



**tesla**

Transferring  
Energy Save  
Laid on Agroindustry

# MANUAL de

*Eficiencia Energética en Centrales  
Hortofrutícolas*

*IEE/12/758/SI2.644752*

***Coordinador del manual:** ENEA (Agenzia  
Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia  
e lo Sviluppo Economico Sostenibile)*



Cofinanciado por el programa Intelligent Energy Europe  
de la Unión Europea

**Versión actualizada:**

Mayo de 2014

**Autores:**

Arianna Latini, Corinna Viola, Matteo Scoccianti  
y Carlo Alberto Campiotti.

ENEA, Agencia Nacional Italiana para las Nuevas  
Tecnologías, la Energía y el Desarrollo Económico  
Sostenible.

UTEA-AGR, Unidad Técnica de Eficiencia  
Energética en la Agricultura.

**Coautores:**

El presente documento ha sido redactado  
conjuntamente con CIRCE, UÉvora, Tecaliman y  
UPM, 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 Tesla logo, featuring the word "tesla" in a bold, black, sans-serif font, with a stylized yellow and black "T" symbol to its right.

Transferring  
Energy Save  
Laid on Agroindustry

# 0. INDICE

## 1. Introducción

1.1. Análisis del sub-sector de frutas y hortalizas	4
1.1.1. Producción	5
1.2. El sector desde el punto de vista socioeconómico	6
1.2.1. Facturación	8
1.2.2. Número de centrales hortofrutícolas y de cooperativas	8
1.2.3. Número de puestos de trabajo	10

## 2. Descripción de los procesos

2.1. Recepción	12
2.2. Limpieza y secado	13
2.3. Selección y calibración	13
2.4. Envasado	15
2.5. Conservación en frío	15

## 3. Análisis energético de las centrales hortofrutícolas

3.1. Consumo eléctrico	17
3.2. Consumo térmico	19
3.3. Balance de energía (diagrama Sankey)	19
3.4. Costes de la energía	22

## 4. Medidas de eficiencia energética

4.1. Eficiencia energética en la producción de frío	23
4.2. Mejora del aislamiento en cámaras frigoríficas	24
4.3. Motores eficientes	25
4.4. Producción de aire comprimido	27
4.5. Variadores de velocidad	28
4.6. Aislamiento	29
4.7. Calentamiento de agua o de aire	30
4.8. Iluminación	32
4.9. Batería de condensadores para reducir la potencia reactiva	33
4.10. Transformadores	33
4.11. Herramientas de gestión	33

## 5. Conclusiones

## 6. Referencias y fuentes de información

35

## 1. INTRODUCCIÓN

El principal objetivo del proyecto TESLA es difundir las “Mejores Técnicas Disponibles” (BATs, en inglés) para la evaluación energética y la adopción de medidas en el sector agroalimentario, especialmente entre las PYME del sector.

El sistema agroalimentario integra tres componentes: el sector agrícola de producción, el agroindustrial de transformación y el sector de comercialización. El proyecto TESLA se centra en el segundo sector, con empresas de transformación que utilizan productos agrícolas (producción primaria) en industrias de procesado que producen alimentos y bebidas.

Este manual está dedicado específicamente al sub-sector de las centrales hortofrutícolas, con empresas y PYMEs dedicadas al procesado, manipulación y envasado de frutas y hortalizas, incluyendo desde la recepción hasta la expedición al mercado.

### *1.1. Análisis del sub-sector de frutas y hortalizas*

Este manual del proyecto TESLA se centra en los productos frescos (primera gama). Se mencionan aspectos de los procesos de desinfección en productos de cuarta gama; también hay breves referencias a temas de eficiencia energética en productos de segunda y tercera gama.

- **1ª gama:** frutas y hortalizas con venta directa 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 período de tiempo en una atmósfera protectora;
- **5ª gama:** productos precocinados, listos para el consumo, que mantienen sus propiedades durante algunas semanas en condiciones controladas.

Como esquema general, la producción de frutas y hortalizas debe ser transportada lo antes posible tras la recolección a los puntos de almacenamiento y procesado. En la recepción del producto, se realiza un control –superficial en algunos casos- del estado sanitario, control que en otros casos puede incluir laboratorios específicos para analizar refractometría (tomates, algunas frutas, etc.), peso específico (patata, guisante, etc.), firmeza, ensayos de ebullición, etc. Tras este control de la recepción, el producto se lava con agua (generalmente con una solución higienizante) para eliminar restos de tierra, microorganismos superficiales, y todo tipo de productos fitosanitarios previos. Luego, las frutas y hortalizas se seleccionan y clasifican para eliminar elementos defectuosos y para crear lotes homogéneos de productos, por dimensiones, color, estado de maduración. Los productos pasan por una serie de tratamientos mecánicos, físicos, químicos, térmicos, etc., dependiendo de las características del producto, la calidad organoléptica, el tipo de gama y el mercado al que van dirigidos. Finalmente, los productos se envasan para su expedición; un paso previo a la expedición puede ser el almacenamiento durante un cierto período de tiempo.

### 1.1.1. Producción

En la Comunidad existen multitud de variaciones regionales en la producción de frutas y hortalizas. Se producen rápidas y significativas fluctuaciones en la producción y demanda en productos perecederos. La política comunitaria busca mejorar la calidad de los productos y su comercialización. Alrededor del 15% del valor de la producción agrícola primaria de la CE proviene del sector de frutas y hortalizas, con una importante variedad de productos frescos y procesados de calidad (Comisión Europea, Dirección General de Agricultura).

**I** ITALIA En 2012, la producción italiana de frutas y hortalizas alcanzó más de 19 Mt, con una reducción del 11% respecto a 2011 (ISTAT). Según CSO, en 2012 la cosecha incluyó 6,3 Mt de fruta en fresco (más de 3,6 Mt de cítricos), 7,5 Mt de hortalizas en fresco (aparte de 4,7 Mt de tomate para industria), 973.000 toneladas de lechuga, endivia y especies similares, y 312.000 toneladas de coles y especies similares.

