

**Medidas de eficiencia energética  
en el sector agroindustrial. Volumen 1:**  
**Centrales Hortofrutícolas**  
**Almazaras**  
**Bodegas**



Fuente: CIRCE (Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos). Diagnóstico de la demanda energética del sector agrario y análisis de oportunidades alternativas al consumo actual" . diciembre 2017.

## Sumario

|   |  |
|---|--|
| 1. Medidas de eficiencia energética generales.....1   |  |
| 1.1. - Eficiencia energética en motores.....1   |  |
| 1.1.1. Motores de alta eficiencia.....1   |  |
| 1.1.2. Adecuación y diseño de la potencia del motor<br>.....2                                     |  |
| 1.1.3. Control de los motores.....2   |  |
| 1.2. Incorporación de variadores de velocidad.....2   |  |
| 1.3. Eficiencia energética en instalaciones de aire<br>comprimido.....3                           |  |
| 1.3.1. Recuperación del calor de refrigeración.....3  |  |
| 1.3.2. Variadores de velocidad y volúmenes de<br>almacenamiento.....3                             |  |
| 1.3.3 Reducción de los escapes de aire comprimido.<br>.....4                                      |  |
| 1.3.4. Alimentación del compresor con aire frío<br>exterior.....5                                 |  |
| 1.3.5. Optimización del nivel de presión.....5  |  |
| 1.4. Eficiencia energética en la generación de calor 5  |  |
| 1.4.1. Medidas de eficiencia generales en<br>generadores de calor.....5                           |  |
| 1.4.2. Recuperador de calor en compresores de aire6   |  |
| 1.4.3. Energía solar térmica.....6  |  |
| 1.5. Aislamiento en sistemas térmicos.....6   |  |
| 1.6. Baterías de condensadores para reducir la<br>potencia reactiva.....6                         |  |
| 1.7. Transformadores eléctricos.....7   |  |
| 1.7.1. Control de pérdidas en transformadores.....7   |  |
| 1.7.2. Renovación de instalaciones.....7  |  |
| 1.8. Herramientas de gestión energética.....8   |  |
| 1.8.1. Implantación de un sistema de gestión<br>Energética según ISO 50.001.....8                 |  |
| 1.8.2. Implantación de un sistema monitorización<br>energética.....9                              |  |
| 2. Medidas de eficiencia energética específicas en<br>Centrales hortofrutícolas.....11            |  |
| 2.1. Eficiencia energética en la generación de calor<br>.....11                                   |  |
| 2.2. Eficiencia energética en la producción de frío 11  |  |
| 2.2.1. Utilización de componentes eficientes en<br>equipos de enfriamiento.....11                 |  |
| 2.2.2. Mejora del aislamiento en cámaras<br>frigoríficas.....12                                   |  |
| 2.2.3. Desacoplamiento de la producción y consumo<br>de frío con equipos de almacenamiento.....12 |  |
| 3 Medidas de eficiencia energética específicas en<br>almazaras.....13                             |  |
| 3.1. Utilización de biomasa en las calderas de las<br>almazaras.....13                            |  |
| 3.2. Instalación de molinos tipo Listellos en lugar de<br>uno de criba.....13                     |  |
| 3.3. Mejora en el proceso de separación.....13  |  |
| 3.4. Proceso de decantación mediante tanques en<br>lugar de centrifugadoras verticales.....14     |  |
| 3.5. Limpieza del aceite por decantación mecánica:<br>Oleosim.....14                              |  |
| 4. Medidas de eficiencia energética específicas en<br>bodegas.....15                              |  |
| 4.1. Eficiencia energética en la producción de frío 15  |  |
| 4.1.1 Utilización de componentes eficientes en<br>equipos de enfriamiento.....15                  |  |
| 4.1.2. Mejora del aislamiento en cámaras<br>frigoríficas.....15                                   |  |
| 4.1.3. Desacoplamiento de la producción y consumo<br>de frío con equipos de almacenamiento.....15 |  |
| 4.2. Envejecimiento eficiente en barricas.....15  |  |
| 4.2.1 Producción de frío con energía geotérmica...15  |  |
| 4.2.2. Recuperación de energía en procesos de<br>condensación.....16                              |  |
| 4.3. Cambio de prensas por centrífugas<br>decantadoras.....16                                     |  |

## 1. Medidas de eficiencia energética generales

Se detallan a continuación una serie de medidas de aplicación en sistemas transversales en el sector agroindustrial, que no son específicos de ninguna tipología de planta de producción en concreto, sino que suelen dar a apoyo a otros procesos. Es el caso de medidas en motores, sistemas de aire comprimido, generadores de frío o calor o la propia gestión de la energía.

### 1.1. - Eficiencia energética en motores

#### 1.1.1. Motores de alta eficiencia

Según la norma CEI 60034-30, los motores se clasifican en cinco niveles, según su eficiencia energética:

- IE1: eficiencia estándar
- IE2: alta eficiencia
- IE3: eficiencia Premium
- IE4: eficiencia Súper Premium
- IE5: eficiencia –Ultra Premium

Cada nivel presenta unos rendimientos mínimos exigidos en función de la potencia y del número de polos del motor. La gráfica siguiente muestra un ejemplo para las clases IE1, IE2 e IE3 de 4 polos.

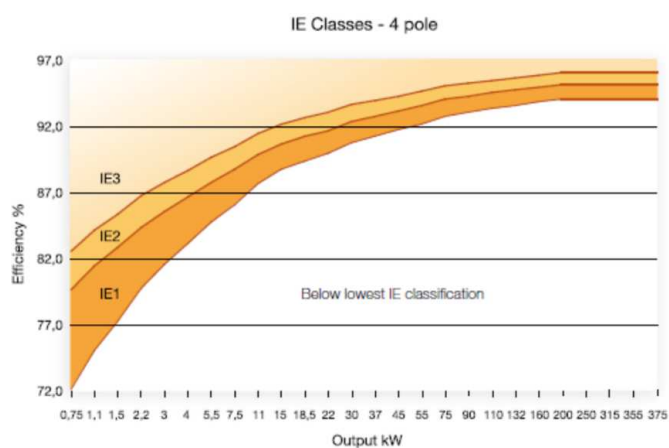


Figura 1. Rendimiento de motores para 4 polos  
(Referencia: norma IE 60034-30)

En el ámbito europeo, el “REGLAMENTO (CE) No 640/2009 DE LA COMISIÓN de 22 de julio de 2009” por el que se aplica la Directiva 2005/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a los requisitos de diseño ecológico para los motores eléctricos, especifica unos valores mínimos de rendimiento para motores de clase IE2 y IE3, así como los

siguientes plazos para la **sustitución progresiva de motores** de baja eficiencia, según el siguiente calendario:

1. **a partir del 16 de junio de 2011**, el nivel de rendimiento de los motores no podrá ser inferior al nivel de rendimiento IE2.
2. **a partir del 1 de enero de 2015**, los motores con una potencia nominal de 7,5-375 kW no podrán tener un nivel de rendimiento inferior al nivel de rendimiento IE3, o al nivel IE2 y estar equipados de un mando de regulación de velocidad.
3. **a partir del 1 de enero de 2017**, todos los motores con una potencia nominal de 0,75- 375 kW no podrán tener un nivel de rendimiento inferior al nivel de rendimiento IE3 y deberán estar equipados de un mando de regulación de velocidad.

