



tesla

Transferring  
Energy Save  
Laid on Agroindustry

# MANUAL de

*Eficiencia Energética  
en Bodegas*

*IEE/12/758/SI2.644752*

**Coordinador del manual:** UPM  
(Universidad Politécnica de Madrid)



Cofinanciado por el programa  
Intelligent Energy Europe de la Unión Europea

**Versión actualizada:**

Mayo de 2014

**Autores:**

Joaquín Fuentes-Pila y José Luis García.  
UPM, Universidad Politécnica de Madrid.

**Coautores:**

El presente documento ha sido redactado conjuntamente con CIRCE, UÉvora, Tecaliman y ENEA, e incluye información proporcionada por Cooperativas Agro-alimentarias, CoopdeFrance, CONFAGRI y Legacoop Agro.

**Financiación:**

Este manual se ha realizado dentro del marco del proyecto TESLA (Intelligent Energy Europe) y ha sido financiado por la Comisión Europea.

**Copyright:**

Este manual puede copiarse y distribuirse, incluyendo siempre la mención del copyright. Docentes, divulgadores u otros usuarios deben mencionar a los autores, al proyecto TESLA y al programa Intelligent Energy Europe.

***“La única responsabilidad del contenido de este manual es de los autores. El contenido no refleja necesariamente la opinión de la Unión Europea. Ni la EACI ni la Comisión Europea son responsables de cualquier uso que pueda hacerse de la información contenida en el manual”.***

The logo for the TESLA project, featuring the word "tesla" in a bold, lowercase, sans-serif font. To the right of the text is a stylized, yellow infinity symbol or a figure-eight shape.

Transferring  
Energy Save  
Laid on Agroindustry

# 0. ÍNDICE

## 1. Introducción

1.1. Características del sector vinícola	4
1.2. Marco socioeconómico del sector en Europa y en los cuatro países del proyecto TESLA	5
1.3. Producción	6
1.4. Volumen de negocio	10

## 2. Procesos típicos de la producción de vino

2.1. Recepción de la uva, despallado y estrujado	10
2.2. Fermentación alcohólica	11
2.3. Prensado y fermentación maloláctica	12
2.4. Clarificación y estabilización	13
2.5. Embotellado, almacenamiento y expedición	14

## 3. Análisis energético del sector

3.1. Procesos y consumo de energía	16
3.2. Balance de energía (diagrama Sankey)	19
3.3. Costes energéticos	20
3.4. Características particulares del sector	20

## 4. Eficiencia energética en bodegas

4.1. Eficiencia energética en los procesos de enfriamiento	21
4.2. Envejecimiento eficiente en barricas	22
4.3. Cambio de prensas por centrifugas decantadoras	24
4.4. Motores eficientes	24
4.5. Producción de aire comprimido	26
4.6. Variadores de velocidad	28
4.7. Aislamiento	28
4.8. Calentamiento de agua o de aire	30
4.9. Iluminación	31
4.10. Baterías de condensadores para reducir la potencia reactiva	32
4.11. Optimización de la gestión	33
4.12. Centros de transformación de alta eficiencia	33

## 5. Conclusiones

## 6. Referencias

34

35

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Características del sector vinícola

La Unión Europea es la zona líder en el mercado global del vino. Con una producción anual de 175 millones de hectolitros, la Unión Europea representa el 45% del área cultivada en el mundo, el 65% de la producción de vino, el 57% del consumo y el 70% de las exportaciones (European Commission, 2008).

El mercado del vino ha evolucionado considerablemente en las últimas décadas. Se puede distinguir un periodo inicial de equilibrio, seguido por una fase de agudo incremento de la producción, con una demanda estable, y finalmente, desde los años ochenta, una constante reducción en el consumo y una marcada tendencia a la demanda de un producto de calidad.

Desde 1980 el sector del vino se tornó muy intervencionista, con restricciones a la plantación y la obligación de destilar los excedentes. La eliminación de los excedentes suponía un considerable gasto para el sector. En los últimos años de la década aparecieron incentivos económicos para el arranque de viñedos.

En los últimos años, se busca claramente la meta de alcanzar un mejor equilibrio entre el suministro y la demanda, dando a los productores la oportunidad de adaptar la producción a un mercado que pide cada vez más calidad para alcanzar una situación sostenible, en el contexto de una creciente competencia internacional debido a los acuerdos GATT.

La reforma adoptada por la Unión Europea en 2008 tuvo los siguientes objetivos:

- *Conseguir que los productores de la Unión Europea sean aún más competitivos, fortaleciendo la imagen de calidad de los vinos europeos, y recuperando cuota de mercado en Europa y en el resto del mundo*

- *Hacer más simples, claras y efectivas las reglas de manejo del mercado en este sector – para conseguir un mejor equilibrio entre producción y demanda -.*
- *Mantener las tradiciones de la producción de vino en Europa, profundizando en la función social y medioambiental del sector en las zonas rurales.*

### *1.2. Marco socioeconómico del sector en Europa y en los cuatro países del proyecto TESLA*

El sector vitivinícola representa una actividad laboral y económica muy importante que juega un papel socioeconómico clave para muchos de los países y regiones de Europa, y para la economía global de la Unión Europea en conjunto.

En 2004, la producción de vino suponía el 5,4% del valor total de la producción agrícola de la Unión Europea; en particular, en algunos países (Francia, Italia, Austria, Portugal, Luxemburgo y España) suponía aproximadamente el 10% (Comité Européen des Entreprises Vins, 2014).

El sector del vino en la CE evoluciona en un contexto extremadamente competitivo a todos los niveles (nacional, europeo e internacional), pero está compuesto fundamentalmente por pequeños productores, y por lo tanto está muy atomizado en comparación con otros sectores agroalimentarios:

- *1,3 millones de explotaciones con viñedos para la producción de vino en la CE-25 en 2005.*
- *Representando más del 20% del empleo agrícola total de la Comunidad Europea.*
- *Proporcionando empleo a más de 3 millones de personas, prevaleciendo el empleo familiar.*
- *Ocupando más de 3 millones de hectáreas de terreno.*
- *Con una media de tamaño de 2,6 ha en 2005.*

Por supuesto, la dimensión socioeconómica del sector se extiende más allá de la mera actividad agrícola, implicando además a otros subsectores (Comité Européen des Entreprises Vins, 2014):

- *La industria del vino (la actividad industrial posterior al cultivo en el viñedo), sea en cooperativas o en bodegas propiedad de una empresa, es un potente sector creador de empleo – en 2004, más de 75.000 trabajadores en la CE-25 -.*
- *También crean empleo las actividades indirectamente ligadas al sector: producción de licores o bebidas relacionadas; de botellas, envases, tapones, etc.; destilación; comercio y marketing; y turismo rural relacionado con la producción de vino.*

### *1.3. Producción*

Según las cifras de la OIV (International Organization of Vine and Wine), en 2011 la superficie mundial de cultivo de la vid se redujo en 94.000 hectáreas comparada con 2010, alcanzándose la cifra de 7.495.000 hectáreas. El total en la CE (CE-27) también disminuyó, cayendo desde 3.742.000 hectáreas en 2008 hasta 3.530.000 hectáreas en 2011. Este proceso es la combinación de una serie de factores, como la reestructuración de los viñedos y la crisis del sector del vino en ese período, afectando en general a todos los tipos de vino. Esta reducción en la CE se ha compensado con las variaciones en otras partes del mundo: reducciones en Argentina y Turquía, e incrementos en China y Australia, con una situación estable en USA y Sudáfrica (ICEX, 2012).