**ESPAÑA** Los datos del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) indican que, en 2013, la producción española de frutas y hortalizas alcanzó las 18 Mt, de las cuales aproximadamente dos tercios se dedicaron a la exportación. Se dedicaron más de 800.000 hectáreas a los productos en fresco (151.000 a hortalizas, 56.000 a patatas, 312.000 a cítricos y 280.000 a frutas de otras especies).

**FRANCIA** Con cerca de 530.000 hectáreas dedicadas a las frutas y hortalizas (incluyendo patatas), Francia es el tercer productor europeo, con una producción anual de 5,4 Mt de hortalizas en fresco y 3 Mt de frutas en fresco (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2013). Además, es el primer productor europeo de hortalizas en conserva y el segundo de hortalizas congeladas (FranceAgriMer).

**PORTUGAL** En Portugal, la producción de frutas y hortalizas se ha incrementado en los últimos años, ocupando una superficie de 33.370 ha (+8,5% en comparación con 2011). La producción de tomates en fresco supone 96 Mt, seguida por la de zanahorias con 76 Mt, y la de coles con 75 Mt. La producción en invernadero representa el 16,9% de la producción total de hortalizas (INE, 2013).

### *1.2. El sector desde el punto de vista socioeconómico*

El sector del procesado de frutas y hortalizas representa un importante subsector dentro del sector de la alimentación - el sector industrial más importante en Europa - en términos de facturación, valor añadido, empleo y número de empresas (FOODDRINKEUROPE European Food and Drink Industry 2012 – Data & Trends, [www.federalimentare.it/m\\_banche\\_dati.asp](http://www.federalimentare.it/m_banche_dati.asp)). En 2011, la facturación del sub-sector de frutas y hortalizas fue de aproximadamente 61 miles de millones de € (el 6% del total de la facturación del sector de la alimentación, que alcanza los 1.017 miles de millones de €) y empleó casi 255.000 personas (de nuevo el 6% del total del sector alimentario, 4,25 millones). Aproximadamente 11.320 de las 287.000 empresas del sector registradas en Europa en 2010 son centrales hortofrutícolas y el 99% son PYMEs. Estas PYMEs generan casi la mitad de la facturación del sector de la alimentación y emplean a más del 61% de los trabajadores del sector (Fuentes: Eurostat, UN Comtrade, OECD).

**TABLA 1. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DEL SUB-SECTOR DE LAS CENTRALES HORTOFRUTÍCOLAS EN LOS CUATRO PAÍSES DEL PROYECTO TESLA.**

<b>CENTRALES HORTOFRUTÍCOLAS</b>	<b>ITALIA</b>	<b>ESPAÑA</b>	<b>FRANCIA</b>	<b>PORTUGAL</b>
<b>Producción (toneladas/año)</b>	19.000.000	18.000.000	8.400.000	807.938
<b>Número total de centrales hortofrutícolas</b>	1.856	3.407	1.802	247
<b>Número de cooperativas</b>	1.273	1.034	300	60
<b>Facturación (M€)</b>	7.800	6.300	7.583	655
<b>Número de empleados</b>	28.658	53.152	35.000	3.818

Fuentes: Osservatorio sulla Cooperazione Agricola Italiana 2011/Prometeia 2011 por Italia; Feria Internacional del Sector de Frutas y hortalizas 2013/Observatorio Socioeconómico del Cooperativismo Español 2013 (datos 2012) (Cooperativas Agro-alimentarias)/FIAB 2008/MARM 2009 por España; Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt 2013/CoopdeFrance 2009 por Francia; GPP 2013/Confagri 2013 por Portugal.

Recientemente, en Europa, se ha registrado un incremento de las exportaciones (11%) así como de las importaciones (14%) de frutas y hortalizas (Exportaciones: de 3.919 M€ en 2010 a 4.363 en 2011. Importaciones: de 6.655 M€ en 2010 a 7.565 en 2011. Fuente: Eurostat database COMEXT).

La Tabla 1 muestra información socioeconómica de los cuatro países del proyecto TESLA (España, Francia, Italia y Portugal). En las siguientes páginas se analizan determinados aspectos del sub-sector de las centrales hortofrutícolas, en cada uno de los cuatro países.

### 1.2.1. Facturación

**ITALIA** Las PYMEs italianas del sector agroalimentario alcanzan una facturación total de 35.052 M€. El 22% de esta facturación, 7.800 M€, se debe a empresas del sector de las frutas y hortalizas.

**ESPAÑA** Según los datos de la FIAB, en 2008 el sector agroalimentario alcanzó una facturación total de 7.438 M€ en hortalizas y de 7.209 M€ en frutas (incluyendo cítricos), y 551 M€ en patatas. El valor de las frutas y hortalizas frescas, procesado y comercializado por empresas agroalimentarias, fue de alrededor de 6.300 M€/año.

**FRANCIA** La facturación generada por cooperativas fue de 4.500 M€ (CoopdeFrance, 2009) y la facturación de todo el sub-sector en 2010 fue de 7.583 M€.

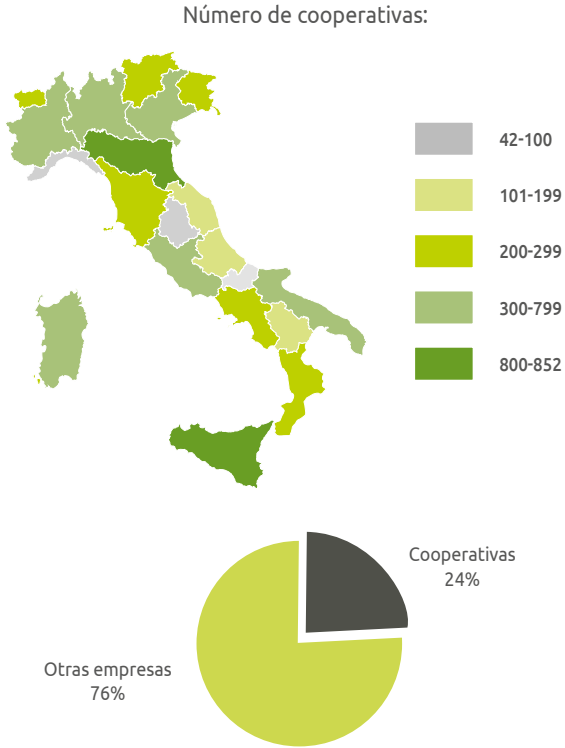
**PORTUGAL** La facturación del sector agroindustrial mostró un incremento anual medio del 3,7 desde 2000. Según los datos de GPP (2013) la facturación alcanzó los 655 M€ en 2012.