### 1.1.2. Adecuación y diseño de la potencia del motor

Para obtener una máxima eficiencia del motor, este debe hacerse trabajar con un nivel de carga entre el 60 y el 100%, de modo que la eficiencia del motor se encuentre alrededor del 75% o superior. En la práctica, muchos equipos se encuentran trabajando en cargas muy inferiores o incluso superiores, provocando unas pérdidas considerables de energía y en muchos casos acortando la vida útil de los mismos.

La medida de eficiencia consiste en analizar el comportamiento del motor y sus solicitaciones reales, mediante la medición de parámetros eléctricos con analizador de redes durante un periodo de tiempo representativo, obteniendo la curva de potencia del mismo. Mediante su análisis se determinará la conveniencia de optar por un modelo de mayor o menor potencia, o de la incorporación de un variador de frecuencia, tal y como se describe más adelante.

### 1.1.3. Control de los motores

Un control eficiente de motores consiste en los siguientes puntos:

- Se debe minimizar que los motores continúen en funcionamiento aun cuando no existe proceso de producción. Para conseguirlo, se recomienda la instalación de sensores de carga o temporizadores.
- Instalación de un variador de velocidad para la regulación de la velocidad de giro del motor, reduciendo el consumo en bombas centrífugas, compresores y ventiladores.

- Realizar un plan de mantenimiento de los sistemas de transmisión, engranajes y poleas para minimizar las pérdidas de las máquinas acopladas al motor y que influyen directamente en su eficiencia.

## 1.2. Incorporación de variadores de velocidad

En procesos en los que los motores trabajan a carga variable, es muy frecuente la utilización de variadores de velocidad como medida de eficiencia capaz de conseguir cuantiosos ahorros. Estos motores son típicamente los incluidos en bombas centrífugas, ventiladores, molinos, tolvas, cintas transportadoras, compresores, etc.

Los variadores de frecuencia permiten adaptar el giro del motor a las necesidades de cada momento, mediante la modulación en el voltaje y la frecuencia de la corriente, pudiendo llegar a reducir el consumo energético hasta en un 50% o más, dependiendo de la situación de partida. Además, se prolonga la vida útil del motor, reduciendo su desgaste y el nivel de ruido existente.

Como ejemplo, se muestra a continuación la reducción del caudal en una bomba mediante estrangulamiento por ajuste de válvula reguladora de caudal, o bien mediante el ajuste de velocidad del motor de la bomba. En el primer caso, para reducir el caudal se incrementa la pérdida de carga en el circuito hidráulico, sin reducir la potencia en bomba e incluso aumentándola; en el caso con variador de frecuencia, se ajusta la velocidad de la bomba para que dé el caudal necesario, produciendo menores pérdidas de carga en el circuito y, por tanto, permitiendo que la bomba aporte menos presión y reduciendo la potencia considerablemente.

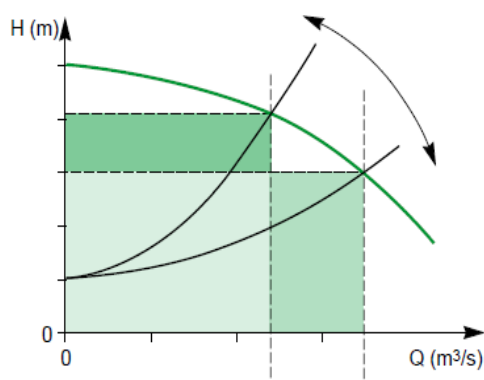


Figura 2. Reducción del caudal suministrado por una bomba mediante ajuste con válvula de regulación de caudal

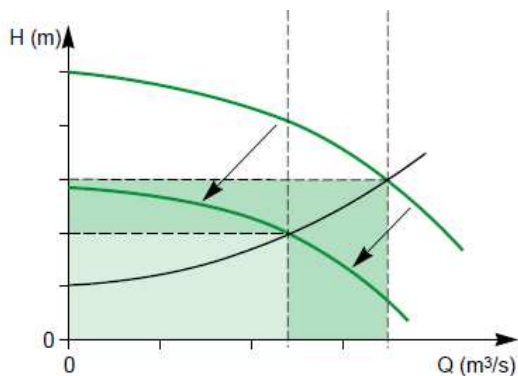


Figura 3. Reducción del caudal suministrado por una bomba mediante incorporación de variador de frecuencia.

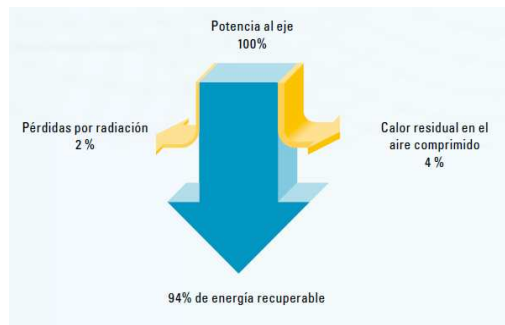
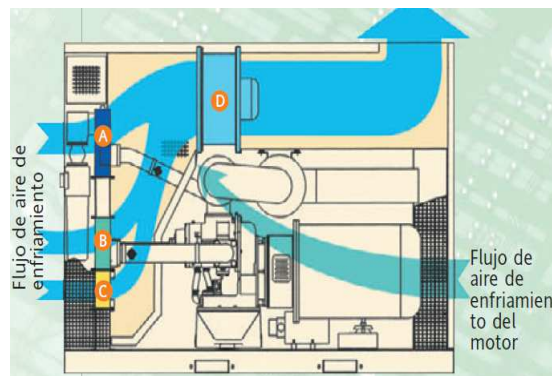


Figura 4. Desglose de energía en sistemas de aire comprimido.

### 1.3. Eficiencia energética en instalaciones de aire comprimido

Existen diversas medidas para mejorar la eficiencia de los equipos de aire comprimido que se utilizan en las agroindustrias en numerosos procesos, como prensas, actuadores o sistemas de transporte de materias y productos.

#### 1.3.1. Recuperación del calor de refrigeración

El principio de funcionamiento termodinámico de los compresores es muy ineficiente, ya que hasta un 94% de la energía consumida en un compresor se transforma en energía térmica y únicamente un 6% se transforma en energía de presión. El calor disipado se puede recuperar produciendo un importante ahorro energético.

La recuperación de calor ofrece la oportunidad de redirigir el calor generado por el compresor a otros espacios o usos que requieran calor como la obtención de agua caliente, reduciendo por tanto los costes de producción de energía térmica.

Esta agua caliente generada puede utilizarse de diferentes formas:

- Agua de alimentación precalentada para calderas.
- Calentamiento de espacios mediante circulación en radiadores o para duchas.