**TABLA 1. EL VIÑEDO EN EL MUNDO.**

ÁREA DE CULTIVO DE VIÑEDOS POR PAÍS (miles de hectareas)	2009	2010	2011	% S/TOTAL
<b>España</b>	1.113	1.082	1.032	13,8%
<b>Francia</b>	837	819	807	10,8%
<b>Italia</b>	812	798	786	10,8%
<b>Portugal</b>	244	243	240	3,2%
<b>Rumanía</b>	206	204	204	2,7%
<b>Otros países de la CE</b>	479	474	461	6,2%
<b>Total CE</b>	<b>3.691</b>	<b>3.620</b>	<b>3.530</b>	<b>47,1%</b>
<b>U.S.A.</b>	403	404	405	5,4%
<b>Turquía</b>	505	503	500	6,7%
<b>China</b>	485	490	495	6,6%
<b>Argentina</b>	228	228	218	2,9%
<b>Chile</b>	199	200	202	2,7%
<b>Sudáfrica</b>	132	132	131	1,7%
<b>Australia</b>	176	170	174	2,3%
<b>Total fuera de la CE</b>	<b>3.966</b>	<b>3.969</b>	<b>3.965</b>	<b>52,9%</b>
<b>TOTAL MUNDIAL</b>	<b>7.657</b>	<b>7.589</b>	<b>7.495</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: Datos OIV, elaboración OeMv y citados por ICEX, 2012.

Según el informe estadístico anual de la OIV, la producción global en 2011 (sin incluir mosto o zumo de uva) estuvo en torno a los 267,4 millones de hectolitros, 3 millones más que en 2010. El mayor productor es Francia, con 50,7 millones

de hl (18,7% del total), seguido por Italia, con 42,8 millones de hl (15,6%) y España, con 33,4 millones de hl (12,9%). Portugal está en la duodécima posición con 5,6 millones de hl. Estos datos se muestran a continuación en la Tabla 2.

<b>TABLA 2. PRODUCCIÓN DE VINO POR PAÍS (miles de hectolitros).</b>			
<b>PAÍS</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
<b>Francia</b>	46.269	44.381	50.764
<b>Italia</b>	47.314	48.525	42.772
<b>España</b>	36.093	35.353	33.397
<b>Portugal</b>	5.868	7.133	5.610

Fuente: Datos OIV extraídos de "OIV Vine and Wine Outlook 2010-2011"

Fuera de la CE, la producción de vino en 2011 fue ligeramente superior a la de 2010 (91 millones de hl en 2011 frente a 89,6 millones de hl en 2010). EEUU es el país no europeo con la mayor producción de vino – 19,2 millones de hl en 2011- aunque su producción fue inferior a la de 2010. Argentina mantiene la segunda plaza, con 15,5 millones de hl,

aunque su producción también fue inferior a la de 2010. China es el tercer productor fuera de la CE, con 13,2 millones de hl, seguido de Australia con 11,2 millones de hl y de Chile con 10,5 millones, en este caso con un incremento respecto a 2010.

<b>TABLA 3. PRODUCCIÓN DE VINO POR PAÍS</b> (miles de hectolitros).			
<b>PAÍS</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
<b>EEUU</b>	21.965	20.887	19.187
<b>Argentina</b>	12.135	16.250	15.473
<b>China</b>	12.800	13.000	13.200
<b>Australia</b>	11.784	11.420	11.180
<b>Chile</b>	10.093	8.844	10.464
<b>TOTAL EN EL MUNDO</b>	<b>272.098</b>	<b>264.439</b>	<b>267.434</b>

Fuente: Datos OIV extraídos de "OIV Vine and Wine Outlook 2010-2011"

#### 1.4. Volumen de negocio

Desde el punto de vista económico, el sector del vino tiene un papel muy importante en la economía europea. El volumen de negocio del sector debido a la actividad comercial de las empresas de los cuatro países del proyecto TESLA es:

**ITALIA** La producción en Italia alcanzó los 8.900 M€ en 2013 (datos de Mediobanca, Indagine sul settore vinicolo, abril de 2013).

**ESPAÑA** El sector generó alrededor de 4.900 M€ en 2011 (datos del Anuario de Estadística 2011, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente).

**FRANCIA** La producción en Francia alcanzó los 9.500 M€ en 2012 (datos del INSEE).

**PORTUGAL** El sector generó alrededor de 1.300 M€ en 2010 (datos de Agrogos 2010, Plano estratégico para a internacionalização do sector dos vinhos de Portugal).

## 2. PROCESOS TÍPICOS DE LA PRODUCCIÓN DE VINO

Los procesos de producción descritos en este documento abarcan desde la recepción de la uva hasta la expedición del vino, sea embotellado o a granel. Se incluye la producción de vino blanco y tinto.

### 2.1. Recepción de la uva, despallado y estrujado

Es el proceso por el cual la uva se introduce en las instalaciones. El primer lugar por donde pasa es la báscula. Al mismo tiempo se toma una muestra para comprobar la calidad de la uva recepcionada, para lo que existe un laboratorio en el que técnicos de la cooperativa miden los diferentes parámetros: estado sanita-



**Figura 1. Recepción de la uva.**



**Figura 2.** Despalillado.

rio y contenido en azúcares. La uva se descarga en la tolva de recepción, una especie de pirámide truncada invertida, que es de acero inoxidable y está provista de tornillos sinfin que transportan la uva hacia la estrujadora, que rompe el hollejo de modo que libera la pulpa y el zumo, sin separar el palillo. El trabajo mecánico sobre la uva comprende dos operaciones:

- El despalillado, que consiste en separar los granos de la parte leñosa del racimo, a esta operación también se le denomina “desrasponado”.
- El estrujado, que rompe el hollejo de modo que se libera la pulpa y el zumo.

Del despalillado sale el raspón que se elimina para desechos, ya que durante la maceración pueden transmitir olores y sabores herbáceos desagradables. Éste es transportado por una cinta sinfin y se recoge en el exterior de las instalaciones de la bodega en una tolva.

El despalillado y estrujado es diferente en la producción de vino blanco ya que, en el vino blanco, el mosto no fermenta en contacto con los hollejos, mientras que en el vino tinto sí (proceso que provoca el color en el vino tinto). El vino blanco pasa por la prensa antes de ser introducido en los depósitos; el vino tinto, sin embargo, lo hace tras haberse realizado la fermentación en los depósitos.

## *2.2. Fermentación alcohólica*

La pasta obtenida de la estrujadora es transportada mediante bombas de vendimia hasta los tanques de fermentación, donde se produce la fermentación alcohólica, mediante la cual los azúcares contenidos en el mosto se convierten en alcohol etílico. Para llevar a cabo este proceso es necesaria la presencia de levaduras, hongos microscópicos que se encuentran, de forma natural, en los hollejos (en la capa de polvillo blanco que recubre las uvas y que se llama “pruina”).



**Figura 3.** Tanques de fermentación.

El oxígeno es el desencadenante inicial de la fermentación, ya que las levaduras lo van a necesitar en su fase de crecimiento. Sin embargo al final de la fermentación conviene que la presencia de oxígeno sea pequeña para evitar la pérdida de etanol y la aparición de acético en su lugar. La fermentación alcohólica es un proceso exotérmico, es decir, que desprende energía en forma de calor. Es necesario controlar este aumento de temperatura ya que si ésta ascendiese demasiado

(25 - 30°) las levaduras comenzarían a morir deteniéndose el proceso fermentativo, por ello los depósitos constan de dos camisas de refrigeración para controlar la temperatura. Mientras se realiza la fermentación se procede al remontado que consiste en elevar el mosto hasta la cabeza de la cuba, dejándolo caer en forma de ducha, favoreciendo así la ruptura del sombrero. El gas carbónico desprendido en la fermentación es el que empuja hacia arriba los hollejos y rompe el sombrero. Esta capa hay que ir remojándola con el mosto para activar la extracción del color.