### 1.2.2. Número de centrales hortofrutícolas y de cooperativas.

Este sub-sector se caracteriza por la participación de numerosas cooperativas. La mayoría son de pequeño tamaño, con un pequeño número de cooperativas grandes.

**ITALIA** Este país cuenta con una amplia presencia de cooperativas (1.273 en 2011). Sin embargo, hay diferencias entre el norte y el sur; desde el punto de vista económico, la industria alimentaria es la más importante en el sur de Italia. En el norte, el 42% de las cooperativas producen el 80% de la facturación; en esta zona, una cooperativa media produce por valor de 11,4 M€, mientras que en el centro la cifra es de 3 M€ y en el sur de 1,7 M€ (Fuente: Osservatorio della Cooperazione Agricola Italiana, 2011). La mayoría de las cooperativas agrícolas son pequeñas, con un tamaño medio de central hortofrutícola de 6,1 M€.





**Figura 1.** Número de cooperativas del sector de frutas y hortalizas en Italia. El 24% de la facturación agroalimentaria es generado por cooperativas (Osservatorio della Cooperazione Agricola Italiana , 2011).

**ESPAÑA** Según el Fichero Coordinado de Industrias Agroalimentarias (FCIA), había 4.900 empresas implicadas en el sector de las frutas y hortalizas en 2009. El 85% se dedicaba al producto en fresco, el 12% al producto en conserva y el 3% a los zumos.



**Figura 2.** Distribución territorial de cooperativas dedicadas a las frutas y hortalizas frescas en España (OSCAE, Observatorio Socioeconómico del Cooperativismo Agrario Español, 2009).

**FRANCIA** En 2009, estaban registradas 1.082 empresas del sector de las frutas y hortalizas, y 300 eran cooperativas (datos de Coop de France y FranceAgriMer).

**PORTUGAL** Las industrias del sector de las frutas y hortalizas eran 247 en 2013 (datos de GPP, 2013), y aproximadamente 60 eran cooperativas (Confagri).

### 1.2.3. Número de puestos de trabajo

**ITALIA** Una cooperativa típica con una facturación de 6,1 M€ cuenta como media con 22,5 empleados.

**ESPAÑA** Los puestos de trabajo del sub-sector de las frutas y hortalizas suponen en torno a la mitad del empleo de todo el sector agroalimentario en España.

**FRANCIA** En 2009, el empleo permanente de este sub-sector fue de 10.000 personas, y el empleo estacional fue de 27.000 personas (datos de Coop de France).

**PORTUGAL** En 2011, el número estimado de empleos en el sub-sector de frutas y hortalizas fue de 3.818 personas (GPP, 2013).

Actualmente, el mercado global de la alimentación está fragmentado en segmentos específicos, y la tendencia muestra consumidores cada vez más atraídos por productos relacionados con la salud y el bienestar. Mientras que en el pasado, los productos alimentarios eran comercializados en comercios locales, actualmente las cadenas de supermercados realizan gran parte de la distribución y venta. En Francia, los supermercados cuentan con una cuota de mercado del 90%; mientras que este valor es del 70% en Alemania y el Reino Unido, y superior al 50% en Italia.

El sector agroalimentario está en disposición de abordar soluciones a sus principales problemas: la fragmentación excesiva de la producción, el desequilibrio en la distribución del valor a lo largo de la cadena de suministro, la falta de innovación en tecnología, y los puntos críticos de la logística. Un aspecto particular es la eficiencia energética del sector, sin perder de vista los principios de sostenibilidad ambiental y, finalmente, las necesidades de los consumidores.

Este manual examina los aspectos técnicos asociados al consumo de energía de la industria de procesado de frutas y hortalizas, buscando identificar el consumo energético de cada proceso y su contribución al total del sector alimentario.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS

Tras la cosecha, una vez que las materias primas del proceso han llegado a la cooperativa, se someten a procesos específicos antes de su llegada al mercado. La primera fase siempre consiste en el proceso de aceptación, recepción y descarga. Para productos frescos (primera gama) se requiere casi siempre un almacenamiento preliminar, y además, dependiendo del caso, se pueden realizar procesos de limpieza, selección y calibración. Otros tratamientos posibles en productos en fresco son lavado, llenado aséptico, y envasado en atmósfera protectora. Los procesos de desinfección y refrigeración son procesos importantes en determinados productos. Muchos de estos aspectos también caracterizan los procesos de los productos de cuarta gama.

**Figura 3.** Descarga de camiones con carretillas elevadoras.



El desglose de los procesos para una central hortofrutícola típica y la duración aproximada de cada proceso se describen a continuación:

- *Recepción (~ 2 h)*
- *Limpieza y secado (~ 2 h)*
- *Selección y calibrado (~ 2 h)*
- *Envasado (~ 2 h)*
- *Conservación en frío (~ 1 día)*

### 2.1. Recepción

Las frutas y hortalizas procedentes de campo se entregan en la zona de descarga desde el vehículo de transporte. Se realiza una primera inspección del producto: códigos de trazabilidad, tamaños, calidad, daños, etc. Generalmente toda esta información se almacena en la base de datos de la cooperativa.

Desde aquí carretillas elevadoras u otros vehículos realizan cargas y descargas a una zona de preenfriado o a una línea de clasificación.

En muchos casos, las frutas y hortalizas se deben enfriar rápidamente; la eliminación del calor de partida es

importante para mantener la calidad del producto y su futura vida útil. El pre-almacenamiento del producto se puede llevar a cabo en cámaras frigoríficas, pre-enfriadoras, o zonas específicas acondicionadas, por las que pasan los productos antes de entrar en las líneas de clasificación para su procesado y envasado.



