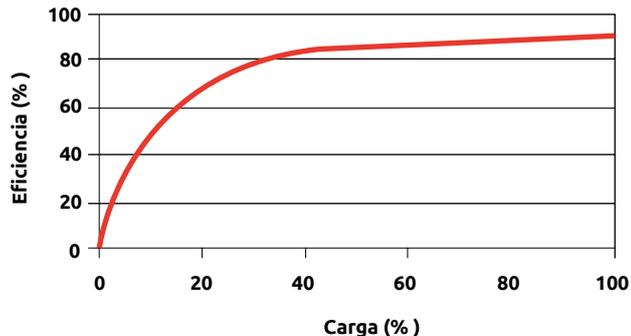


Figura 18. Eficiencia de un motor eléctrico en función de la carga (BREF, 2009).

CONTROL DE MOTORES. El objetivo es limitar al mínimo necesario que el motor funcione al ralentí (en modo sin carga), por ejemplo, mediante un sensor de presencia, un reloj, un proceso de control, etc.

Por lo tanto, la forma en que se contribuye a la eficiencia energética es desconectando los motores cuando no se necesitan, por ejemplo, mediante un interruptor o un contactor para conectar y desconectar el motor de la red eléctrica.

El ajuste de la velocidad del motor mediante la utilización de variadores de velocidad (VSD, de las siglas en inglés de Variable Speed Drives) puede dar lugar a importantes ahorros de energía asociados a un mejor control del proceso y menos desgaste en los equipos mecánicos. Cuando las cargas varían, los VSD pueden reducir el consumo de energía eléctrica en particular en las bombas centrífugas, compresores y ventiladores. Aplicaciones en diversos procesos, como los molinos de martillos o las cintas transportadoras, pueden beneficiarse también del uso de los VSD, tanto en términos de energía consumida como de rendimiento en general.

Los equipos de transmisión incluyendo ejes, correas, cadenas, y los engranajes se deben instalar y mantener adecuadamente. El sistema de transmisión desde el motor a la carga es una fuente de pérdidas. Estas pérdidas pueden variar significativamente, de 0 a 45%.

El acoplamiento directo es la mejor opción posible (siempre que sea técnicamente factible).

4.7. Sistemas de aire comprimido (SAC)

Casi todas las industrias tienen sistemas de aire comprimido para muy diferentes usos: prensas, sistemas de refrigeración, compresores, cintas transportadoras, etc. Este aire comprimido se puede producir bien por la propia máquina, o por uno (o más) equipos de aire comprimido que abastecen las necesidades globales de la industria.

La eficiencia energética en los sistemas de aire comprimido se puede controlar con las siguientes medidas.

OPTIMIZACIÓN EN EL DISEÑO DEL SISTEMA. Muchos sistemas SAC existentes carecen de un diseño global actualizado. La incorporación de compresores adicionales y diversas aplicaciones en varias etapas a lo largo de la vida útil de la instalación se traduce con frecuencia en un rendimiento por debajo de su óptimo. Un parámetro fundamental en un SAC es el valor de la presión de servicio que debe satisfacer el 95 % de todas las necesidades, utilizándose un pequeño dispositivo de aumento de presión para el resto.

Otra cuestión fundamental para el diseño de un sistema de aire comprimido es el dimensionamiento de las tuberías y el posicionamiento de los compresores.

Un sistema bien diseñado debe tener una pérdida de presión del compresor hasta el punto de uso de menos del 10 % de la presión de descarga.

VARIADOR DE VELOCIDAD (VSD) Y VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO.

Cada vez que los requerimientos de aire comprimido del proceso fluctúan, el VSD y el volumen de almacenamiento ayudarán a reducir la energía demandada por el sistema de aire comprimido. El ahorro puede ser de hasta el 30%, aunque la media de mejora en un SAC, donde se añada un compresor con un variador de velocidad, es de aproximadamente el 15 %. Por otro lado, un aceptable volumen de almacenamiento ayuda a reducir las fluctuaciones de la demanda de presión y a satisfacer las puntas de demanda a corto plazo.