### *2.3. Prensado y fermentación maloláctica*

El producto líquido de la fermentación alcohólica pasa al prensado, donde por presión controlada se separa la fase líquida de la sólida. Se realizan dos prensadas y se diferencia entre vino de primera prensada y de segunda prensada. Estos vinos se conducen después a los depósitos. Los depósitos se llenan con vinos-mostos similares, y se dejan unos días, para que realicen la fermentación maloláctica. Este proceso consiste en la transformación del ácido málico en ácido láctico, bajando el pH, al tiempo que aumentan los polifenoles y el glicerol. Todo esto sirve para que el vino pierda acidez y gane en suavidad y aroma.



**Figura 4. Prensas.**

El proceso de la fermentación maloláctica tiene que estar controlado para evitar desviaciones en el vino, ya que las bacterias lácticas además de degradar el málico, pueden atacar a otras sustancias produciendo efectos indeseables (ácido acético). La temperatura óptima para el desarrollo de bacterias lácticas es de 20-23°C. A partir de 30°C empiezan a morir y por debajo de 15°C es difícil que acaben el proceso.

#### *2.4. Clarificación y estabilización*

Terminada la fermentación maloláctica, el vino se cambia a otros depósitos (trasiegos), y para quitar las lías, heces o

barros, que transfieren cualidades sensoriales no deseadas, se adicionará  $\text{SO}_2$  para conseguir su perfecta conservación. Tras un reposo de dos meses aproximadamente se clarifica con bentonita y gelatina, según las dosis que indican las casas comerciales a las que se recurra. El mecanismo de clarificación presenta tres fases. En la primera el agente clarificante reacciona con los turbios y partículas en suspensión, enturbiándose aún más el vino. En la segunda se forman grumos, producto de esas reacciones, dispersos por todo el seno del vino. En la tercera fase, los grumos floculan en el fondo, facilitando así su eliminación.

Posteriormente, el vino se estabiliza a una temperatura menor de cero grados y se deja reposar aproximadamente dos semanas. Este proceso origina únicamente transformaciones físicas, como la insolubilización, distinguiéndose dos tipos de precipitaciones: una de cristales correspondiente a los tartratos y otra coloidal relativa a las materias colorantes, complejos férricos y proteínas. En los vinos jóvenes estas precipitaciones son abundantes. A continuación, se puede realizar o centrifugado o filtrado, Este último se puede realizar a través de dos procesos, el primero es mediante tierras diatomeas de diferentes tamaños y el segundo a través de placas de celulosa.

Con el filtrado se pretende eliminar los microorganismos y los coloides formados, y obtener un producto limpio mejorando la calidad visual del vino.

### *2.5.Embotellado, almacenamiento y expedición*

El embotellado del vino se realizará en una zona independiente específica para este proceso. El vino se embotellará



**Figura 5.** Equipamiento de frío para estabilización.

normalmente en garrafas de PET de 5 litros y en botellas de cristal de  $\frac{3}{4}$  y 1 litro. Las operaciones de las que consta el embotellado normalmente son el llenado, el taponado y, en el caso de las botellas, el encapsulado y etiquetado. Si la expedición del vino no se produce justo después del embotellado será necesario su almacenamiento. Para ello se contará con carretillas eléctricas para el transporte en palés. En la producción de vino con envejecimiento (por ejemplo, “Reserva” o “Gran reserva”) el vino se almacena durante determinados períodos, que pueden variar según el tipo de vino (por ejemplo, 2 años en barricas de madera y 3 años en botella para “Gran reserva”).



### 3. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL SECTOR

El consumo de energía en la producción de vino en la Unión Europea es aproximadamente 1.750 millones de kWh por año, por lo que este sector es un consumidor significativo de energía. El consumo anual de energía en Francia está en torno a los 500 millones de kWh, un valor similar de 500 millones de kWh en Italia, 400 millones de kWh en España, y 75 millones de kWh en Portugal (valores estimados con datos de ICEX, 2012). En este sector, la principal fuente de energía es la electricidad (más del 90%). Se usan combustibles fósiles (principalmente gasoil o gas) para procesos térmicos (calentamiento de agua o calefacción) pero este aspecto supone menos del 10% del consumo en una instalación típica. En algunos casos, el 100% de la energía consumida es eléctrica. En las bodegas, la electricidad se utiliza para los motores eléctricos de la maquinaria (prensas, bombeo, etc.), iluminación, y en equipos de enfriamiento o climatización. Se puede destacar que en torno al 45% de la energía se utiliza en procesos de fermentación, principalmente en las enfriadoras de estos procesos. Para una instalación representativa de los cuatro países estudiados (Francia, Italia, Portugal y España), los siguientes valores generales pueden considerarse como promedio para la producción de vino tinto (sin procesos de envejecimiento), que es el tipo de producción más habitual:

- Tamaño de industria considerado representativo: 30.000 hectolitros de vino /año
- Consumo eléctrico medio: 330.000 kWh/año
- Ratio consumo eléctrico/producción: 11 kWh/ hl vino
- Ratio consumo térmico (combustible)/producción: 1 kWh/ hl vino
- Potencia instalada (centro de transformación): 800 kW
- Potencia instalada (generación de energía térmica): 20 kW de caldera, 50 kW de vehículos
- Coste de la energía eléctrica: 0,12 €/kWh
- Coste de la energía térmica: 0,07 €/kWh
- Ratio del coste de la energía: 95% electricidad / 5% energía térmica
- Estacionalidad del consumo de energía eléctrica: de agosto/septiembre a octubre/noviembre
- Estacionalidad del consumo de energía térmica: de octubre a febrero (en bodegas con consumo de combustible en calefacción)

Estudios previos (proyecto CO2OP, Cooperativas Agro-alimentarias 2011) han mostrado que el balance energético de una bodega típica tiene los siguientes valores:

- Distribución del consumo de electricidad entre las distintas fases: recepción 5%, fermentación 45%, prensado 7%, estabilización 8%, embotellado y almacenamiento 18%, actividades auxiliares 10%, iluminación 7%.
- Distribución del consumo de energía térmica:
  - 50% para embotellado, almacenamiento y expedición: para carretillas elevadoras de diesel (y vehículos de transporte en general); para agua caliente en lavado de botellas y barricas; y para pasteurización del vino, si se utiliza este proceso.
  - 50% para actividades auxiliares: calefacción y agua caliente sanitaria.

Aunque el consumo eléctrico medio de una bodega está en torno a los 11 kWh/hl, se debe destacar que este ratio puede ser muy diferente de una bodega a otra. Estudios previos han determinado que el consumo eléctrico puede variar de 3 kWh/hl a 25 kWh/hl. El tamaño de la instalación es un factor que influye en el consumo: las instalaciones grandes (producción superior a 50.000 hl/año) mostraron valores de consumo eléctrico en torno a 4 kWh/hl, mientras que las instalaciones pequeñas (producción inferior a 25.000 hl/año) mostraron consumos en torno a 16 kWh/hl. Otro factor que influye en el consumo es la calidad del vino: una

calidad superior generalmente requiere consumos de electricidad superiores, ya que las necesidades de refrigeración, por ejemplo, pueden ser mayores.

En cualquier caso, los estudios previos han detectado que bodegas de características similares pueden tener consumos muy distintos, lo que indica que existe un considerable potencial de ahorro energético en este tipo de instalaciones.