En el caso en que los compresores sean refrigerados mediante aire, la práctica habitual consiste en la instalación de un juego de compuertas que permitan, en invierno, la dirección mediante conductos de este aire caliente a estancias cercanas reduciendo los costes de calefacción.

#### 1.3.2. Variadores de velocidad y volúmenes de almacenamiento

La utilización de compresores de velocidad variable permite ajustar la potencia desarrollada por el motor a la carga instantánea, mejorando notablemente la eficiencia energética del conjunto.

Actualmente existen en el mercado compresores de tornillo que disponen de convertidor de frecuencia (variador de velocidad) que actúa sobre la velocidad de funcionamiento del compresor, adaptando la capacidad del equipo exactamente a la demanda de aire comprimido. Esta tecnología de velocidad variable optimiza energéticamente la producción de aire comprimido manteniendo la presión constante.

Las principales ventajas de esta tecnología son el suministro de aire a presión estable, con una capacidad de regulación continua de la carga entre el 15% y el 100%.

Además, el convertidor de frecuencia permite realizar puestas y paradas suaves, incidiendo en un menor desgaste del equipo

eléctrico y mecánico. Tampoco se produce gasto innecesario de energía en funcionamiento de descarga y se reducen los picos de intensidad debidos a los arranques creando una red de presión más constante lo que implica un menor consumo de energía.

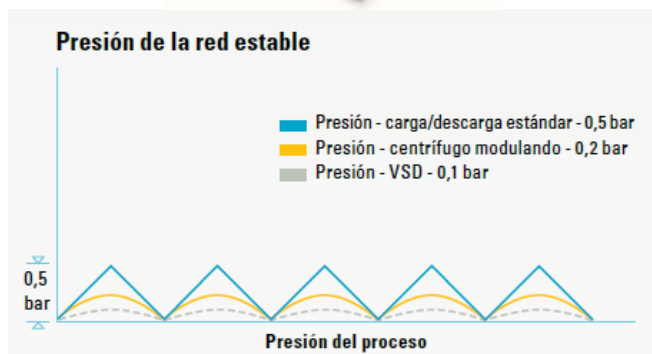


Figura 5. Mejora de la presión en el proceso mediante compresores variables.

A pesar de su mayor coste inicial, los compresores con accionamiento de velocidad variable proporcionan a lo largo de su vida útil importantes ahorros. Diversos estudios publicados sobre el análisis de ciclo de vida de un compresor, muestran como el consumo energético supone con diferencia el mayor coste. Así pues, como se observa en la siguiente figura, el ahorro obtenido en un ciclo de vida de 5 años de un compresor con accionamiento a velocidad variable, puede ser de un 22%, aun representando mayores costes de inversión (17% frente a 12%).

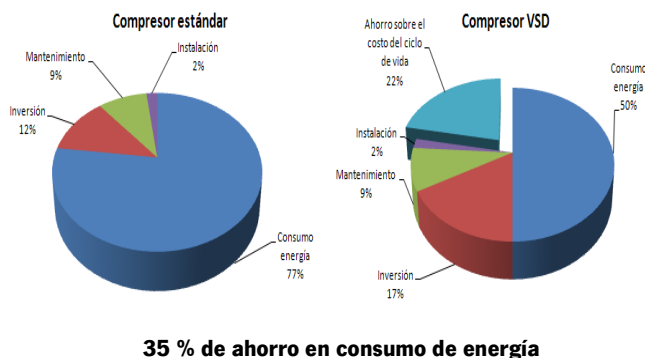


Figura 6. Comparación del coste del ciclo de vida en un periodo de 5 años (Fuente: Matei Compressors.)

Este ahorro depende fundamentalmente de las fluctuaciones de la demanda de aire.

### 1.3.3 Reducción de los escapes de aire comprimido.

Los sistemas de aire comprimido por lo general suelen tener fugas lo que representan la mayor y más importante fuente de desperdicio de energía en la mayoría de estos sistemas. Las fugas se traducen en una pérdida de aire que conlleva una mayor potencia del compresor para compensarlas, lo que a su vez representa un mayor consumo energético. Además, en la mayoría de los casos, las fugas son continuas durante las 24 horas del día.

Principalmente, las fugas se localizan en la recogida de condensados, accesorios y tuberías, bridas, colectores, filtros, tubos flexibles y puntos de purga. El coste de mantenimiento en prevención de fugas es bajo en comparación al ahorro energético obtenido, por lo que rápidamente se amortiza. Los sistemas de aire comprimido bien diseñados y correctamente mantenidos tendrán fugas inferiores al 5 %, de lo contrario se pueden presentar pérdidas de hasta el 30 %. La siguiente tabla muestra el caudal perdido por un orificio en función de su diámetro para una presión de 6,3 bar, así como la potencia adicional requerida por el compresor y el coste económico que ello supone.

Tabla 1. Pérdidas en una línea de aire comprimido en función del diámetro del orificio. 1 kWh = 0,115 €. Cálculo suponiendo 8.600 h/año de funcionamiento (Fuente: Atlas Copco.)

| Diámetro del orificio (mm) | Fuga de aire a 6,3 bar (l/s) | Potencia adicional requerida por el compresor ((kW) | Coste típico de la energía por año (€) |
|----------------------------|------------------------------|---|--|
| 1                          | 1                            | 0,3   | 297                                    |
| 3                          | 10                           | 3,1   | 3.666                                  |
| 5                          | 27                           | 8,3   | 8.209                                  |
| 10                         | 105                          | 33  | 32.637                                 |

Para evitar fugas importantes es necesario llevar a cabo una vigilancia rigurosa y un mantenimiento planificado. El programa de mantenimiento consiste en una serie de operaciones que se deberán llevar a cabo periódicamente:

- Vaciar los filtros de purga manual una vez al día
- Verificar las juntas entre herramientas y conectores, acoplamientos, mangueras, así como llenar los lubricadores con aceite una vez a la semana.
- Revisar la existencia de fugas en la instalación cada dos meses.



- Cada seis meses es conveniente limpiar los elementos del filtro con una pistola de soplado, para evitar una mayor caída de presión. También se limpiará la válvula de seguridad del protector contra escapes con el objetivo de evitar perturbaciones en el reajuste automático del protector.

Además, es aconsejable cambiar las válvulas defectuosas, utilizar mangueras de buena calidad para evitar roturas e instalar separadores de condensado y purga en los extremos de los ramales con la finalidad de eliminar la necesidad de soplar las líneas para eliminar el agua.

La creación de un plan de control de fugas y mantenimiento puede ayudar a reducir estas pérdidas hasta hacerlas prácticamente inexistentes.

Para su evaluación se recomienda el siguiente método basado en el siguiente esquema.