**Figura 4.** Pre-enfriadoras de aire verticales que reducen el tiempo de preenfriado, lo cual aumenta la calidad y vida útil de las frutas y hortalizas y ahorra costes de energía.

El paletizado y/o volcado se realiza de diferentes maneras dependiendo del tipo de proceso: si el producto se recolecta en recipientes de plástico, el volcado se realizará adaptado al tipo de recipiente. La maquinaria para paletización es cada vez más habitual.



**Figura 5.** Maquinaria para paletización.

## 2.2. Limpieza y secado

Las fases de limpieza y secado no son fijas en el procesado de frutas y hortalizas y dependen de las características y morfología del producto.



**Figura 6.** Volcado de manzanas en agua (a la izquierda) y túnel de secado (a la derecha).

## 2.3. Selección y calibración

La fase de selección es frecuente en muchos productos del subsector de las frutas y hortalizas frescas. La selección se puede realizar por color, tamaño, u otras propiedades físicas. Las empresas generalmente comercializan un amplio número de productos, por ello, las líneas de clasificación deben cubrir tanto las campañas de invierno como las de verano,

con mecanismos que se puedan adaptar al más amplio rango posible de productos. Otros tratamientos se pueden incorporar: desverdizado, drencher, encerado, etc.



**Figura 7.** Equipamiento para lavado y selección.

**DESVERDIZADO.** El proceso de desverdizado depende de las condiciones climáticas previas a la cosecha. Los cítricos con frecuencia alcanzan la madurez comercial con trazas de color verde en la epidermis (flavedo). Aunque son similares a frutos con color, los consumidores consideran que los frutos con trazas verdes no están suficientemente maduros y no tendrán el sabor adecuado. El desverdizado consiste en la degradación de la clorofila que enmascara de verde los demás pigmentos naturales. Para ello, los cítricos se someten durante 24 a 72

horas (dependiendo del grado de desverdizado inicial) a una atmósfera con etileno (5-10 ppm) en cámaras con ventilación controlada y alta humedad relativa (90-95%). Las condiciones del desverdizado son específicas para cada zona de producción.

**DRENCHER.** Se realizan diferentes tratamientos para prevenir las plagas y enfermedades en postcosecha. Entre ellos, destaca el drencher como un proceso con productos químicos muy útil para evitar escaldado u otros problemas bacterianos o fúngicos en el almacenamiento.

**ENCERADO.** Algunos frutos como las manzanas, melocotones, nectarinas, cítricos, pepinos u otros se enceran por las siguientes razones: para reducir la deshidratación, mejorar su vida útil reemplazando las ceras naturales perdidas en los procesos de lavado, y para sellar pequeñas heridas que puedan producirse durante el manejo. Las ceras pueden llevar fungicidas, o simplemente utilizarse para mejorar el brillo y apariencia del producto; hay diferentes formulaciones disponibles. Se pueden aplicar como nebulización o espumas, o por inmersión y goteo, o de otras maneras. Es importante la uniformidad de la aplicación. Se utilizan cepillos suaves o rodillos para asegurar la aplicación en la superficie del fruto con una textura suave.

Una aplicación excesiva puede bloquear el intercambio gaseoso y producir asfixia en los tejidos, causando ennegrecimientos internos y el desarrollo de indeseados olores o sabores. Es muy importante que las ceras estén aprobadas para consumo humano.

#### 2.4. Envasado

Finalmente, se utiliza maquinaria específica para el envasado y expedición. Dependiendo del tipo de producto se realiza un control de calidad adecuado en esta última fase.



**Figura 8.** Selección del producto y área de envasado.



**Figura 9.** Equipamiento de envasado.

#### 2.5. Conservación en frío

Las frutas y hortalizas se deben refrigerar con rapidez una vez que llegan del campo. La eliminación del calor inicial es importante para mantener la calidad y aumentar la vida útil. Los procesos de almacenamiento en frío implicados son los mayores consumidores de energía en este tipo de instalaciones.

### 3. ANÁLISIS ENERGÉTICO DE LAS CENTRALES HORTOFRUTÍCOLAS

En general, la industria agroalimentaria utiliza la energía para procesado, conservación, envasado y almacenamiento de los alimentos, como principales procesos. El proceso de envasado, que debe ser adecuadamente seguro, es extremadamente importante en muchas ocasiones, y también en ocasiones es un proceso con un alto consumo de energía: las técnicas de envasado más modernas son sofisticadas y requieren tecnología aséptica. El almacenamiento suele ser otro proceso con alto consumo de energía: en particular, si la cosecha es estival, el almacenamiento refrigerado es crucial debido a las altas temperaturas exteriores. Congelado y secado son dos de las técnicas clave en almacenamiento de alimentos, pero no se van a tratar en profundidad en este manual porque son más propias de alimentos de 2ª, 3ª, y 5ª gamas.

El principal input de estos procesos agroindustriales, aparte de las materias primas, es el consumo de energía. Los procesos agroalimentarios modernos consumen grandes cantidades de energía en la producción y transformación de alimentos de origen animal y vegetal, para cubrir la demanda global. La energía utilizada en procesado, transporte y preparación de alimentos

es generalmente de tres a cuatro veces superior a la cantidad de energía utilizada en la producción primaria (Smil, 2008).

Específicamente, la industria alimentaria precisa de energía térmica para calefacción y refrigeración, y electricidad para el procesado. Al consumo directo hay que añadir la energía necesaria para determinados materiales, como el plástico o el aluminio del envasado.

En general, menos del 10% de la energía consumida por la industria manufacturera es para usos auxiliares, incluyendo las instalaciones de calefacción, ventilación, climatización, iluminación, instalaciones de apoyo, y transporte. El consumo de combustible en calderas puede representar cerca de un tercio del consumo total.

Adicionalmente, se presentan datos de consumo energético (en toneladas equivalentes de petróleo, TEP) en el sub-sector de frutas y hortalizas en Francia (Agreste, 2010):

- *Total del sub-sector de frutas y hortalizas: 95.442 TEP*
- *Procesado y conservación de patatas: 14.386 TEP*
- *Preparación de zumos de frutas y otros vegetales: 9.910 TEP*
- *Otros procesos de procesado y conservación de vegetales: 55.780 TEP*
- *Procesado y conservación de frutas: 15.367 TEP*



### 3.1. Consumo eléctrico

Las tablas siguientes muestran el porcentaje de consumo de energía que precisa cada fase en el sub-sector de las frutas y hortalizas.