### *3.1. Procesos y consumo de energía*

El primer paso del proceso es la recepción de la vendimia y el despalillado. El consumo energético en estos procesos es eléctrico en su totalidad y se debe a la acción de los motores de la tolva y la despalilladora, y al aire comprimido del refractómetro utilizado para la toma de muestra de los remolques, así como de los equipos necesarios para medir los parámetros de calidad de la uva recepcionada.

El siguiente proceso es la fermentación alcohólica. El consumo energético en esta fase es eléctrico y se debe a las bombas que mueven el vino en los depósitos y al equipo de frío que se utiliza para mantener una adecuada temperatura para la elaboración.

Tras la fermentación alcohólica se procede al descube y al prensado. El consumo energético en este proceso es eléctrico y se debe a los motores implicados en el vaciado de los depósitos, la bomba que imprime la presión necesaria para el transporte de la pasta a la prensa, al aire comprimido utilizado en las prensas, los motores de las cintas, las prensas y a la carretilla elevadora eléctrica que se utiliza. A continuación se procede a la fermentación maloláctica. El consumo energético en esta fase se debe al equipo de frío o de calor utilizado para el control de la temperatura, factor condicionante de esta fase. Para finalizar la elaboración se llevan a cabo los trasiegos, la clarificación-filtración, el embotellado, y el almacenamiento y la expedición. En estas fases finales el consumo energético es eléctrico y se debe al funcionamiento de bombas, carretillas elevadoras, embotelladora y a la generación de aire comprimido.

La pasteurización del vino no es habitual, pero se utiliza como alternativa a la estabilización. La pasteurización tiene un consumo eléctrico inferior, pero un consumo térmico superior a la estabilización convencional por frío. Desde un punto de vista cuantitativo, los procesos de enfriamiento (en las fermentaciones alcohólica y maloláctica, estabilización, y otros) son claramente los procesos que consumen más energía en bodegas. Estos procesos suponen casi el 50% del consumo energético.

Además del procesado del producto, parte del consumo de energía se produce en “tecnologías horizontales” o procesos auxiliares como:

- Iluminación general: tanto en el interior como en el exterior de la instalación.
- Calefacción o aire acondicionado.
- Oficinas, con consumo de energía en: ordenadores, impresoras, faxes, etc.
- Tienda: con un consumo variable dependiendo de los equipos instalados.
- Laboratorio de calidad del vino: con diferentes procesos y equipos de laboratorio como espectrofotómetros, hidrómetros, etc.

Las tecnologías utilizadas en los procesos ofrecen con frecuencia oportunidades de ahorro energético. En algunos casos, los equipos de automatización están conectados a un ordenador, y la información generada se almacena; el análisis de esta información puede mostrar aspectos a mejorar. Un adecuado mantenimiento también es importante para conseguir un buen nivel de eficiencia energética.

**TABLA 4. VALORES TÍPICOS DE LOS PROCESOS (CON LAS TECNOLOGÍAS MÁS HABITUALES)  
EN UNA BODEGA DE 30.000 HECTOLITROS DE VINO AL AÑO.**

<b>PROCESO</b> (orden secuencial)	<b>TECNOLOGÍA HABITUAL</b> (entre corchetes [ ] tecnología alternativa)	<b>Potencia eléctrica instalada (kW)</b>	<b>Consumo eléctrico (kWh/hl)</b>	<b>Potencia térmica instalada (kW)</b>	<b>Thermal energy consumption (kWh/hl)</b>
<b>Recepción</b>	Tolvas de recepción, tornillos sinfín y motores eléctricos	57			
<b>Despallido y estrujado</b>	Despallidora, estrujadora, motores eléctricos	64	0,55	0	0
<b>Fermentación alcohólica</b>	Enfriadoras, motores eléctricos	276	5	0	0
<b>Prensado</b>	Enfriadoras de la fermentación maloláctica, bombeo, motores eléctricos	76	0,75	0	0
<b>Estabilización</b>	Enfriadoras para estabilización, bombeo, motores eléctricos [Pasteurización, bombeo, motores eléctricos]	91 [25]	0,90 [0,10]	0 [116]	0 [1,75]
<b>Embotellado, almacenamiento y expedición</b>	Motores eléctricos, carretillas elevadoras	102	1,95	50	0,5
<b>Iluminación</b>	Fluorescentes	10	0,75	0	0
<b>Procesos auxiliares</b>	Aire acondicionado, caldera de calefacción o de agua caliente	124	1,10	20	0,5
<b>TOTAL</b>		800	11	70	1

Fuente: Cooperativas Agro-alimentarias, 2010.

### 3.2. Balance de energía (diagrama Sankey)

El balance de energía de una bodega representativa, de 30.000 hl de vino/año, se muestra en la Figura 6 en forma de diagrama Sankey.

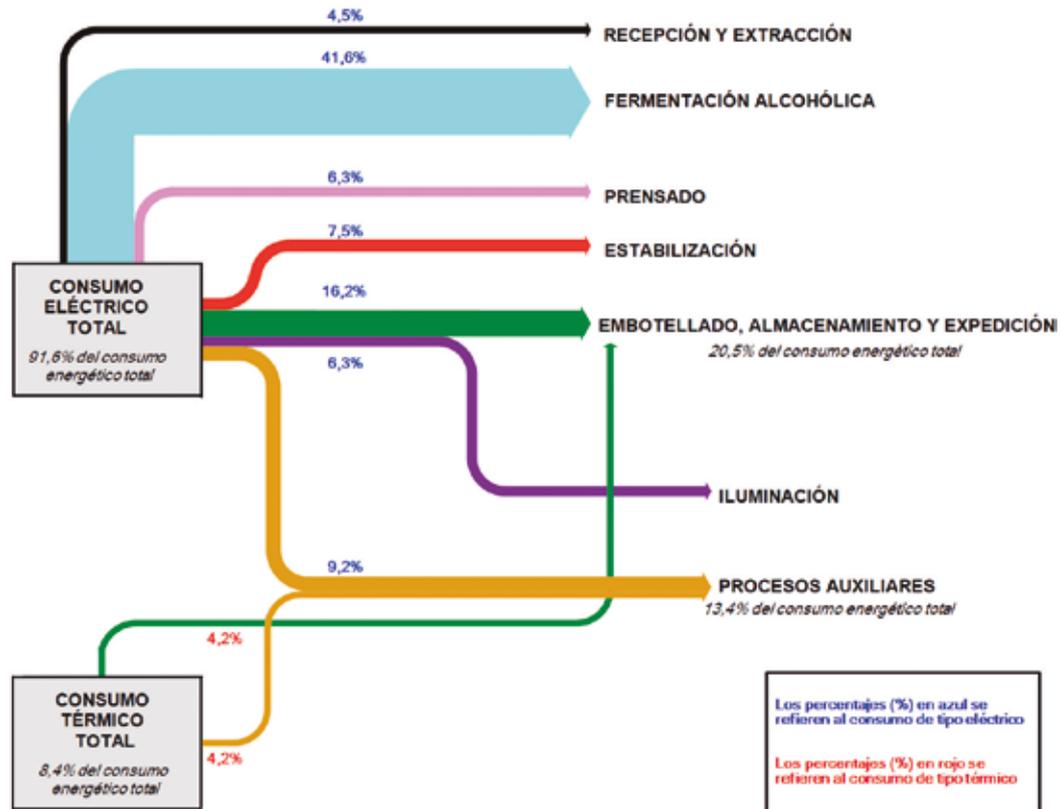


Figura 6. Diagrama Sankey de una bodega representativa

### 3.3. Costes energéticos

El marco energético es diferente en cada país europeo: el coste de la energía va a ser diferente en cada caso, dependiendo de la política energética de cada nación. La Tabla 5 proporciona referencias del coste de la energía eléctrica y térmica en una bodega representativa en los cuatro países estudiados.