Los variadores de velocidad de los compresores, tienen también otras ventajas: mantienen la presión estable, tienen un factor de potencia más alto lo que mantiene la potencia reactiva baja, y facilitan un arranque suave a baja velocidad lo que amplía la vida útil del compresor.

REDUCCIÓN DE FUGAS DEL SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO.

Frecuentemente, la reducción de las fugas del sistema de aire comprimido (SAC) tiene un gran impacto en el ahorro de energía. Las fugas son directamente proporcionales a la presión del sistema (presión manométrica). Las fugas están presentes en todos los SAC y se producen las 24 horas del día, y no sólo durante el periodo de operación. En un sistema de gran tamaño bien mantenido el porcentaje de pérdidas en un compresor por fugas debería ser menor del 10 %, frente a un posible 25 % en un SAC de mantenimiento deficiente con sucesivas ampliaciones.

Los programas de mantenimiento preventivo de los sistemas de aire comprimido deben incluir medidas de prevención de fugas así como pruebas periódicas de fugas. Una manera adicional de reducir las fugas es reducir la presión de funcionamiento del sistema: con una menor presión diferencial en una fuga, el caudal de fuga se reduce.

ALIMENTACIÓN DE LOS COMPRESORES CON AIRE FRIO DEL EXTERIOR. Por razones termodinámicas, la compresión de aire caliente requiere más energía que la compresión del aire frío. De ahí que se pueda ahorrar energía simplemente alimentando el sistema de aire comprimido con aire del exterior. La toma de aire se deberá instalar en la parte norte o por lo menos en donde dé la sombra la mayor parte del tiempo.

OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE PRESIÓN. Cuanto menor sea la presión del aire comprimido producido, más efectivo será el coste de su producción. Sin embargo, es necesario garantizar que todos los usuarios activos tengan suministro en todo momento con el suficiente aire comprimido. La manera más barata de ajustar el rango de presión de un compresor es utilizar interruptores mecánicos de presión.

La presión también puede regularse por medio de un compresor de convertidor de frecuencia que funciona como un compresor de carga punta adaptando su variador de velocidad a las necesidades específicas de aire comprimido.

4.8. Variadores de velocidad

En todos los procesos de trabajo de carga variable se pueden instalar variadores de velocidad, por ejemplo: bombas centrífugas, ventiladores, molinos, tolvas, cintas transportadoras, sistemas de compresores de aire comprimido, o sistemas de refrigeración, etc. Gracias a ellos, el consumo de energía de los motores es menor ya que éste se adapta a lo que el proceso real necesita.



Figura 19. Variadores de velocidad.

Los variadores de velocidad, también denominados variadores de frecuencia, controlan la velocidad de giro de los motores acoplados en bombas, ventiladores, cintas transportadoras u otras

máquinas. Estos variadores operan convirtiendo los parámetros constantes de entrada de la red eléctrica (voltaje, frecuencia) en valores variables. Este cambio de frecuencia provoca un cambio en la velocidad del motor y también en el par. Esto significa que la velocidad del motor se puede regular de acuerdo con determinados parámetros externos tales como la temperatura, el caudal o el nivel de carga de los transportadores o de las tolvas. El control de la velocidad puede ser muy importante en la eficiencia energética de los procesos.

El ahorro de energía depende de la potencia del motor, la carga, el perfil del funcionamiento del motor, y las horas anuales de funcionamiento. Un motor que trabaje con o sin variador de velocidad puede variar su consumo de energía hasta en un 50 %.

4.9. Aislamiento

Varios sub-sectores industriales del proyecto TESLA utilizan transferencias de calor, ya sea para calefacción o para procesos de enfriamiento. Estos aislamientos se emplean, por ejemplo, en las calderas donde el agua caliente o el vapor se transporta por tuberías desde la caldera hasta el lugar en el que es utilizado. En este tipo de instalaciones, las condiciones de mantenimiento de los materiales de aislamiento son muy importantes para evitar las pérdidas térmicas y reducir los problemas de condensación. Con este fin, los materiales de aislamiento deben seguir una serie de

recomendaciones que permitirán evitar problemas de oxidación, protegerlos contra los rayos UVA, mantenerlos secos (hay que prestar atención a las fugas ya que afectan a la capacidad de aislamiento de los materiales aislantes); deberán ser flexibles y de fácil instalación, y tener una baja conductividad térmica ($0,04 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ o inferior). El rango común de temperaturas de trabajo de los materiales aislantes suele ser entre -50°C y 110°C .