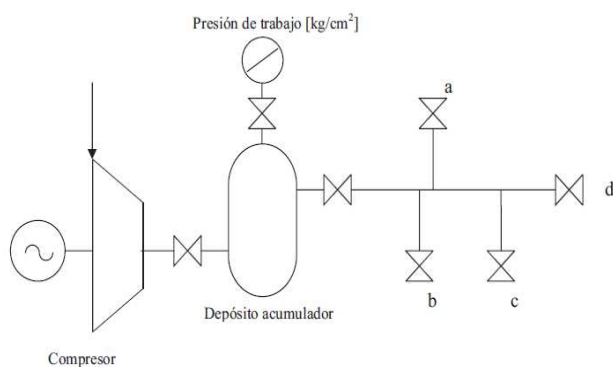


Figura 7. Esquema circuito evaluación energética de pérdidas en sistema de aire comprimido.

Asegurándose de que están cerradas las válvulas a, b, c y d y trabajando con un compresor, se sube la presión efectiva hasta la de servicio. El compresor, en este momento, queda trabajando en vacío y se mide el tiempo que transcurre hasta que se pone en marcha el compresor al llegar a una presión prefijada ( $T_1$  minutos).

Posteriormente se mide el tiempo que tarda en subir el manómetro desde la presión prefijada hasta la de servicio ( $T_2$  minutos).

Siendo  $V$  [ $\text{Nm}^3/\text{min}$ ] el caudal nominal efectivo del compresor, las pérdidas serán:

$$P = \frac{V \cdot t_2}{t_1 + t_2}$$

Sabiendo el caudal de pérdidas que posee la instalación, su cuantificación energética se reduce a aplicar la siguiente fórmula.

$$P = Q \times P = W$$

Siendo  $Q$  el caudal anteriormente calculado y medido en  $\text{m}^3/\text{s}$  y  $P$  la presión de trabajo en Pascales.

### 1.3.4. Alimentación del compresor con aire frío exterior

Otra medida aplicable es el **cambio de la toma de aire** al compresor a una zona fría de la planta. Un aumento de la temperatura de entrada de  $4^\circ\text{C}$  implica un aumento del consumo de energía, debido a su menor densidad, del 1%.

### 1.3.5. Optimización del nivel de presión

La presión a la que se produce el aire comprimido debe ser la mínima que garantice el buen funcionamiento de los equipos consumidores ya que el consumo de energía se incrementa con el aumento de presión. En una instalación, una de las primeras comprobaciones es la diferencia entre la presión necesaria para el correcto funcionamiento de los equipos y la de generación del sistema de compresores.

Esta diferencia de presiones entre la generación y los requisitos de las máquinas suele situarse en torno a un 20 % de sobredimensionamiento traduciéndose en una mayor demanda de energía de hasta el 15 % del consumo del sistema de compresores.

## 1.4. Eficiencia energética en la generación de calor

### 1.4.1. Medidas de eficiencia generales en generadores de calor

Son de aplicación las medidas en la generación de calor para sistemas de calefacción presentadas en la sección de medidas genéricas, que son principalmente los siguientes:

- Sustitución de generador de calor por modelos más eficientes: calderas de baja temperatura y calderas de condensación.
- Sustitución de generador de calor por cambio de combustible: gas natural o biomasa.
- Ajuste de la combustión para un óptimo rendimiento.
- Quemadores de funcionamiento fraccionado o modulantes.
- Recuperación de calor de los gases de combustión

### 1.4.2. Recuperador de calor en compresores de aire

Instalación de recuperadores de calor para utilizar el calor que disipa el compresor en la fabricación de aire o agua caliente, recuperando aproximadamente del 50 al 90% del calor.

- **Aire caliente:** recuperar el calor para calefacción y otros procesos. Consiste en hacer pasar el aire ambiente a través del compresor para que este aire se caliente. Es necesaria la instalación de conductos, ventiladores y termostatos para la regulación.
- **Agua caliente:** utilizar el aire caliente disipado por el compresor para calentar agua para cualquiera de las necesidades del edificio.

### 1.4.3. Energía solar térmica

Una opción interesante para el precalentamiento del ACS o fluidos de otros procesos, es la instalación de captadores solares de diversas tecnologías en función de los parámetros de funcionamiento. Los ahorros pueden alcanzar hasta el 70% de la demanda térmica anual, dependiendo de los procesos y los niveles de radiación solar recibida en la zona.

## 1.5. Aislamiento en sistemas térmicos

El transporte de calor y frío en las instalaciones de refrigeración o de las calderas precisa de un aislamiento térmico para minimizar las pérdidas energéticas. Este aislamiento debe tener una conductividad térmica muy baja (en torno a 0,04 W/m°C), la cual puede verse modificada por el deterioro físico o químico del mismo a lo largo del tiempo. Por ello, el aislamiento debe incluirse en el plan de mantenimiento preventivo, para minimizar dichas pérdidas, evitar la corrosión, proteger frente a la radiación UV, mantener seco el material, evitar condensaciones, y realizar las reparaciones correspondientes.

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

Las redes de corriente eléctrica suministran energía que se utiliza para dos funciones distintas:

- Energía activa, que se transforma en trabajo útil y calor.
- La potencia reactiva es aquella que utilizan ciertos receptores para la creación de campos eléctricos y magnéticos (como motores, transformadores, reactancias, etc.).

La composición de ambas forma la Energía Aparente (kVA). Esta es el valor real demandado a la red y que es la suma vectorial de las potencias activa y reactiva. Es importante destacar que es la energía real generada y transportada por las líneas de transporte y distribución. La relación vectorial de éstas determina su desfase o factor de potencia ( $\cos \Phi$ ), definido como la proporción existente entre la potencia y la potencia aparente, o el coseno del ángulo de desfase entre potencia activa y potencia aparente. En el siguiente gráfico se observan los conceptos explicados, así como su forma de cálculo.

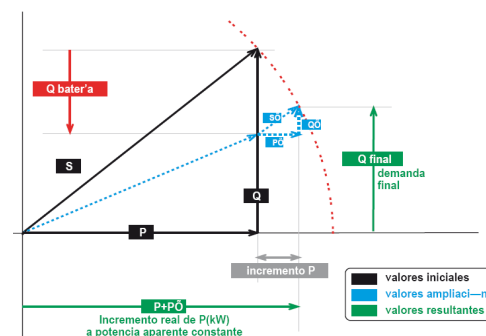
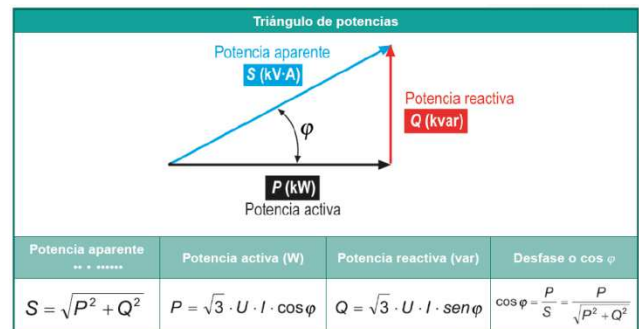


Figura 8. Diagrama de potencias y energía reactiva

Este tipo de Energía debe compensarse en la medida de lo posible mediante la reducción de la demanda de energía reactiva a la red a través de la instalación de una batería de condensadores. La compensación de energía reactiva aporta una serie de beneficios en las instalaciones de distinto tipo:

- **Económicos:** Permite una eliminación del importe de pago por concepto de consumo de Energía Reactiva.
- **Técnicos:** Mayor capacidad disponible en transformadores y líneas al tener que circular por ellos menor cantidad de corriente, menores pérdidas en las líneas y reducción de las caídas de tensión.