**TABLA 5. COSTE DE LA ENERGÍA EN LOS CUATRO PAÍSES DEL PROYECTO TESLA**

PAÍS	Coste de la energía eléctrica (€/MWh)	Coste de la energía térmica (€/MWh)
Italia	Entre 140 y 150	Entre 30 y 40
España	Entre 120 y 130	Entre 55 y 65
Francia	Entre 60 y 110	Entre 20 y 80
Portugal	Entre 70 y 90	Entre 60 y 80

### 3.4. Particularidades del sector

El sector del vino tiene determinadas características específicas que afectan a su eficiencia energética: la primera es la estacionalidad en la producción. A causa del calendario de cosecha en los cuatro países estudiados, el consumo de energía presenta un pico entre los meses de agosto y octubre, período que incluye la recepción de la uva y los principales procesos de producción. El resto del año, muchas bodegas tienen un consumo energético mínimo, correspondiente a los procesos de almacenamiento y expedición, así como actividades auxiliares como oficinas, aire acondicionado, etc.

Un segundo aspecto específico de las bodegas es el envejecimiento de determinados tipos de vino tinto. El período de envejecimiento puede variar desde pocos días hasta años; puede realizarse en barricas, en botellas, o en tanques de acero inoxidable o incluso de hormigón. Las consecuencias de este proceso en el consumo de energía pueden ser muy importantes, ya que el vino envejece en condiciones controladas de temperatura y humedad, generalmente utilizando enfriadoras o bombas de calor durante largos períodos de tiempo.

## 4. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN BODEGAS

Las alternativas tecnológicas que pueden mejorar la eficiencia energética en bodegas se pueden clasificar en dos grupos: las tecnologías específicas de bodegas, y las “tecnologías horizontales” que pueden utilizarse en muchos otros sectores agroindustriales.

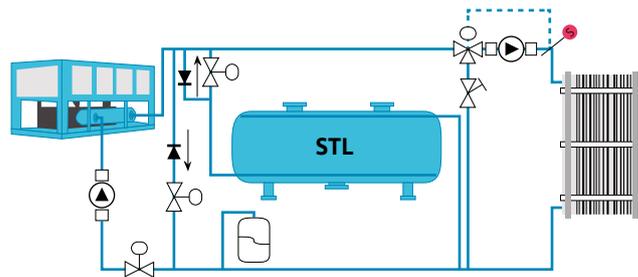
### *4.1. Eficiencia energética en los procesos de enfriamiento*

Existen varias opciones para mejorar los procesos de enfriamiento, aparte de la adquisición de equipos modernos de alta eficiencia.

#### **DESACOPLE DE LA PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE FRÍO CON EQUIPOS DE ALMACENAMIENTO DE FRÍO.**

Este concepto se basa en el uso de materiales de cambio de fase; el fluido que cambia de fase se halla en el interior de nódulos esféricos, que se colocan en depósitos de almacenamiento con agua que se congela en los períodos con menor coste de la energía eléctrica (horas valle).

La energía almacenada en forma de frío se puede usar en otro período (horas pico) o en un momento en el que se detenga la producción de frío por mantenimiento o cualquier otra causa. Este proceso se puede automatizar y optimizar. El ahorro potencial depende de cada caso, pero puede llegar a conseguirse una reducción del coste eléctrico del 70%, y se puede cambiar la potencia eléctrica contratada por una más barata, por lo que los ahorros económicos se podrán considerar también.



**Figura 7.** Esquema de un proceso de almacenamiento de frío en paralelo con el sistema de enfriamiento (CIAT)

**COMPONENTES EFICIENTES EN EQUIPOS DE ENFRIAMIENTO.** Las empresas de fabricación de equipos ofrecen diferentes modelos, generalmente con mayor eficiencia a medida que aumenta la potencia del equipo.



**Figura 8.** Equipo de enfriamiento.

Un fluido refrigerante habitual es el R134A. Determinados equipos cuentan con compresores de tornillo rotativo de alta eficiencia (en lugar de compresores de desplazamiento positivo con pistones) y nuevos evaporadores en los que los condensadores están fabricados con aleaciones de aluminio de excelentes propiedades térmicas. Además, tienen instalados variadores de velocidad en compresores y ventiladores, permitiendo la regulación del consumo de energía en situaciones de carga del 25% al 100%. También, están equipados con arrancadores electrónicos para reducir los picos de consumo en el arranque.

#### *4.2. Envejecimiento eficiente en barricas*

El envejecimiento del vino se realiza habitualmente en barricas de madera, y la demanda de energía en el proceso es alta debido al necesario control de la temperatura y humedad en la sala. A continuación se describen dos técnicas de eficiencia energética.

### **PRODUCCIÓN DE FRÍO CON ENERGÍA GEOTÉRMICA.**

El intercambio térmico con el terreno es muy eficiente, respecto al intercambio con el aire exterior; por ejemplo en verano las altas temperaturas del aire exterior no son propicias para el intercambio con equipos de frío, mientras que la temperatura del terreno es casi constante.

La tecnología geotérmica permite a las bodegas optimizar tanto los procesos de frío como los de calefacción; se puede suministrar frío y calor en procesos, acondicionamiento de salas o deshumidificación de aire.

Este proceso puede ser especialmente interesante es salas para el envejecimiento del vino.

Además, se pueden instalar variadores de velocidad en los motores eléctricos de este tipo de procesos. Con energía geotérmica, los equipos de frío pueden llegar a tener valores de EER (ratio de eficiencia energética) cercanos a 4, mientras que un equipo convencional puede tener un EER próximo a 1,5.

### **RECUPERACIÓN DE ENERGÍA EN PROCESOS DE CONDENSACIÓN.**

Existen varios equipos que se pueden utilizar en salas de almacenamiento o envejecimiento de vino, en las cuales se controla la humedad y la temperatura, para recuperar el calor que se pierde en la condensación del vapor del aire en el proceso de control de la humedad relativa. Estos equipos le permiten al enólogo controlar la temperatura y la humedad en la bodega, en función de las características del vino.

Estos equipos de tratamiento del aire usan máquinas de refrigeración y bombas de calor, y tienen distintas etapas para tratar las condiciones ambientales. Los equipos deben estar bien sellados, y tener una baja transmitancia térmica, así como un bajo puente térmico para reducir las pérdidas.

Estos equipos también se pueden combinar con la instalación de variadores de velocidad en ventiladores, y el conjunto se puede optimizar con los equipos de automatización adecuados. El ahorro de energía depende de la situación previa, pero estas tecnologías pueden conseguir una eficiencia energética superior en un 20% respecto a los equipos previos.

### 4.3. Cambio de prensas por centrífugas decantadoras

En la producción de vino, el prensado de la uva es uno de los procesos clave. Normalmente se realiza con prensas neumáticas o mecánicas. Actualmente existe una alternativa: el uso de centrífugas decantadoras, que pueden separar en un proceso continuo el mosto del material sólido. La fuerza centrífuga presenta determinadas ventajas respecto al proceso mecánico: la separación de las partículas sólidas es mejor, lo que reduce los tratamientos posteriores. Existen centrífugas decantadoras para capacidades de 50 ton/hora, para casi todos los tipos de uva. Además, el uso de estos equipos puede reducir el número de trasiegos, lo que reduce el consumo de energía en bombeo.