AISLAMIENTO DE TUBERÍAS. Los ahorros potenciales a obtener dependerán de: el diámetro de las tuberías y su longitud (o área de la superficie aislada), el diferencial de temperaturas, la resistencia térmica del material aislante y de su espesor. A continuación, se presenta un sencillo ejemplo: dos tuberías que transportan un fluido caliente, una con material de aislamiento y el otro sin él. En ambos casos, la temperatura del fluido es de 60°C , la temperatura del aire es de 15°C , la longitud de la tubería es de 350 metros, su diámetro es 150 mm, y el material de aislamiento es poliuretano con un espesor 31 mm y una conductividad térmica de $0,04 \text{ W/m}^\circ\text{C}$.

La comparación entre las pérdidas de calor en estas dos tuberías muestra que las pérdidas de energía de la tubería con material aislante se reducen en un 85 %, lo que significa que se puede ahorrar una gran cantidad de energía simplemente utilizando el aislamiento térmico apropiado.

AISLAMIENTO DE VÁLVULAS. Además de lo anterior, los accesorios, válvulas y otras conexiones, por lo general, no suelen estar bien aisladas. Para estas superficies existen elementos aislantes desmontables y reutilizables.

En el caso de una temperatura de funcionamiento de 150°C, una temperatura interior de 20°C, y un tamaño de la válvula de 150 mm, el ahorro potencial de energía en las válvulas debido a la instalación de un aislamiento de elementos desmontable puede ser de hasta 970 W (BREF, 2009).

Por otra parte, y como regla general, para proteger al personal, cualquier superficie que alcance una temperatura mayor de 50 °C y tenga riesgo de contacto humano, debe ser aislada.



Figura 20. Aislamiento de una tubería en buenas condiciones.

4.10. Calentamiento de agua o aire

Todas las industrias necesitan agua caliente para muchos y distintos usos: desde el agua caliente sanitaria hasta el agua que se ha de precalentar para las calderas en la producción de vapor. Para calentar el agua se pueden utilizar varios sistemas. En este manual, se mencionan tres de ellos que no suponen un aumento del consumo de energía.

RECUPERACIÓN DE CALOR DE LOS COMPRESORES DE AIRE. La mayor parte de la energía eléctrica consumida por un compresor de aire de tipo industrial se convierte en calor que ha de ser eliminado.

En muchos casos, una unidad de recuperación de calor adecuadamente diseñada puede recuperar un alto porcentaje de esta energía térmica disponible y puede calentar aire o agua en el caso de que haya una demanda de los mismos. Hay dos diferentes sistemas de recuperación:

- **Aire caliente:** El calor recuperado puede ser utilizado bien para la calefacción del área de trabajo, o para los quemadores de gasóleo o para cualquier otra aplicación que requiera aire caliente. Para ello, el aire ambiente se pasa a través del compresor donde absorbe el calor resultante del proceso de compresión de aire. Las únicas

modificaciones que el sistema necesita son la adición de unos conductos y quizás también la adición de otro ventilador, para manejar la carga de los conductos y eliminar cualquier contrapresión en el ventilador de refrigeración del compresor. Estos sistemas de recuperación de calor se pueden modular con clapetas controladas por un simple termostato.

- **Agua caliente:** Se puede producir agua caliente mediante la instalación de un intercambiador de calor que extraerá el calor residual de los refrigeradores de lubricante instalados en la refrigeración por aire o por agua de los compresores. Según su diseño, los intercambiadores de calor pueden producir agua potable o agua no potable. Cuando no se requiera agua caliente, el lubricante se lleva al enfriador de lubricante estándar. El agua caliente puede ser utilizada en las calderas o en cualquier otra aplicación donde se necesite.