Como media, el consumo energético más importante es el necesario para los procesos de enfriamiento y refrigeración (46,4%, Tabla 2), pero la energía térmica necesaria para los procesos sanitarios y de higiene del producto puede ser también considerable. La demanda de energía de la industria de alimentos se puede clasificar en función de siete subsistemas principales de energía, a saber: i) aire (ventilación y acondicionamiento de aire), ii) generación de vapor, iii) motores y bombas, iv) aire comprimido, v) enfriamiento y refrigeración, vi) calefacción e iluminación de la infraestructura y los edificios, y vii) transporte.

Sin embargo, hay que subrayar que los datos presentados pueden no reflejar todas las situaciones posibles, ya que tanto las tecnologías de procesado como las materias primas pueden ser diferentes de una empresa a otra. En centrales hortofrutícolas orientadas al mercado en fresco, las instalaciones están basadas en procesos de enfriamiento/

**TABLA 2. PORCENTAJES DE CONSUMO DE ENERGÍA EN LAS CENTRALES HORTOFRUTÍCOLAS ESPAÑOLAS BASADAS EN PROCESOS DE REFRIGERACIÓN.**

<b>FASE DE PROCESADO</b>	<b>%</b>
Recepción de la materia prima, lavado, selección y calibrado	19,5
Procesado: cortado, molienda, calibrado, pelado, etc. Operaciones post-tratamiento, control de calidad y envasado	12,2
<b>Refrigeración/almacenamiento en frío</b>	<b>46,4</b>
Transporte	2,0
Aire acondicionado	2,5
Iluminación	7,8
Procesos auxiliares	9,6
<b>ENERGÍA TOTAL</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Datos procedentes del análisis de diez centrales hortofrutícolas españolas, Cooperativas Agro-alimentarias, 2010.

refrigeración, por lo que un alto porcentaje de la energía consumida es eléctrica; en algunos casos, el consumo de

energía es directamente proporcional a las necesidades de refrigeración (ver Figura 10 más adelante).

**TABLA 3. CONSUMO DE ENERGÍA EN LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN HABITUALES EN UNA CENTRAL HORTOFRUTÍCOLA PORTUGUESA REPRESENTATIVA (10.000 TONELADAS DE PRODUCTO AL AÑO).**

FASE DEL PROCESO	Tecnología común	Capacidad (t/hora)	Potencia eléctrica instalada (kW)	Consumo de energía eléctrica (kWh/año)	Potencia térmica (kW)	Consumo de gasoil
Recepción	Báscula para pesado, máquinas de lavado, drencher	57	184	33.500	-	-
Conservación	Almacenamiento en frío	-	270	536.000	-	-
Envasado	Maquinaria de calibración y envasado	6	39	67.000	-	-
Expedición	Cámaras para expedición	6	19	33.500	-	-
Iluminación y otros tipos de equipamiento eléctrico auxiliar	Fluorescentes	-	12	56.300	-	-
Equipamiento auxiliar	Carretillas elevadoras	14	-	-	10	14.560
<b>TOTAL</b>	-	-	523	726.300	10	14.560

Fuente: Datos procedentes del análisis de una instalación representativa, Universidad de Évora.

### *3.2. Consumo térmico*

En las centrales hortofrutícolas, generalmente centradas en el producto en fresco, el consumo térmico de energía no es muy importante. Los datos de Cooperativas Agro-alimentarias proporcionan una idea de la distribución del consumo de energía en un conjunto de PYMEs auditadas en 2010: el consumo térmico fue del 14% mientras que el eléctrico fue del 86%. El consumo térmico se empleó para el calentamiento de agua para lavado, para vehículos de transporte y para quemadores utilizados en secado de algunas frutas y hortalizas. 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. La Tabla 4 muestra datos del consumo eléctrico y térmico por tonelada de producto procesado, en este caso con un importante consumo de energía térmica (especialmente intenso en industrias dedicadas a la segunda gama en frutas y hortalizas).

### *3.3. Balance de energía (diagrama Sankey)*

El balance de energía del proceso industrial en cooperativas basadas en procesos de refrigeración, basado en un análisis realizado en 2010 por Cooperativas Agro-alimentarias en diez centrales hortofrutícolas, se presenta en la figura 10 en forma de diagrama Sankey.

**TABLA 4. PROCESOS INDUSTRIALES Y SU CONSUMO ENERGÉTICO ASOCIADO DE UNA INDUSTRIA ITALIANA TÍPICA BASADA EN PROCESOS TÉRMICOS.**

<b>FASE DEL PROCESO</b>	<b>Consumo eléctrico (kWh por tonelada de producto procesado)</b>	<b>Consumo térmico (kWh por tonelada de producto procesado)</b>	<b>Consumo de energía en bombeo de agua (kWh por tonelada de producto procesado)</b>
Recepción de las materias primas	3,4	-	-
Lavado, selección y calibrado	2,1	51	-
Cortado, molido, pelado y otros tipos de procesado	3,4	72	3
Escaldado y secado	1,5	209	-
Enfriamiento / lavado	3,9	-	3
Control de calidad y envasado	3,0	50	-
Tratamientos térmicos para estabilización	-	229	8
Refrigeración	1,1	-	-
Almacenamiento	1,0	-	-
<b>ENERGIA TOTAL</b>	<b>19,4</b>	<b>611</b>	<b>14</b>

Fuente: LG MTD Industria Alimentare, 2008.