No existe información sobre el ahorro de energía que se puede conseguir con esta tecnología. La estimación del ahorro es complicada ya que afecta a varios procesos (prensado, bombeo, etc.). Parece una alternativa a evaluar en bodegas nuevas o en caso de necesidad de sustitución del equipo de prensado convencional.

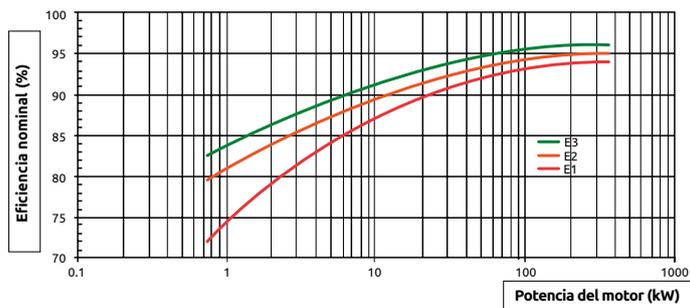
### 4.4. Motores eficientes

El consumo de un motor eléctrico depende de varios factores. Para aprovechar al máximo el potencial del motor, se debe optimizar el conjunto global del cual es parte, y luego tratar de optimizar el funcionamiento del propio motor. Se pueden considerar los siguientes aspectos:

**MOTORES DE ALTA EFICIENCIA.** La eficiencia energética de los motores está clasificada en la normativa IEC 60034:2007. De acuerdo a esta clasificación, hay cuatro 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. Ésta obliga al uso de motores más eficientes: IE2 desde el 16 de junio de 2011; IE3 desde el 1 de enero de 2015 para motores desde 7,5 hasta 375 kW; e IE3 desde el 1 de enero de 2017 para motores desde 0,75 hasta 375 kW.

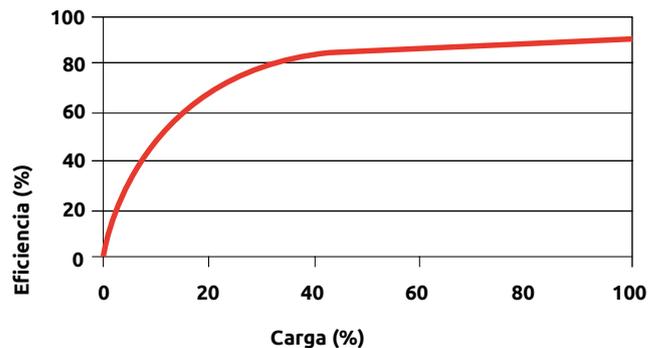


**Figura 9.** Comparación de las curvas de eficiencia energética de los diferentes niveles de motores (CIRCE, 2013).

### ADECUADO DISEÑO DE LA POTENCIA DEL MOTOR.

La máxima eficiencia del motor se consigue con niveles de carga entre el 60% y el 100% de la carga nominal. La eficiencia del motor de inducción tiene un máximo alrededor del 75% de la carga nominal. Por debajo de un 40% de la carga

nominal, el motor no trabaja en condiciones adecuadas y la eficiencia baja drásticamente. Sin embargo, determinados motores (generalmente de gran potencia) pueden trabajar por debajo del 30% de la carga nominal con eficiencia razonable. La relación entre la eficiencia del motor y la situación de carga se muestra en la Figura 10.



**Figura 10.** Eficiencia de un motor eléctrico en función del nivel de carga (BREF, 2009).

**CONTROL DE LOS MOTORES.** El objetivo es reducir al mínimo las situaciones de funcionamiento en vacío (motores funcionando sin proceso del producto) por ejemplo con sensores de presencia, temporizadores, u otros auto-

matismos. El resultado es la parada del motor cuando su funcionamiento no es necesario. La desconexión la realiza el contactor en la línea eléctrica del motor.

Otra posibilidad es la regulación de la velocidad de giro del motor con un variador de velocidad, proceso que típicamente puede producir un significativo aumento de la eficiencia energética. Con carga variable, el variador puede modificar el consumo eléctrico desde un aumento del 4% a una reducción del 50%. El aumento del 4% corresponde al uso del variador sin que en la práctica se modifique la velocidad de giro.

Los equipos de transmisión, incluyendo todo tipo de engranajes o poleas, deben tener el diseño adecuado y un correcto mantenimiento puesto que la transmisión de la potencia desde el motor a la máquina acoplada puede ser una fuente de pérdidas. Estas pérdidas pueden variar del 0 al 45%. La conexión directa es en principio la mejor opción cuando sea posible técnicamente.

#### *4.5. Producción de aire comprimido*

Muchas bodegas tienen sistemas de aire comprimido en diferentes procesos: prensas, equipos de frío, transporte de productos, etc. La producción del aire comprimido la rea-

lizan compresores de distintos equipos comerciales. La eficiencia de estos equipos también se puede mejorar con las medidas descritas a continuación.

**DISEÑO OPTIMIZADO.** Muchos sistemas de aire comprimido no tienen un diseño actualizado. La instalación de compresores y equipos adicionales en varias fases sobre la instalación inicial da como resultado con frecuencia un funcionamiento poco adecuado. Un parámetro fundamental del sistema es la presión, que debe ser capaz de dar servicio al conjunto de necesidades al 95%, usando un pequeño dispositivo de incremento de la presión para el resto. Otro aspecto fundamental es el dimensionamiento de las tuberías y la posición de los compresores. Un sistema bien diseñado debe tener pérdidas de presión inferiores al 10% de la presión del compresor, en el punto de uso.

**VARIADORES DE VELOCIDAD Y VOLÚMENES DE ALMACENAMIENTO.** Siempre que las necesidades de aire comprimido fluctúen (sea a lo largo del día o entre diferentes días) la instalación de variadores de frecuencia y volúmenes de almacenamiento ayudarán a reducir el consumo de energía del sistema. Los ahorros pueden llegar a ser del 30%; la

media de ahorro en un compresor al que se instala un variador de velocidad es del 15%. Por otro lado, el volumen de almacenamiento reduce las variaciones de presión, y permite cubrir picos de demanda. Los variadores de velocidad acoplados a compresores proporcionan una presión más estable, un factor de potencia más alto (se reduce la potencia reactiva) y un arranque más suave que aumenta la vida útil del compresor.

#### **REDUCCIÓN DE LOS ESCAPES DE AIRE COMPRIMIDO.**

La reducción de los escapes de aire comprimido supone con frecuencia una de las mayores posibilidades de mejora. Los escapes son proporcionales a la presión del sistema; se mantienen 24 horas al día, no sólo cuando el sistema está en producción. El porcentaje de capacidad del compresor perdido debido a los escapes puede ser inferior a un 10% en un sistema con buen mantenimiento, y superior a un 25% en un sistema con mal mantenimiento, especialmente si ha tenido ampliaciones. Por lo tanto, los programas de mantenimiento preventivo en estos sistemas deben incluir medidas de prevención de los escapes y comprobaciones periódicas contra los mismos. Una medida adicional consiste en reducir en lo posible la presión existente en el sistema; a menor presión, menores pérdidas por escapes.

**ALIMENTACIÓN DEL COMPRESOR CON AIRE FRÍO EXTERIOR.** Por razones termodinámicas, la compresión de aire caliente requiere más energía que la compresión de aire frío. Por ello, es conveniente alimentar el compresor con aire frío exterior, colocando un conducto entre el exterior y la entrada de aire del compresor, o la instalación completa de aire comprimido. Conviene que la entrada de aire exterior esté en el lado norte, o al menos sombreada la mayor parte del tiempo.

**OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE PRESIÓN.** Cuanto menor sea la presión de la instalación, menores costes tendrá el sistema. En cualquier caso, es necesario asegurar que todos los consumidores de aire comprimido tengan un adecuado suministro. Una forma de ajustar la presión a bajo coste es utilizar presostatos mecánicos. También se puede regular la presión con un compresor con regulación de la velocidad de giro, adaptando esta velocidad a la necesidad de aire comprimido de cada momento.

#### 4.6. Variadores de velocidad

Los variadores de velocidad se pueden utilizar en muchos procesos a carga variable: bombas centrífugas, ventiladores, molinos, tolvas, cintas transportadoras, compresores, etc.

Con el variador, el consumo de energía del motor eléctrico es menor a carga variable, ya que se adapta el giro del motor a las necesidades en cada momento.

Los variadores de velocidad o variadores de frecuencia regulan la velocidad de giro del motor, convirtiendo el voltaje y la frecuencia fijos de la red en parámetros variables. La velocidad de giro del motor es proporcional a la frecuencia de la corriente; si se regula además el voltaje, se puede cambiar el par aplicado. El resultado es que se puede regular el funcionamiento del motor en función de variables externas: temperatura, flujo, o nivel de carga.

El ahorro de energía conseguido depende de varios factores, entre ellos el número de horas de funcionamiento anual. El consumo energético de un motor trabajando con o sin variador de frecuencia puede diferir en hasta un 50%.



**Figura 11.** Variador de velocidad.

#### 4.7. Aislamiento

En varios sectores del proyecto TESLA, es necesario transportar calor o frío; esto ocurre, por ejemplo, en las fermentaciones con refrigeración, en las cuales se transporta por tuberías un fluido a baja temperatura desde las enfriadoras a los tanques de fermentación; o en calderas, desde las cuales se envía agua caliente o vapor a los puntos donde se precisa. En estos casos, el mantenimiento de los materiales aislantes es muy importante para evitar pérdidas térmicas o condensaciones. Se deben seguir varias recomendaciones: evitar la corrosión, proteger frente a la radiación UV, mantener seco

el material (prestando atención a posibles escapes de líquido que puedan afectar al material aislante). El material debe ser flexible y fácil de instalar, y con muy baja conductividad térmica (hasta  $0,04 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ ). Generalmente los aislantes trabajan con temperaturas entre  $-50^{\circ}\text{C}$  y  $110^{\circ}\text{C}$ .

**AISLAMIENTO DE VÁLVULAS.** En relación con los conceptos anteriores, las fijaciones, válvulas y puntos singulares de las conducciones son sitios donde el aislamiento térmico puede ser deficiente. Existen elementos aislantes específicos para estos puntos. Considerando una temperatura de la válvula de  $150^{\circ}\text{C}$ , temperatura de la sala  $20^{\circ}\text{C}$ , y tamaño de válvula  $150\text{mm}$ , se calcula que el ahorro de energía potencial instalando un aislamiento móvil sobre la válvula puede ser de  $970\text{W}$  (BREF, 2009). Además, como regla general, cualquier superficie que alcance temperaturas superiores a  $50^{\circ}\text{C}$  y tenga riesgo de contacto con personas, debería aislarse por seguridad.

**AISLAMIENTO DE TUBERÍAS.** El ahorro potencial va a depender de: longitud y diámetro de la tubería (o superficie a aislar), temperatura interior y exterior, y conductividad y espesor del material aislante. Un ejemplo: dos

tuberías que transportan un fluido caliente, en un caso con material aislante y en el otro sin él. En ambos casos, la temperatura del fluido es  $60^{\circ}\text{C}$ , la temperatura del aire es  $15^{\circ}\text{C}$ , la longitud de la tubería  $350 \text{ m}$ , el diámetro de la tubería  $150 \text{ mm}$ , y el material aislante es poliuretano de  $31 \text{ mm}$  de espesor y conductividad térmica  $0,04 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ . La comparación entre las dos situaciones muestra que las pérdidas de energía se reducen con el aislamiento en un  $85\%$ ; el ahorro de energía por este concepto puede ser muy significativo con costes muy bajos.

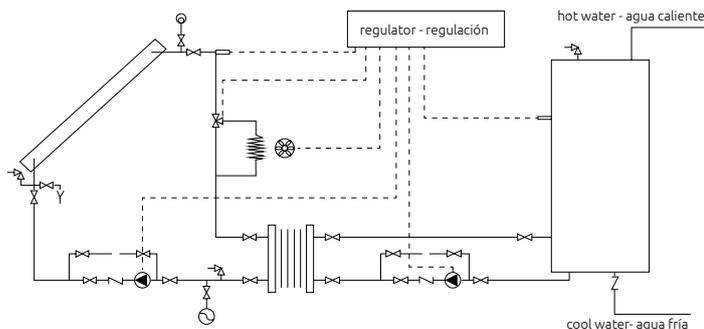


**Figura 12.** Aislamiento de tuberías en buenas condiciones.

#### 4.8. Calentamiento de agua o de aire

En las bodegas se suele precisar agua caliente en varios procesos: agua caliente sanitaria, agua para lavado, calefacción o producción de vapor. Existen varias opciones para el calentamiento de agua, algunas de las cuales se presentan a continuación.

**ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA.** Una opción es utilizar colectores solares de alta eficiencia equipados con vidrio de alta transparencia (superior al 92%) y con un absorbedor en cobre con tratamiento selectivo (TINOX) que presentan valores de rendimiento máximo del 75% y coeficiente de transmisión del calor de  $2,9 \text{ W/m}^2\text{C}$ .



**Figure 13.** Esquema con energía solar térmica IMS (CPC solar).

El ahorro energético que se puede conseguir depende de la radiación solar de la zona. Valores habituales de ahorro son del 50 - 70% dependiendo del clima y de la demanda de energía. El ahorro de energía se traduce en un menor consumo de combustible en la caldera.

#### RECUPERACIÓN DE CALOR EN COMPRESORES DE AIRE.

La mayoría de la energía eléctrica consumida por un compresor de aire se convierte en calor, y se disipa en el exterior de la bodega. En algunos casos, la instalación de una unidad recuperadora de calor puede recobrar un alto porcentaje de este calor disponible, aplicándolo en calentamiento de aire o de agua. Hay dos tipos de sistemas de recuperación:

- Aire caliente: el calor recuperado se puede utilizar en calefacción u otros procesos. El sistema consiste en pasar aire ambiente a través del compresor, con lo cual este aire se calienta. Las únicas modificaciones que se requieren son la instalación de conductos y, en algunos casos, la instalación de ventiladores. El sistema se puede regular con un termostato.

- Agua caliente: en algunos modelos de compresores, es posible acoplar un intercambiador de calor por agua para extraer el calor sobrante del proceso del compresor. El agua caliente generada se puede utilizar en cualquiera de las necesidades de la bodega; el sistema produce, dependiendo del modelo, agua potable o no potable. Si no se demanda agua caliente, el sistema vuelca el calor en el disipador convencional del compresor.

Muchos compresores comerciales permiten acoplar los recuperadores de calor descritos. Un sistema bien diseñado puede recuperar aproximadamente el 50 - 90 % del calor disponible.

**RECUPERACIÓN DE CALOR CON ECONOMIZADORES O CONDENSADORES.** En calderas es posible instalar economizadores para recuperar el calor de los gases de escape. Este tipo de instalaciones reduce el consumo de energía global de la caldera. El economizador es un intercambiador de calor instalado en la chimenea de salida de los gases; el calor recuperado se transfiere al agua de la caldera o a otros procesos. Este tipo de instalación consigue un ahorro de ener-

gía en torno al 5% (existe un límite en la recuperación para no producir condensaciones y corrosión en la chimenea). Otra alternativa eficiente son las calderas de condensación. El proceso recupera el calor contenido en el vapor de agua de los gases de escape por la condensación del vapor. El ahorro de energía puede alcanzar el 15%.