La mayoría de los compresores del mercado disponen de recuperadores de calor como equipamiento opcional, ya sean integrados con el compresor o como una aplicación externa.

Una unidad de recuperación de calor bien diseñada puede recuperar aproximadamente entre el 50% y el 90% de esta energía térmica disponible.

RECUPERACION DE CALOR MEDIANTE ECONOMIZADORES O CONDENSADORES.

La instalación en las calderas de un sistema de recuperación de calor permite recuperar calor de los gases de escape. En las calderas se pierde demasiado calor por los gases de escape de modo que recuperando parte de este calor, se reducirá el consumo de combustible. Un sistema de recuperación es sólo un intercambiador de calor instalado en la chimenea de humos que transfiere el calor de los humos al agua de la caldera o a otro proceso térmico.

La instalación de un economizador después de la caldera permite alcanzar un ahorro de energía de hasta un 5% (la disminución de la temperatura de los humos no puede exceder de un cierto límite porque implicaría la corrosión del intercambiador de calor y de la chimenea).

El condensador permite la recuperación de la energía que está contenida en los gases de combustión por medio de la condensación del vapor de agua de ellos. El ahorro de energía depende de la disminución de la temperatura de los humos de combustión. En los casos reales, la instalación de un condensador después de la caldera permite llegar a un ahorro de energía de hasta el 15 %.

CAPTADORES SOLARES TÉRMICOS PARA CALENTAR EL AGUA. Los captadores solares de alto rendimiento están equipados con un vidrio especial que tiene una transferencia de energía superior al 92 %. Las placas están fabricadas en cobre con un tratamiento selectivo (TINOX) y pueden utilizarse a una temperatura máxima de 250° C, tienen un rendimiento óptico del 75 % y un coeficiente de pérdidas de calor de 2,9 W/m²°C.

Los potenciales ahorros obtenidos dependerán de la tasa deseable de cobertura de la energía solar. Ahorros habituales oscilan alrededor del 50% y el 70 % dependiendo de las condiciones climáticas y de la demanda de energía. Ello significa que el consumo de energía en la caldera se puede reducir, se consumirán menos combustibles fósiles y por ende se emitirá menos CO₂.

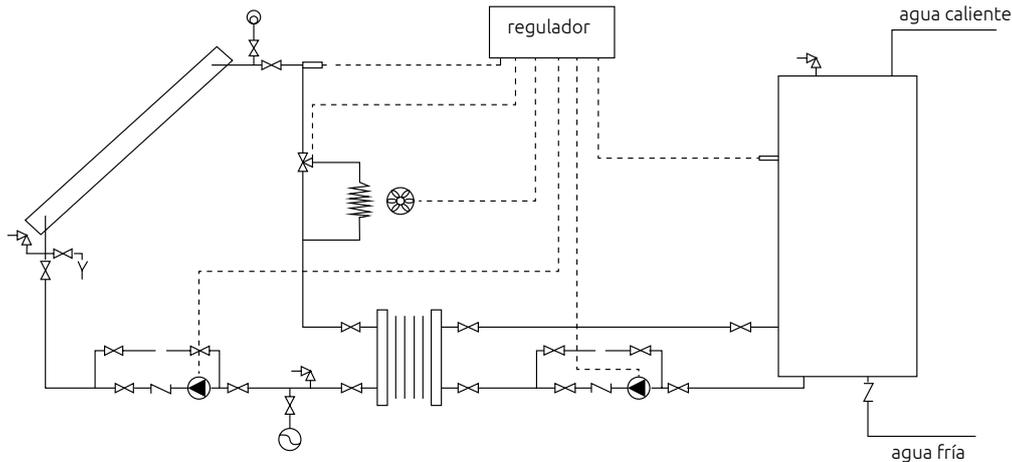


Figura 21. Esquema de sistema térmico solar IMS (CPC solar).