Se deben instalar baterías de condensadores en los equipos que presenten consumo de energía reactiva o junto al transformador o cuadro eléctrico principal, teniendo un ahorro



económico en la factura que dependerá del nivel de penalización en la factura.

El pago por Energía Reactiva es de aplicación a cualquier contrato con potencia superior a 15 kW en baja tensión y a todos los contratos de alta tensión.

Este término se aplica sobre todos los períodos tarifarios, excepto en el período 3, para las tarifas 3.0A y 3.1A, y en el período 6, para las tarifas 6.X, siempre que el consumo de energía reactiva exceda el 33% del consumo de activa durante el período de facturación considerado (es decir,  $\cos \phi < 0,95$ ) y únicamente afectará a dichos excesos. El precio del consumo de reactiva en exceso de este valor se establece en €/kVAh.

Las tarifas 2.0A y 2.1 A (potencia inferior a 15 kW) contemplan recargo cuando la energía reactiva medida supera el 50% de la energía activa consumida en el mismo periodo de facturación y la tarifa 3.0A contempla recargo cuando la energía medida en los dos primeros periodos exceda el 33% de la energía activa consumida en esos mismos periodos. Los precios para la facturación de este complemento se indican en la tabla siguiente en función del valor de  $\cos \phi$ .

Tabla 2. Precios orientativos para el término de potencia reactiva

| $\cos \phi$                                   | €/kVAh   |
|---|----------|
| $\cos \phi < 0,95$ y hasta $\cos \phi = 0,80$ | 0,041554 |
| $\cos \phi < 0,80$                            | 0,062332 |

Por norma general el coste de una batería de condensadores en relación al nivel de ahorro económico es elevado lo que permite en la mayoría de los casos periodos de retorno de la inversión de entre 1 y 2 años.

Además de ello, hay que tener en cuenta que por cada **0.25 unidades disminuidas** en el factor de carga se **decrementa el rendimiento** del transformador en un **0,1 %**.

## 1.7. Transformadores eléctricos

La totalidad del suministro energético eléctrico de una instalación es abastecido a través de un transformador, pudiendo estar integrado dentro de la misma en el caso de instalaciones grandes. Por ello, cualquier tipo de mejora en el

rendimiento de los mismos proporciona un gran volumen de ahorro de energía y debe ser estudiado en detalle.

El transformador es una máquina estática de inducción en la cual la energía eléctrica es transformada cambiando los valores de la tensión y la intensidad basándose en las leyes de inducción magnética. Cualquiera que sea el uso que se haga del transformador, se denomina primario al circuito que recibe la energía, y secundario el que la suministra a los aparatos receptores. Como en cualquier máquina eléctrica, el rendimiento de un transformador se define:

$$\text{Rendimiento} = \frac{P_{\text{salida}}}{P_{\text{entrada}}} = \frac{P_{\text{salida}}}{P_{\text{salida}} + \text{Pérdidas}}$$

### 1.7.1. Control de pérdidas en transformadores

El rendimiento nominal de un transformador es aproximadamente 95-99%, pero disminuye sensiblemente conforme baja el nivel de carga.

En los transformadores, las pérdidas suponen un porcentaje muy bajo de la energía que transforman, ya que no existen pérdidas por movimiento, y las pérdidas que se producen se deben a los dos sistemas que intervienen en la transformación de la tensión englobadas en pérdidas en el sistema magnético y el sistema eléctrico.

Las pérdidas del sistema magnético provienen de las corrientes de Foucault y del ciclo de Histéresis en tanto que las pérdidas en el sistema eléctrico provienen del paso de corriente por los devanados.

A las primeras de las pérdidas se les llama “Pérdidas de Vacío” o “Pérdidas en el Hierro” y las segundas se conocen como “Pérdidas en el Cobre”.

Las pérdidas de vacío se consideran fijas o constantes puesto que no varían con la corriente de carga. Esto hace que un transformador tenga las mismas pérdidas en el hierro trabajando a un 10 % o un 90 %. La cuantía de estas pérdidas está normalizada siendo por ejemplo para transformadores de 1.000 kVA y 1.250 kVA de 1.700 W y 2.800 W respectivamente.

### 1.7.2. Renovación de instalaciones

Por otro lado, las normas EU MEPS (Reglamento europeo de rendimiento energético mínimo) establecen el nivel mínimo de eficiencia que deben cumplir los transformadores puestos en

servicio en el mercado europeo. La Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo sobre diseño ecológico insta a un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía. A fin de dar cumplimiento a la directiva sobre transformadores, la Comisión Europea ha instaurado como marco legal el [Reglamento \(UE\) N° 548/2014](#) donde se establecen los requisitos mínimos de eficiencia de los transformadores.

Las normas EU MEPS se aplican a transformadores de distribución secos y sumergidos y a transformadores de una potencia mínima de 1 KVA utilizados en redes de transmisión y distribución eléctrica de 50 Hz o para aplicaciones industriales. Se excluye de esta aplicación a:

- transformadores con bobinas de baja tensión diseñados especialmente para utilizarlos con rectificadores y suministrar corriente continua
- transformadores diseñados especialmente para conectarse directamente a un horno

Desde el 1 de julio de 2015 los transformadores deben cumplir los requisitos de eficiencia de la "1ª Etapa" del reglamento, siendo la fecha de entrada en vigor de la "2ª Etapa" el 1 de Julio de 2021.

El **potencial de ahorro** por adecuación a los requisitos de eficiencia energética se establece entre un 0,5-2 % en función de la antigüedad del equipo a sustituir.

## 1.8. Herramientas de gestión energética

Realizar un seguimiento, monitorización y almacenamiento de la información relativa al consumo energético permite realizar un análisis más sencillo y preciso, optimizando la energía necesaria para el funcionamiento de la industria. La monitorización se realiza con la instalación de sensores, una red de comunicaciones y un software para almacenar los datos obtenidos y proceder a su análisis, mientras que el sistema de gestión está basado en las herramientas tanto físicas como documentales y de procedimiento que permiten una correcta gestión energética.

### 1.8.1. Implantación de un sistema de gestión Energética según ISO 50.001

Una de las prioridades de las organizaciones actuales es la gestión de los recursos y el consumo racional y eficiente de la

energía para mejorar la productividad, gracias a la identificación de las soluciones técnicas más rentables y la gestión del cambio.



El estándar publicado por la **ISO 50001:2011 Sistemas de Gestión de la Energía** sirve como guía para sentar las bases para el establecimiento de los sistemas y procesos necesarios para la mejora del desempeño energético, permitiendo a las organizaciones alcanzar la reducción de costes a través de un marco estructurado y sistemático para la identificación, medida y gestión de los consumos energéticos, procurando ventajas competitivas e incluso fortaleciendo la imagen de la compañía.