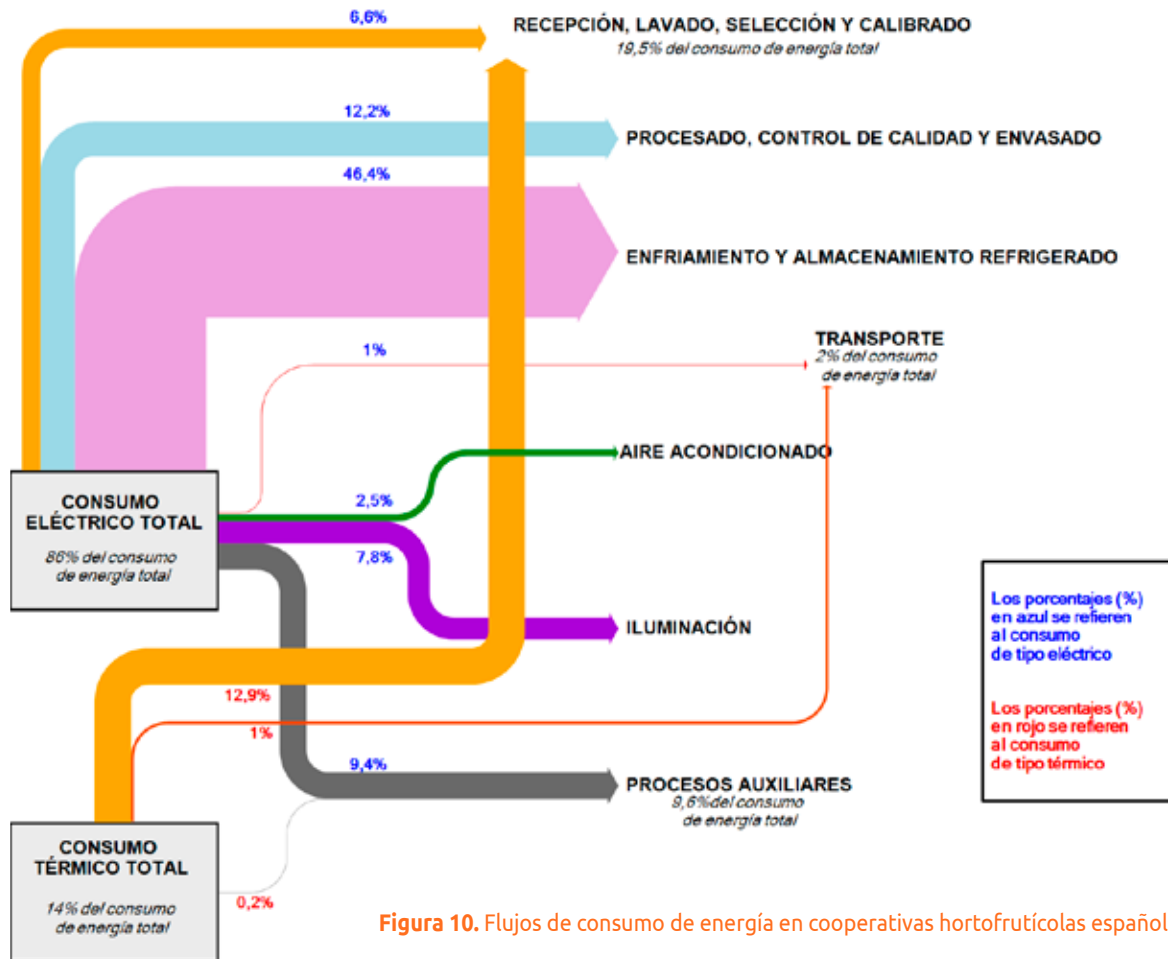


Figura 10. Flujos de consumo de energía en cooperativas hortofrutícolas españolas.

### 3.4. Costes de la energía

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 instalación 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	144	37
España	125	60
Francia	Entre 60 y 110	Entre 20 y 80
Portugal	80	70

### 4. MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Tras un breve análisis del sub-sector de las frutas y hortalizas en los cuatro países del proyecto TESLA, el capítulo 4 se centra en proponer posibles acciones para el ahorro de energía y la mejora en la eficiencia energética en las instalaciones de las centrales hortofrutícolas.

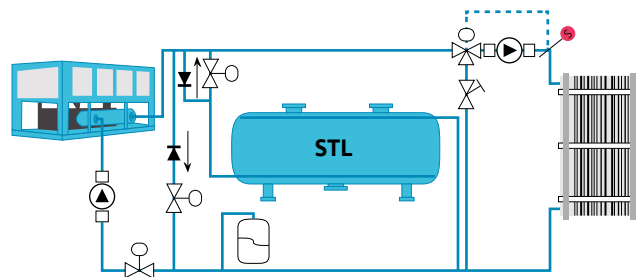
El almacenamiento refrigerado es el proceso que más energía demanda, puesto que se produce durante varios meses al año y con altas temperaturas exteriores. El consumo de electricidad para la generación de frío puede llegar al 53% del total de electricidad consumida. Por tanto, la producción de frío con cámaras frigoríficas, tecnologías y materiales eficientes son aspectos clave en el ahorro de energía.

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

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

**DESACOPLAMIENTO 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%; se puede reducir la potencia eléctrica contratada.



**Figura 11.** 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. 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, se instalan variadores de velocidad en compresores y ventiladores, permitiendo la regulación del consumo de energía en situaciones de carga del 25% al 100%. También pueden instalarse arrancadores electrónicos para reducir los

picos de consumo en el arranque.

El ahorro potencial es considerable, teniendo en cuenta que las máquinas antiguas (con compresor alternativo y sin opciones de regulación) tienen un EER cercano a 1,5 mientras que los equipos modernos ofrecen valores de EER próximos a 3. (NOTA: EER es el Energy Efficiency Ratio, que significa que con 1 kWh de electricidad, se producen 1,5 (ó 3) kWh de frío).



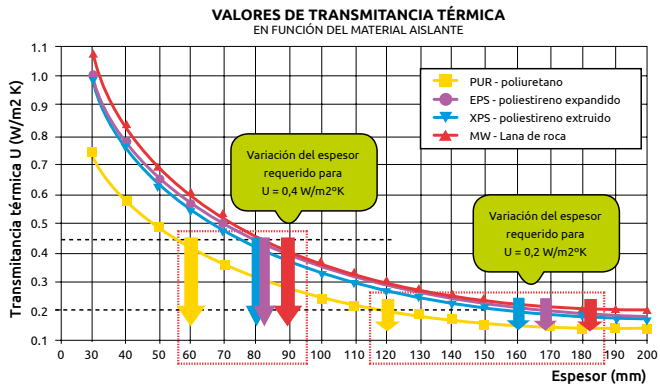
**Figura 12.** Equipo de producción de frío.