4.11. Iluminación

En los subsectores industriales contemplados en el proyecto TESLA se utiliza una gran cantidad de iluminación en el interior de los edificios. Actualmente, se emplea una gran variedad de lámparas, principalmente lámparas de descarga de gases (fluorescentes, de sodio de alta presión o de vapor de mercurio) o tecnologías halógenas. Algunos de estos dispositivos son muy ineficientes y pueden ser fácilmente reemplazados por otros que utilizan la nueva tecnología LED. Esta tecnología

LED tiene una vida útil más larga (más de 50.000 horas), menos mantenimiento, un rendimiento en color del 80 % , una temperatura de color de 4.000 K, y un ahorro energético de hasta un 75 % (en comparación con las lámparas de descarga de gas o halógenos). Su flujo de iluminación es 10.000 lm (para 110 W) y 20.000 lm (para 210 W). Además, su instalación es muy fácil gracias al estudiado diseño de los LED. La siguiente tabla muestra el ahorro de energía si se considera una sustitución de lámparas fluorescentes por LED.

TABLA 7. AHORRO DE ENERGÍA OBTENIDO.

SITUACIÓN ACTUAL	SITUACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	REDUCCIÓN DE CONSUMO
2x18W Tubos fluorescentes (42W de potencia total instalada considerando un balasto electromagnético)	LED18S (19W)	54%
2x58W Tubos fluorescentes (136W de potencia total instalada considerando un balasto electromagnético)	LED60S (57W)	58%
Lámpara de vapor de mercurio de 250W (potencia instalada total 268 W teniendo en cuenta los equipos auxiliares)	BY120P (110 W)	58%
Lámpara de vapor de mercurio de 400 W (potencia instalada total 428 W teniendo en cuenta los equipos auxiliares)	BY121P (210 W)	51%

Fuente: Philips

4.12. Baterías de condensadores para reducir la energía reactiva

Muchos dispositivos, tales como los motores o las lámparas de descarga, necesitan un campo electromagnético para funcionar. Dado que no todos los motores operan a carga nominal, se produce un consumo de energía reactiva que se paga dentro de la factura de electricidad. Este consumo de energía reactiva se puede evitar mediante el uso de baterías de condensadores.



Figura 22. Baterías de condensadores.

Existen baterías de condensadores para diferentes potencias, desde 7,5 kVAr a 1.120 kVAr que se instalan junto al transformador de energía de las instalaciones. La compensación del factor de potencia se hace generalmente para todas las máquinas de la instalación.

Esto es más una medida de ahorro económico que una medida de ahorro energético, aunque este equipo también suponga beneficios para la red eléctrica debido al aumento de la capacidad de transmisión de energía de la red.

4.13. Alta eficiencia en los transformadores de potencia

Todas las instalaciones industriales tienen un transformador de potencia para convertir la electricidad que proviene de la red. Sin embargo, en las instalaciones antiguas los transformadores son también muy antiguos, usan aceite y su eficiencia no es tan alta como sería deseable. Cuanto peor sea la situación actual de un transformador, mayor será su consumo energético. De ahí que esta medida se recomiende especialmente en aquellas industrias que tienen muchas horas de funcionamiento anual, tales como fábricas de piensos o plantas de procesamiento de frutas y verduras.

Los transformadores secos reducen las pérdidas del trans-

formador hasta en un 70 %, son seguros, apenas requieren mantenimiento, y tienen una excelente capacidad para soportar las sobrecargas y una excelente resistencia a los cortocircuitos.

4.14. Herramientas de gestión

Las industrias emplean una gran cantidad de dispositivos eléctricos para desarrollar sus procesos. En consecuencia, a lo largo de las instalaciones se distribuyen una gran cantidad de dispositivos eléctricos, y es muy complicado conseguir que todos estén en correctas condiciones de funcionamiento con el máximo de eficiencia. El control y la supervisión de todos los procesos desde un punto de vista energético permiten que se tomen las mejores decisiones para mejorar la eficiencia energética.

Un software de gestión energética se estructura con sensores en los procesos, con una red de comunicaciones, y con un programa de software que permite la gestión, el seguimiento y el uso de información para mejorar los consumos de energía en las diferentes instalaciones.