En primer lugar, la implantación de un sistema se realiza de forma voluntaria y su éxito está directamente relacionado con el compromiso por parte de la organización en su desarrollo, implantación y mejora. Cualquier organización, independientemente de su tamaño, es susceptible de implantar un SGEN, pudiendo hacerlo sobre la totalidad de la misma o sobre ciertas áreas o departamentos, según se establezca en los límites del ámbito de aplicación.

Un SGEN mide, controla, planifica y mejora el desempeño energético de una organización debiendo estar enfocado prioritariamente a la mejora de procesos más allá del cumplimiento estricto de la normativa o legislación vigente, buscando un uso racional de la energía y aumentando la eficiencia energética. Está orientado a organizaciones enfocadas hacia la optimización y mejora de procesos y la eficiencia energética, el uso de las energías renovables o excedentes y el cumplimiento con su política energética. Su implantación y desarrollo ayudará a las organizaciones a conseguir beneficios en diferentes aspectos, como pueden ser.

- Ambientales y de eficiencia

- Consumo eficiente y optimización del uso de la energía
- Fomento de la eficiencia energética
- Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>

- Socioeconómicos

- Reducción de costes
- Reducción de la dependencia energética exterior

- Reducción de las fluctuaciones en el precio de la energía

- Imagen corporativa

- Responsabilidad social corporativa
- Cumplimiento de requisitos legales

La siguiente figura muestra los ahorros económicos que se podrían obtener a través de un sistema SGE<sub>n</sub> que funciona de forma sistemática, trabajando sobre la mejora continua del mismo, y otro en el que la gestión no es sistemática.

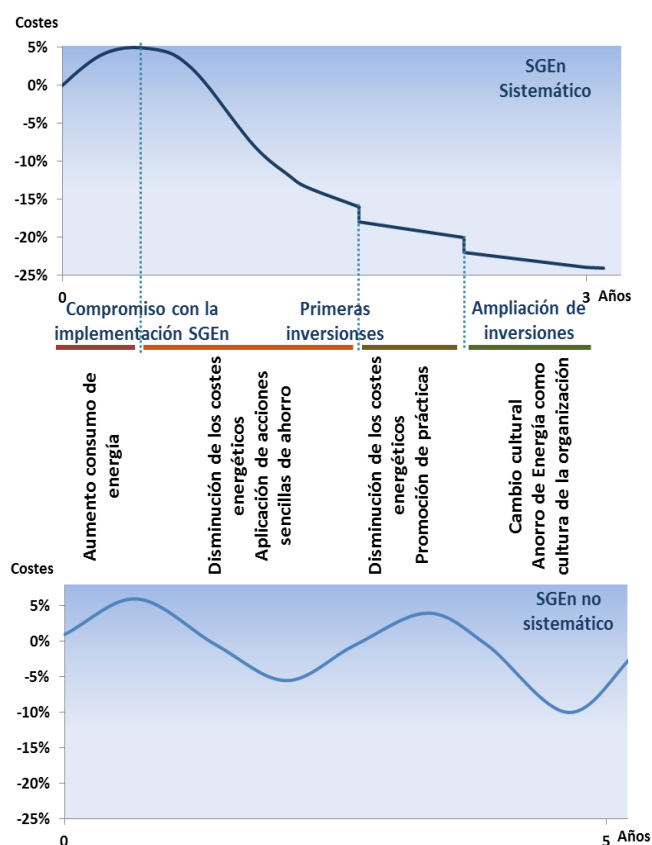


Figura 9. Potencial de ahorro de un Sistema de Gestión energética.

En el primero de los casos se puede observar cómo una vez desarrollado el SGE<sub>n</sub>, y aplicando sencillas medidas de ahorro energético, se consigue una importante disminución en los costes, que aumentan su eficacia mediante la promoción de prácticas eficientes sobre energía.

Finalmente, los trabajadores adquieren unos principios energéticos que pondrán diariamente en práctica con el objetivo de ahorrar energía. En algunas ocasiones será necesaria la inversión de cierto capital para conseguir un mayor ahorro, aunque tal y como se aprecia en la gráfica, parte del ahorro energético se consigue mediante la aplicación de medidas simples.

En el segundo caso, se observa cómo la evolución de los costes es fluctuante y tras la promoción de ciertas medidas de

ahorro energético (algunos casos con costes adicionales) se produce una reducción de costes. Sin embargo, al tratarse de un sistema de gestión no sistemático, estas medidas de ahorro no perduran en el tiempo, por lo que, pasado el efecto de la medida iniciada, los costes energéticos vuelven a aumentar, superando incluso el punto de partida.

Por último, cabe destacar que la Norma ISO 50001 se encuadra perfectamente en el marco de otras normas como las ISO 9001, "Sistema de gestión de la calidad- Requisitos", o la ISO 14001, "Sistemas de gestión ambiental- Requisitos con orientación para su uso", siendo totalmente compatible con las mismas, de modo que se pueda generar en la organización un sistema integrado de gestión que integre los tres ámbitos.

### 1.8.2. Implantación de un sistema monitorización energética

Hoy en día empresas e industrias buscan, aparte de controlar energéticamente sus instalaciones, tener un control centralizado de todas o parte de sus líneas de proceso así como referenciar e imputar los costes energéticos a los diferentes productos fabricados.

Este control permite principalmente:

- Control de costes de operación.
- Estudio y seguimiento de todos los datos de producción, tales como consumo, ratios de funcionamiento, consumo en stand-by, etc.
- Creación de Indicadores energéticos por producto o servicio.
- Reducción del coste de la energía, mediante el seguimiento de:
  - Consumo de Energía Reactiva.
  - Gestión del horario de consumo de la Energía.
- Mejora del Mantenimiento Predictivo mediante:
  - Detección de sobrecargas en máquinas y líneas eléctricas.
  - Estimación del mantenimiento predictivo de las máquinas a partir de los datos de horas de trabajo acumuladas.

Para ello, se deben desplegar los equipos de hardware y software necesarios para la toma de datos, almacenaje e interpretación de los mismos.

Se busca una solución a la integración total de la información, ya que es común, que diferentes departamentos trabajen con

software de gestión diversos (producción, calidad, mantenimiento, energía...) sin una centralización de los datos o que a nivel de campo se cuente con diferentes fabricantes y lenguajes de comunicación dificultando el acceso, trazabilidad y verificación de la información. Este hecho ocasiona la duplicidad de tareas, el aumento del tiempo de gestión y de los costes de diferentes licencias.

Se pretende resolver problemas concretos de comunicación entre equipos y sistemas, gestión y acceso de usuarios a la información, duplicidad de equipos instalados, acceso a la información centralizada con "un click" e integración de los sistemas de gestión, todo ello estableciendo un protocolo de comunicación universal que evite los problemas de comunicaciones entre hardware y software antiguos y actuales, sin olvidar también tener resuelta la integración de soluciones a futuro.