#### *4.9. Iluminación*

En los sectores del proyecto TESLA son necesarias potentes instalaciones de iluminación. En la actualidad se instalan varios tipos de lámparas, fundamentalmente de descarga en gases (fluorescentes, vapor de sodio, vapor de mercurio), o tecnologías de halógenos. Algunas de estas lámparas son poco eficientes y pueden reemplazarse fácilmente por lámparas LED. La tecnología LED tiene mayor vida útil (más de 50.000 horas), menos mantenimiento, rendimiento en color del 80%, temperatura de color de 4.000 K, y un ahorro de energía hasta del 75% (comparados con las lámparas de descarga de gases y los halógenos). El flujo luminoso está en torno a los 10.000 lúmenes (para 110 W) y 20.000 lúmenes (para 210 W). En general, la sustitución de la lámpara es sencilla. La siguiente tabla muestra el ahorro de energía que se puede conseguir reemplazando lámparas de descarga de gases por LEDs.

**TABLA 6. AHORRO DE ENERGÍA CON LEDS.**

SITUACIÓN DE PARTIDA	ALTERNATIVA CON EFICIENCIA ENERGÉTICA	REDUCCIÓN DE LA POTENCIA
<b>Tubo fluorescente 2x18W (total instalado 42 W incluyendo el balasto)</b>	LED18S (19W)	54%
<b>Tubo fluorescente 2x58W (total instalado 136 W incluyendo el balasto)</b>	LED60S (57W)	58%
<b>Lámpara de vapor de mercurio 250 W (total instalado 268 W incluyendo equipos auxiliares)</b>	BY120P (110 W)	58%
<b>Lámpara de vapor de mercurio 400 W (total instalado 428 W incluyendo equipos auxiliares)</b>	BY121P (210 W)	51%

Fuente: Philips.

#### 4.10. Baterías de condensadores para reducir la potencia reactiva

Muchos de los receptores eléctricos, como los motores y las lámparas de descarga de gases, consumen energía reactiva, que se debe pagar en la factura eléctrica. Esta energía reactiva se puede evitar utilizando baterías de condensadores, disponibles en prácticamente todo el rango de potencias.

Se suelen instalar junto al centro de transformación o el cuadro eléctrico principal, en un equipo centralizado que compensa globalmente la potencia reactiva de toda la instalación.

En este caso, se trata de un ahorro económico más que un ahorro energético en la bodega; la compensación de la energía reactiva es beneficiosa para el ahorro de energía en la red eléctrica, no en la propia instalación.

#### 4.11. Optimización de la gestión

Las bodegas actuales son instalaciones relativamente complejas, por lo que la optimización energética de los diferentes procesos es complicada si no se cuenta con suficiente información. La monitorización y almacenamiento de información relativa al consumo de energía (y a otros aspectos) permite el análisis y optimización de la situación.

En la actualidad existen sistemas asociados a programas de ordenador de gestión energética, que incluyen sensores, una red interior de comunicaciones y un software que permite controlar, almacenar y analizar el consumo de energía.

Estas herramientas se pueden utilizar para implantar un sistema de calidad del manejo energético de acuerdo con el estándar EN 16.001/ISO 50.001.



**Figura 14.** Panel de control.

#### 4.12. Centros de transformación de alta eficiencia

Todas las bodegas cuentan con un centro de transformación para el suministro eléctrico. En algunos casos se trata de una instalación muy antigua de baja eficiencia. Las mejoras en este aspecto son más interesantes cuanto mayores son las horas de funcionamiento anuales del equipo.

Los transformadores de aislamiento seco pueden reducir las pérdidas en el equipo hasta en un 70% y su mantenimiento es más sencillo. Además, son más seguros y tienen una excelente capacidad para soportar las sobrecargas y una excelente resistencia a los cortocircuitos.



## 5. CONCLUSIONES

La Unión Europea es la zona líder en el mercado mundial del vino. El consumo de energía de este sector en la UE está en torno a los 1.750 millones de kWh al año, por lo que la producción de vino es un consumidor significativo de energía. Una bodega de 30.000 hectolitros de vino al año, seleccionada como representativa en los cuatro países del proyecto TESLA (Francia, Italia, España y Portugal), tiene un consumo eléctrico medio de alrededor de 330.000 kWh al año. Aunque el tamaño de la bodega es el principal factor respecto al consumo energético, estudios previos muestran que se producen importantes diferencias en el consumo en kWh/hl entre bodegas del mismo tipo y tamaño; esto significa que existe un importante potencial de mejora en la eficiencia energética de este tipo de instalaciones.

Desde un punto de vista cuantitativo, los procesos de generación de frío (en la fermentación alcohólica, maloláctica, estabilización, y otros) son claramente los principales consumidores de energía en bodegas; pueden suponer el 50% del consumo eléctrico. Por lo tanto, la mejora de las tecnologías de frío es el aspecto clave para la mejora de la eficiencia energética en el sector:

- Usando enfriadoras y bombas de calor con un ratio de eficiencia energética (EER) cercano a 3 o superior.
- Utilizando sistemas de almacenamiento del frío, o en procesos específicos, intercambiadores de calor.
- Especialmente en bodegas nuevas, instalando energía geotérmica conectada a las enfriadoras o bombas de calor.

Estas medidas deben seleccionarse cuidadosamente teniendo en cuenta la estacionalidad de la producción, que puede suponer un problema para la amortización de las inversiones requeridas. El número de horas anuales de funcionamiento es un parámetro clave para la rentabilidad de la sustitución de un equipo por otro más eficiente; muchas de las tecnologías expuestas ofrecen buenas posibilidades. En el diseño de nuevas bodegas hay excelentes oportunidades, como la energía geotérmica.



## **6. REFERENCIAS**

- AGROGES. *Plano estratégico para a internacionalizacao do sector dos vinhos de Portugal*, 2010.
- Cooperativas Agro-alimentarias. *Bodegas: manual de ahorro y eficiencia energética del sector (Wineries: handbook of efficiency and energy saving in the sector)*. CO2OP project, 2010.
- European Commission. *Wine sector. 2008*  
<http://ec.europa.eu/agriculture/markets/wine/>
- ICEX. *Wine in figures. 2012*  
[http://www.winesfromspain.com/icex/cda/controller/page-Gen/0,3346,1549487\\_6763472\\_6778161\\_0,00.html](http://www.winesfromspain.com/icex/cda/controller/page-Gen/0,3346,1549487_6763472_6778161_0,00.html)
- INSEE. *Compte provisoire de l'agriculture arrêté, 2013*  
[http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg\\_id=0&ref\\_id=nattef10104](http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=0&ref_id=nattef10104).
- Mediobanca. *Indagine sul settore vinicolo, 2013*  
<http://www.mediobanca.it/it/stampa-comunicazione/news/indagine-sul-sett-vinicolo.html>
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Spain. *Anuario de estadística, 2011*  
<http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/>
- Comité Européen des Entreprises Vins. *About the EU wine sector, 2014*  
<http://www.cee.v.be/about-the-eu-wine-sector>

tesla

Transferring  
Energy Save  
Laid on Agroindustry



[www.teslaproject.org](http://www.teslaproject.org)  
[tesla@agro-alimentarias.coop](mailto:tesla@agro-alimentarias.coop)



Cofinanciado por el programa  
Intelligent Energy Europe de la Unión Europea