Se recomienda el uso de estas herramientas para la instalación de un sistema de gestión de calidad energética en una industria, todo ello conforme a los requisitos de las normas EN 16.001/ISO 50.001.



Figura 23. Panel de control.

5. CONCLUSIONES

En los últimos años, la eficiencia energética y las medidas de ahorro energético son objetivos de los países europeos, en general, y de la industria agroalimentaria en particular. La mejora de la eficiencia energética contribuirá a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y los costes de producción. Son varios los factores que influyen en el consumo de energía, y tal como se ha mostrado en este documento, hay diferencias importantes en el consumo de energía durante las diversas fases del proceso de producción del aceite de oliva.

Como conclusión, en las almazaras, es necesario optimizar el consumo de energía, con lo que se mejorará la eficiencia energética y se contribuirá a reducir los costes de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero. Con el estudio del consumo de energía a lo largo de las diversas fases de la producción y con el conocimiento del balance de energía, es posible identificar los puntos críticos del proceso para así utilizar técnicas adecuadas.

En las almazaras es posible mejorar la eficiencia energética fundamentalmente con algunas intervenciones en el equipamiento, iluminación, automatización y el uso del orujillo

como combustible para las calderas de biomasa. También el uso de material aislante en las tuberías de transporte de agua caliente puede reducir significativamente las pérdidas de calor y por lo tanto disminuir el consumo de energía. Otro aspecto importante es la utilización de un equipo diseñado correctamente en función del volumen producción. Por último, un mantenimiento correcto y frecuente de los equipos también es muy importante para facilitar el ahorro de energía.



6. REFERENCIAS

- Agencia para el Aceite de Oliva
- Anuario de Estadística. 2011. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 1189 pp
- AFIDOL. 2012. *Le marché de l'huile d'olive: situation & perspectives* 11/04/2012.
- Cooperativas agro-alimentarias. 2010. *Almazaras: manual de ahorro y eficiencia energética del sector (Olive oil mills: handbook of efficiency and energy saving in the sector)*. EU project CO2OP, 2010
- Di Giovacchino, L., N. Constantini, M. L. Ferrante, e A. Serraiocco. 2002. "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*, p: 179-186.
- GPP. 2013. *Programa de desenvolvimento rural do continente 2014-2020. Diagnóstico – Análise preliminar*. 147 pp.
- INE. 2012. *Estadísticas Agrícolas 2011*. Instituto Nacional de Estadística, I.P.. 171 pp.
- INEA. 2012. *Anuario dell'Agricoltura Italiana. Volume LXV*. Istituto Nazionale di Economia Agraria, Roma. 553 pp.
- Ortego A. and Gutiérrez J.I. 2013. *IEE/12/758/SI2.644752. D 5.3: Audit and Training Proposals Report*
- Best practices collection. *TESLA project, Intelligent Energy in Europe Program*. 47 pp.
- Petrakis, C. "Olive Oil Extraction." *Chemist Press, 2006: 191-224*
- Portugal Foods. 2012. *Portugal excepcional estratégia de internacionalização do sector agro-alimentar 2012-2017*. 314 pp.

Websites:

- AICA – Agencia de información y Control Alimentarios. http://aplicaciones.magrama.es/pwAgenciaAO/OliverEspanol.aao?opcion_seleccionada=2000&idioma=ESP&numPagina=2101
- ASOLIVA, Spanish Olive Oil Exporters Association, <http://www.asoliva.com>
- Eurostat - <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>
- Eurostat - http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/international_trade/data/database
- INE – Instituto Nacional de Estadística. <http://www.ine.pt>
- IOC – International Olive Council - <http://www.internationaloliveoil.org/>
- AFIDOL – Association Française Interprofessionnelle de l'Olive - <http://www.afidol.org/>
- www.frantoionline.it



Transferring
Energy Save
Laid on Agroindustry



www.teslaproject.org
tesla@agro-alimentarias.coop



Co-financiado por el Programa de la Unión Europea
Intelligent Energy Europe