También se pretende mostrar la realidad oculta del funcionamiento de equipos y procesos demandantes de energía que permitan la optimización de los flujos de valor, así como su vinculación con los costes de materias, personal o mantenimiento.

En definitiva, se trata de dotar a las empresas de una herramienta de gestión del elevado volumen de información más allá de las posibilidades clásicas de bases de datos que que les permitan extraer valor económico de ellos.

Para ello se requiere:

1. **Un ordenador/servidor** donde ubicar la Base de datos que servirá de almacenamiento de datos con las licencias y protocolos de comunicación capaces de obtener y servir información. La estructura de este servicio puede ser centralizada (una empresa dispone de un equipo propio para la gestión de la información y protección de datos) o descentralizada en cuyo caso los datos se ubican en un servidor externo.
2. Compra de **licencias** que hagan posible la comunicación y estructuración de los datos a procesar. La estructura de proyecto centralizada permite la reducción de costes por la compra única de licencias a instalar en el servidor central, mientras que la estructura descentralizada requerirá de la compra de las licencias específicas requeridas para cada proyecto.
3. Conocimiento de una amplia variedad de **equipos de campo** y capacidad de su instalación y programación, como, por ejemplo, analizadores de redes, caudalímetros, sondas, autómatas, etc...
4. Conocimiento de los **protocolos de comunicación** con cualquier otro tipo de software u otros SCADA, como por ejemplo sistemas ERP o SAP.

Posteriormente se debe conformar la herramienta de canalización y acceso a la información por parte de los usuarios. Además, recoge la información de los sensores la transporta visualiza al usuario. Se engloban dentro de este apartado las aplicaciones *SCADA* (Supervisory Control And Data Acquisition).

De forma cuantitativa, en el ámbito más tangible asociado al ahorro de energía, se considera un potencial de ahorro elevado, en función del grado de alcance del proyecto.

En el nivel base de visualización y monitorización, históricamente se vienen alcanzando ahorros de entre el 3 % - 5%, que aumentan hasta el 10-15 %<sup>1</sup> con la toma de decisiones y el control y regulación de los sistemas.

En el ámbito de mejora de mantenimiento o de reducción de costes hora de personal, la automatización de informes, su centralización en un único punto y la gestión remota permiten ahorros de mayor de importancia, aunque difícilmente cuantificables.

---

<sup>1</sup>Informe sobre sistemas de monitorización y control desarrollado por la Asociación de Empresas de Eficiencia Energética (A3E).



## 2. Medidas de eficiencia energética específicas en Centrales hortofrutícolas<sup>2</sup>

El sector hortofrutícola presenta una diversidad de procesos en función del subsector específico del que se trate:



- **1ª gama:** frutas y hortalizas con venta en el mercado
- **2ª gama:** conservas de frutas y hortalizas esterilizadas por procesos térmicos, secado o con procesos mixtos
- **3ª gama:** productos refrigerados
- **4ª gama:** productos frescos con tratamientos que garanticen su calidad, listos para el consumo, que mantienen sus propiedades durante un corto periodo de tiempo en una atmósfera protectora.
- **5ª gama:** productos precocinados, listos para el consumo, que mantienen sus propiedades durante algunas semanas en condiciones controladas.

Además de las medidas de eficiencia presentadas en el caso general, las medidas estudiadas de aplicación específica en la agroindustria hortofrutícola se centran en medidas en el sistema de producción de calor y frío.

### 2.1. Eficiencia energética en la generación de calor

La producción hortofrutícola de primera y cuarta gama presentan un consumo térmico mínimo, destinado al calentamiento de agua para lavado, para vehículos de transporte y para quemadores utilizados en secado de algunas

<sup>2</sup>Elaboración propia a partir del Manual de Eficiencia Energética en Centrales Hortofrutícolas, 2014. Coordina: ENEA (Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile). TESLA project - Transferring Energy Save Laid on Agroindustry. IEE/12/758/SI2.644752

frutas y hortalizas. Sin embargo, si se consideran productos de la segunda o tercera gama el consumo térmico se incrementa considerablemente para cubrir las necesidades de pasteurización y otros procesos.

En los generadores de calor que en su caso se incluyan en los procesos correspondientes, son de aplicación las medidas presentadas en la sección de medidas genéricas, que son principalmente los siguientes:

- Sustitución de generador de calor por modelos más eficientes: calderas de baja temperatura y calderas de condensación.
- Sustitución de generador de calor por cambio de combustible: gas natural o biomasa.
- Ajuste de la combustión para un óptimo rendimiento.
- Quemadores de funcionamiento fraccionado o modulantes.
- Recuperación de calor de los gases de combustión.

### 2.2. Eficiencia energética en la producción de frío

Existen una serie de medidas específicas en la producción de frío para el sector hortofrutícola, las cuales se muestran a continuación.



#### 2.2.1. Utilización de componentes eficientes en equipos de enfriamiento

Las principales medidas son las siguientes:

- Sustitución de compresores de desplazamiento positivo con pistones por compresores de desplazamiento rotativo de alta eficiencia.

- Sustitución de los evaporadores por otros en los que los condensadores están fabricados con aleaciones de aluminio de grandes propiedades térmicas.
- Instalar variadores de velocidad en compresores y ventiladores para permitir la regulación del consumo de energía en cargas que van desde el 25% hasta el 100%.
- Instalar arrancadores electrónicos para minimizar los picos de consumo en el arranque.

### 2.2.2. Mejora del aislamiento en cámaras frigoríficas

Consiste en la sustitución o mejora de los paneles de poliuretano de las paredes y los techos de las cámaras por otros de mayor espesor, reduciendo así la transmitancia térmica. Los ahorros energéticos dependerán de la superficie de la cámara, la transmitancia térmica de la situación previa y de los nuevos paneles, así como de las temperaturas interna y externa de la cámara.



### 2.2.3. Desacoplamiento de la producción y consumo de frío con equipos de almacenamiento

Esta medida se basa en la utilización de materiales de cambio de fase, el cual es un fluido que se encuentra en el interior de unos nódulos esféricos que se colocan en depósitos de almacenamiento con agua que se congela en los periodos con menor coste de la energía eléctrica (horas valle), para poder utilizarla en otro periodo. Se estima una reducción del coste eléctrico alrededor del 70%, además de la posibilidad de reducir la potencia contratada.



### 3 Medidas de eficiencia energética específicas en almazaras<sup>3</sup>



Las principales medidas de eficiencia estudiadas de aplicación específica en producción de aceite son las siguientes:

1. Utilización de biomasa en las calderas de las almazaras
2. Instalación de molinos tipo Listellos en lugar de uno de criba
3. Mejora en el proceso de separación
4. Proceso de decantación mediante tanques en lugar de centrífugas verticales
5. Limpieza del aceite por decantación mecánica: Oleosim

#### 3.1. 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.

La utilización de biomasa para usos térmicos en el caso de las almazaras, se trata de utilizar el orujillo (propio residuo de la industria) como combustible de la caldera de biomasa y producir calor, con su correspondiente ahorro energético y su disminución de emisiones de CO<sub>2</sub>.