#### *4.2. Mejora del aislamiento en cámaras frigoríficas*

La sustitución o mejora de los paneles instalados en paredes y techos por paneles de poliuretano de mayor espesor que garanticen una menor transmitancia térmica producirán una mejora en las condiciones de aislamiento, requiriendo una inversión de tipo medio.

Los ahorros de energía reales dependerán de la superficie de la cámara, de la transmitancia térmica de la situación previa y de los nuevos paneles, y de las temperaturas internas y externas. Considerando el caso de una cámara frigorífica (dimensiones internas: 10 m x 10 m x 3.5 m) que inicialmente tiene paredes y techo de poliestireno con un espesor de 80 mm y coeficiente de transmitancia térmica  $U = 0,4 \text{ W/m}^2\text{C}$ , si el aislamiento pasa a ser de paneles de poliuretano con un espesor de 100 mm y coeficiente  $U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{C}$ , y con unas temperaturas exteriores de 29°C e interiores de 10°C, el consumo de energía se puede reducir en un 20%.





**Figura 13.** Transmitancia térmica de diferentes materiales y espesores.

### 4.3. Motores eficientes

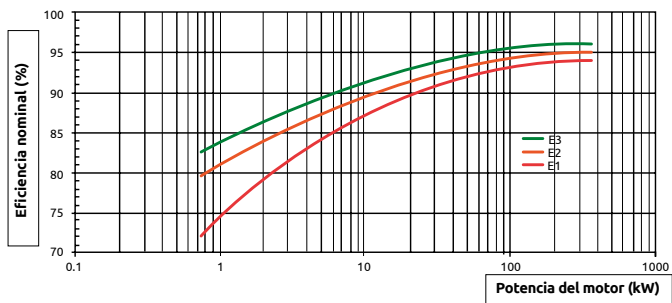
El consumo de un motor eléctrico depende de varios factores. Para aprovechar al máximo el potencial del motor, se debe optimizar el conjunto global del cual es parte, y luego tratar de optimizar el funcionamiento del propio motor. Se pueden considerar los siguientes aspectos.

**MOTORES DE ALTA EFICIENCIA.** La eficiencia energética de los motores está clasificada en la norma CEI 60034-30. De acuerdo con esta clasificación, hay cinco niveles:

- *IE1 : eficiencia estándar*
- *IE2 : alta eficiencia*
- *IE3 : eficiencia Premium*
- *IE4 : eficiencia Súper Premium*
- *IE5 : eficiencia Ultra Premium (recientemente disponible en el mercado)*

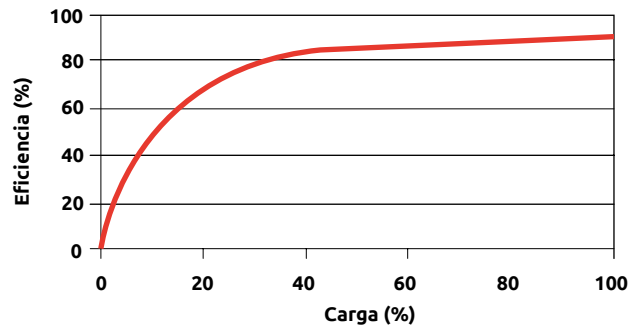
La Directiva Europea EuP (*Energy-using Products*), establece los requisitos de eco-diseño relativos a los motores, según los niveles de eficiencia definidos en la norma CEI 60034-30. Esta directiva establece que los niveles de eficiencia energética que deben alcanzar o superar los motores comercializados serán: 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.

La figura 14 muestra las diferencias entre los tipos de motores.



**Figura 14.** Comparación de las curvas de eficiencia energética de los diferentes tipos 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 15.



**Figura 15.** 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 automatismos. 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 reducir el

consumo en bombas centrífugas, compresores, ventiladores y otros equipos. Se pueden utilizar en líneas de clasificación y cintas transportadoras, mejorando el consumo eléctrico y el funcionamiento.

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.

#### *4.4. Producción de aire comprimido*

Muchas centrales hortofrutícolas tienen sistemas de aire comprimido en diferentes procesos: prensas, equipos de frío, transporte de productos, etc. La producción del aire comprimido la realizan 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 tienen 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.

### *4.5. 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, caudal o nivel de carga. El ahorro de energía conseguido depende de varios factores, entre ellos el número de horas de funcionamiento anual; en porcentaje puede llegar a ser hasta del 50%.

#### *4.6. 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, 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 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 m, el diámetro de la tubería 150 mm, y el material aislante es poliuretano de 31 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.

**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°C, temperatura de la sala 20°C, y tamaño de válvula 150 mm, se calcula que el ahorro de energía potencial instalando un aislamiento móvil sobre la válvula puede ser de 970 W (BREF, 2009). Además, como regla general, cualquier superficie que alcance temperaturas superiores a 50°C y tenga riesgo de contacto con personas, debería aislarse por seguridad.



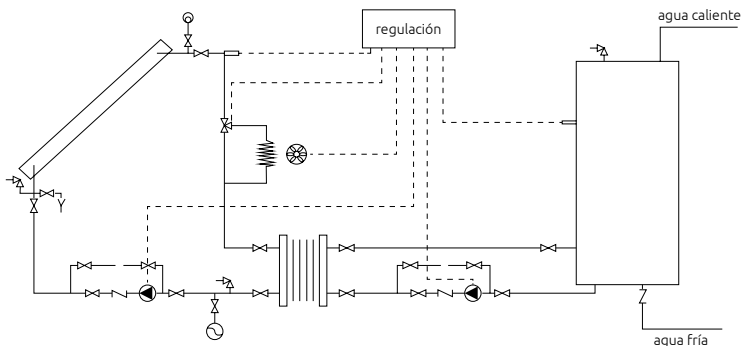
**Figura 16.** Aislamiento de tuberías en buenas condiciones.