En el caso de que la caldera no sea apta para la combustión de biomasa, se deberían realizar las modificaciones oportunas

<sup>3</sup>Elaboración CIRCE a partir del Manual de Eficiencia Energética en Almazaras, 2014. Coordina: UÉvora (Universidade de Évora). TESLA project - Transferring Energy Save Laid on Agroindustry. IEE/12/758/SI2.644752

en el quemador y cámara de combustión, o bien sustituir la caldera existente por una de biomasa.

Para la optimización de esta mejora, se pueden comercializar los excedentes de orujillo, teniendo un beneficio económico.



#### 3.2. Instalación de molinos tipo Listellos en lugar de uno de criba

El proceso de molienda de la aceituna 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 y puede afectar a la calidad del aceite de oliva.

Una medida de eficiencia consiste en cambiar los molinos de tipo convencional, utilizados en la molienda de las aceitunas, por **molinos tipo Listellos**, que poseen un martillo rotativo que gira a 1500 y 3000 rpm, incluyendo una criba rotatoria en sentido opuesto, con un diámetro de perforación en función del tamaño de la molienda que se necesite.

Este sistema permite la reducción del tamaño de las partículas con un menor consumo de energía, y puede aumentar la producción de aceite hasta el 35%, dependiendo del tamaño del molino a reemplazar.

#### 3.3. Mejora en el proceso de separación

La separación del aceite de oliva del resto de los componentes es una de las fases de producción en las que más energía consume. La medida de eficiencia consiste en instalar separadores con accionamiento directo en los que la pasta homogénea pueda ser fácilmente separada de acuerdo con las diferentes densidades de cada momento.

La tecnología del proceso de separación es la misma, pero la transmisión de energía es más eficiente, omitiendo la transmisión por engranajes o por correa de accionamiento y sus correspondientes pérdidas. Mediante el separador de

Accionamiento Directo integrado, el recipiente es accionado directamente por el motor trifásico integrado de frecuencia controlada, mejorando el nivel de eficiencia, teniendo ahorros de hasta el 15% según los casos.

**Módulo purificador:** separa el aceite y elimina el agua añadida del proceso de fabricación y las partículas orgánicas que contiene.

### 3.4. Proceso de decantación mediante tanques en lugar de centrifugadoras verticales

El reemplazo de las máquinas centrifugas verticales por tanques de decantación estático es una nueva tecnología que genera ahorros energéticos de la totalidad del consumo por este concepto, además del ahorro en consumo de agua y la disminución del volumen de efluentes del proceso de lavado de aceites.

La principal desventaja de este sistema es que necesita un espacio amplio para la instalación de los tanques de decantación.

### 3.5. Limpieza del aceite por decantación mecánica: Oleosim

Se trata de un novedoso sistema, similar al anterior, que requiere menor espacio que los tanques de decantación, pero que consume cierta cantidad de energía.



El sistema Oleosim separa, clarifica y purifica el aceite de oliva sin evacuación de residuos. El sistema está compuesto por tres módulos:

**Módulo de dilatación:** lava el aceite y dilata las partículas orgánicas, utilizando una pequeña cantidad de agua y un motor de rotación para el movimiento del producto.

**Módulo estabilizador:** estabiliza el aceite y controla la entrada de aceite al purificador.

## 4. Medidas de eficiencia energética específicas en bodegas<sup>4</sup>

Las principales medidas de eficiencia estudiadas de aplicación específica en producción de vino son las siguientes:

- x Medidas en sistemas de producción de frío
- x Medidas de envejecimiento eficiente en barricas
- x Cambio de prensas por centrífugas decantadoras

### 4.1. Eficiencia energética en la producción de frío

Existen una serie de medidas específicas en la producción de frío para el sector de producción de vino, las cuales se muestran a continuación.

#### 4.1.1 Utilización de componentes eficientes en equipos de enfriamiento

Las principales medidas son las siguientes:

- Sustitución de compresores de desplazamiento positivo con pistones por compresores de desplazamiento rotativo de alta eficiencia.
- Sustitución de los evaporadores por otros en los que los condensadores están fabricados con aleaciones de aluminio de grandes propiedades térmicas.
- Instalar variadores de velocidad en compresores y ventiladores para permitir la regulación del consumo de energía en cargas que van desde el 25% hasta el 100%.
- Instalar arrancadores electrónicos para minimizar los picos de consumo en el arranque.

#### 4.1.2. Mejora del aislamiento en cámaras frigoríficas

Consiste en la sustitución o mejora de los paneles de poliuretano de las paredes y los techos de las cámaras por otros de mayor espesor, reduciendo así la transmitancia térmica. Los ahorros energéticos dependerán de la superficie de la cámara, la transmitancia térmica de la situación previa y

<sup>4</sup>Elaboración propia a partir del Manual de Eficiencia Energética en Bodegas, 2014. Coordina: UPM (Universidad Politécnica de Madrid). TESLA project - Transferring Energy Save Laid on Agroindustry. IEE/12/758/SI2.644752

de los nuevos paneles, así como de las temperaturas interna y externa de la cámara.

#### 4.1.3. Desacoplamiento de la producción y consumo de frío con equipos de almacenamiento

Esta medida se basa en la utilización de materiales de cambio de fase, el cual es un fluido que se encuentra en el interior de unos 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), para poder utilizarla en otro periodo. Se estima una reducción del coste eléctrico alrededor del 70%, además de la posibilidad de reducir la potencia contratada.

### 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 al respecto.



#### 4.2.1 Producción de frío con energía geotérmica

La geotermia consiste en producir frío mediante intercambio con el terreno, en lugar de con el aire exterior. Esto permite optimizar en las bodegas la producción de frío y de calefacción, debido a que la temperatura del terreno es aproximadamente constante, tanto en invierno como en verano y así poder regular eficientemente las temperaturas de las salas del envejecimiento en barricas de madera.

Se puede optimizar con la instalación de variadores de velocidad en los motores eléctricos.

### 4.2.2. Recuperación de energía en procesos de condensación

Como se ha comentado, las salas de envejecimiento del vino incluyen sistemas para control de temperatura y humedad. El control de la humedad relativa se realiza mediante un proceso de condensación del vapor del aire, el cual evacúa un calor que puede ser aprovechado mediante recuperadores de calor para utilizarlo posteriormente en otros procesos. Se trata de equipos de tratamiento de aire específicos, los cuales, pueden también combinarse con la instalación de variadores de velocidad en ventiladores, pudiendo conseguir una eficiencia energética superior al 20%.

### 4.3. Cambio de prensas por centrifugas 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. Una medida innovadora es la sustitución de estas prensas por centrifugas decantadoras, capaces de separar el mosto del material sólido en un proceso continuo, reduciendo el consumo de bombeo. Con esta tecnología se reduce también el número trasiegos como otros tratamientos posteriores.



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.