#### *4.7. Calentamiento de agua o de aire*

En las las centrales hortofrutícolas 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 captadores solares de alta eficiencia equipados con vidrio de alta transparencia (superior al 92%) y absorbedor en cobre con tratamiento selectivo (TINOX) que presentan una resistencia térmica de 250°C, unos valores de rendimiento óptico del 75% y coeficiente de pérdidas de calor de 2,9 W/m<sup>2</sup>°C.

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, y por lo tanto en menores emisiones de CO<sub>2</sub>.



**Figura 17.** Esquema con energía solar térmica IMS (CPC solar).

### 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 del edificio. 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 del edificio; 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.

Los sistemas de recuperación de calor están disponibles para la mayoría de los compresores del mercado como equipos opcionales, bien integrados en el compresor o bien como una solución externa. 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 energía 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%.

#### 4.8. Iluminación

En los sectores del proyecto TESLA son necesarios potentes instalaciones de iluminación. En la actualidad se instalan varios tipos de lámparas, fundamentalmente de descarga de gases (fluorescentes, vapor de sodio o vapor de mercurio), o tecnologías

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

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

Fuente: Philips.



halógenas. Algunas de estas lámparas son poco eficientes (vapor de mercurio) y pueden reemplazarse 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%. 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 tabla 6 muestra el ahorro de energía que se puede conseguir reemplazando lámparas de descarga de gases por LEDs.

#### *4.9. 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 transformador 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 instalación; la compensación de la energía reactiva es beneficiosa para el ahorro de energía en la red eléctrica, no en la propia instalación.

#### *4.10. Transformadores*

Todas las centrales hortofrutícolas cuentan con un transformador 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 de la instalación. Los transformadores de aislamiento seco pueden reducir las pérdidas en el equipo hasta en un 70%, además son más seguros, su mantenimiento es más sencillo, y tienen buena capacidad para soportar sobrecargas y resistir cortocircuitos.

#### *4.11. Herramientas de gestión*

Las industrias 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.

## **5. CONCLUSIONES**

En la última década, se ha producido un interés creciente por la eficiencia energética en el sector de la industria agroalimentaria para disminuir costes y emisiones de gases de efecto invernadero. El establecimiento de estándares energéticos mínimos para la maquinaria (motores, equipos de frío, calderas), y el uso de energías renovables suponen soluciones efectivas para reducir el consumo de energía y el impacto ambiental. La aplicación de medidas de eficiencia energética en la producción de vapor (calderas, distribución del calor), aire comprimido, procesos de enfriamiento y refrigeración, calefacción, e iluminación, pueden ciertamente conseguir ahorros de energía del 15 al 25% (Kaminski and Leduc, 2010). En el presente manual se muestra un amplio abanico de posibles medidas. Por ejemplo, el almacenamiento de alimentos puede mejorarse utilizando mejor las instalaciones de ventilación o instalando ventiladores con variadores de frecuencia y tecnología inverter. Los flujos térmicos obtenidos se pueden utilizar para el calentamiento de agua para lavado o para calefacción en invierno. Es de gran interés la aplicación de estándares MEPS (Minimum Energy Performance Standards), para alentar la utilización de tecnología más eficiente y mejorar el diseño

de determinados equipos (compresores, intercambiadores de calor, lámparas, ventiladores y tecnologías de control). Las energías renovables y alternativas representan otro importante campo de aplicaciones que se debe evaluar en las industrias alimentarias para reducir los costes de energía. La producción de calor con biomasa local, el uso eficiente del vapor y la cogeneración son opciones que pueden producir significativas mejoras en el uso de la energía en centrales hortofrutícolas con procesos térmicos. Otros aspectos importantes son la optimización de la eficiencia de las combustiones, la recuperación de calor de los gases de escape y el correcto diseño de la potencia de motores eléctricos de alta eficiencia: se pueden conseguir ahorros de energía del 20% al 30%. Un manejo más inteligente de la energía debe incluir un análisis de la factura energética, la identificación del estado de mantenimiento de los equipos y de sus parámetros de funcionamiento, y un cuidadoso estudio de los procesos de producción. Además, los incentivos gubernamentales (por ejemplo, para los estándares UNI EN 16.001/ISO 50.001) son muy importantes para incentivar la inversión en acciones de eficiencia energética en el sector.

## **6. REFERENCIAS Y FUENTES DE INFORMACIÓN**

- Agreste, 2010.
- Circe, *Best Practices Collection*, 2014.
- Cleland D., *Toward a sustainable cold chain. International Institute of Refrigeration. Cambridge. 2010.*
- Confagri, 2013.
- CoopdeFrance, 2009.
- Cooperativas Agro-alimentarias.
- CSO (Centro Servizi Ortofrutticoli). *Tutti i numeri dell'ortofrutta italiana, la panoramica completa 2012.*
- European Commission, *Directorate-General for Agriculture.*
- Eurostat; *Eurostat database COMEXT.*
- FAOSTAT, 2006-2009.
- FCIA. *Fichero Coordinado de Industrias Agroalimentares.*
- *Feria Internacional del Sector de Frutas y Hortalizas 2013.*
- FIAB, 2008.
- FOODDRINKEUROPE *European Food and Drink Industry 2012 – Data & Trends.*
- *FranceAgriMer, Etablissement National des Produits de l'Agriculture et de la Mer.*
- GPP, *Office of Planning and Policies, 2013. Fruícolas, Hortícolas e Flores. Código NC: 06; 07; 08; 20; Programa de Desenvolvimento Rural do Continente 2014-2020. 1b-Anexo\_ Diagnostico. 48 pp.*
- INE, 2013. *Estatísticas Agrícolas 2012. Instituto Nacional de Estatística, I.P.. 180 pp.*
- Kaminski J., Leduc G., 2010. *Energy efficiency improvements options for the EU food industry. POLITYKA ENERGETYCZNA. Tom 13, zeszyt 1. PL ISSN 142-6675.*
- ISTAT, 2009-2012. *Italian Institute for Statistics.*
- LG MTD *Industria Alimentare (Linee Guida per l'identificazione delle Migliori Tecniche Disponibili), 2008.*
- MAGRAMA *Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.*
- MARM, 2009.
- *Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2013.*



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