



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

Escuela técnica superior de ingeniería agronómica y del medio natural.



## *Estudio de viabilidad de la implantación solar térmica en industrias alimentarias*

Pablo Xavier Calderón Luna

Grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

Curso 2017-2018

Valencia, julio de 2018

Tutora: Dña. GABRIELA CLEMENTE POLO.

Primer tutor externo: FRASQUET HERRAIZ, MIGUEL.

## Resumen.

La implementación de tecnología de concentración solar térmica en la industria agroalimentaria viene marcada por la necesidad de disminuir el consumo de combustibles fósiles (gas natural, gasoil, fuel oil, propano y butano), de manera que se satisfagan las necesidades energéticas de las industrias a la vez que se reducen las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera. Este estudio se centra en conocer la viabilidad de la implantación de energía solar térmica en la industria alimentaria.

Para ello, en primer lugar, se buscaron industrias alimentarias situadas en zonas de elevada radiación solar y con etapas térmicas en sus procesos productivos. Se seleccionaron cuatro empresas, teniendo en cuenta factores como la demanda energética de la empresa, su consumo de gas natural o de otros hidrocarburos y el perfil energético durante el año. Las empresas seleccionadas fueron una de elaboración de cerveza artesanal (tamaño pequeño), una de fabricación de pasta (tamaño mediano), una de conservas y otra de zumos (tamaño grande). El análisis se realizó mediante el estudio energético y financiero de dichas industrias, con el fin de estimar el potencial real de aplicación de energía solar térmica en cada una de ellas. Los resultados mostraron que la implantación de esta tecnología permite disminuir en hasta el 16% el consumo de combustibles fósiles, lo que representa una mejora para las empresas tanto desde el punto de vista económico como medioambiental.

**Palabras clave:** energía solar térmica, radiación, industria alimentaria, etapa térmica.

## Summary.

The implementation of thermal solar concentration technology in the agri-food industry is marked by the need to reduce the consumption of fossil fuels (natural gas, diesel, propane and butane). The energy needs of the industries can be reached at the same time that the emissions of polluting gases are reduced. This study focuses on the feasibility of implementing solar thermal energy in the food industry.

For that purpose, industries located in areas with high solar radiation and with thermal stages in their production processes were searched. Four companies were selected, taking into account factors such as the energy demand of the company, its consumption of natural gas or other hydrocarbons and the energy profile during the year. The selected companies were a small-scale brewing (small size), a pasta manufacturing (medium size), a canning company and a juice company (large size). The analysis was carried out through the energy and financial study of the industries, in order to estimate the real potential of application of solar thermal energy in each of them. The results showed that the implementation of this technology allows the consumption of fossil fuels to be reduced up to 16%, which represents an improvement for the companies, both from an economic and environmental point of view.

**Keywords:** thermal solar energy, radiation, food industry, thermal stage.



### **Agradecimientos.**

A mi tutora, Gabriela, por su incansable paciencia a la hora de realizar este proyecto, que sin su ayuda no habría salido adelante.

A mi cotutor, Miguel, que me brindó la oportunidad de ingresar en el equipo de SOLATOM y depositar en mí la confianza necesaria para llevar a cabo mis labores dentro del equipo.

Por último, agradecer a mi familia, en especial a mis padres (Miguel Ángel y Nancy), por su paciencia, por el tiempo que no he podido estar con ellos y sobre todo por el cariño que día a día me brindan.

Gracias a todos.

## Índice

1.	ANTECEDENTES.....	1
2.	CONSUMO ENERGÉTICO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA.....	2
2.1.	ETAPAS TÉRMICAS DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA.....	3
2.1.1.	ESCALDADO.....	3
2.1.2.	PASTEURIZACIÓN.....	4
2.1.3.	ESTERILIZACIÓN.....	4
2.1.4.	MACERACIÓN.....	5
2.1.5.	COCCIÓN.....	6
2.1.6.	SECADO.....	6
2.1.7.	EVAPORACIÓN.....	7
2.2.	PRINCIPALES INDUSTRIAS ALIMENTARIAS CONSUMIDORAS DE ENERGIA.....	7
2.2.1.	FABRICACIÓN DE BEBIDAS.....	7
2.2.2.	PREPARACIÓN Y CONSERVACIÓN DE FRUTAS Y HORTALIZAS.....	8
2.2.3.	INDUSTRIAS DE PASTAS ALIMENTICIAS.....	10
3.	TECNOLOGÍA DE CONCENTRACIÓN SOLAR TÉRMICA.....	11
4.	OBJETIVO.....	13
5.	METODOLOGÍA.....	13
5.1.	METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	13
5.1.1.	EVALUCIÓN DE LOS NIVELES DE RADIACIÓN SOLAR EN EL TERRITORIO ESPAÑOL.....	13
5.1.2.	BUSQUEDA DE INDUSTRIAS DEL SECTOR ALIMENTARIO.....	14
5.1.3.	RECOGIDA DE DATOS MEDIANTE SOLICITUD DE FORMULARIO PREEVIO.....	15
5.1.3.1.	DATOS DE USUARIO.....	15
5.1.3.2.	DATOS FINANCIEROS.....	16
5.1.3.3.	DATOS DE UBICACIÓN.....	16
5.1.3.4.	DATOS DE PROCESO.....	17
5.1.3.5.	PERFILES ANUALES DE CONSUMO.....	17
5.1.4.	INTRODUCCIÓN DE LOS DATOS RECOPIADOS EN EL PROGRAMA RESSSPI.....	18
6.	RESULTADOS.....	18
6.1.	RESULTADOS DE LA BÚSQUEDA.....	18
6.2.	RESULTADOS DEL FORMULARIO DE OBTENCIÓN DE DATOS.....	20
6.3.	INFORME RESULTADOS ENERÉTICOS Y FINANCIEROS.....	23
6.3.1.	RESULTADOS ENERGÉTICOS.....	23
6.3.1.1.	NÚMERO DE MÓDULOS.....	23
6.3.1.2.	ESQUEMA DEL TIPO DE CONEXIÓN.....	24
6.3.1.3.	PRODUCCIÓN SOLAR DURANTE UN AÑO.....	25
6.3.2.	RESULTADOS FINANCIEROS.....	28
7.	CONCLUSIÓN.....	30
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	32

## Índice de figuras

Figura 1. Encuestas de consumos energéticos actividad extractiva y manufacturera (2009-2015). INE, 2017.....	1
Figura 2. Evolución del consumo energético según tipo de fuente (2009-2015). INE 2017.....	2
Figura 3. Consumo energético según actividad principal 2015. INE 2017.....	3
Figura 4. Intercambiador de placas (a), intercambiador de tubos (b) .....	4
Figura 5: Sistema UHT (ultra high temperature) .....	5
Figura 6. Tanques de maceración. ....	6
Figura 7. Evaporador de simple efecto a vacío.....	7
Figura 8. Módulo de concentración solar (a), mecanismo de calefacción (b) .....	8
Figura 9. Diagrama calor a tanque de condensados (a), directo a proceso (b), tanque de almacenamiento (c) .....	9
Figura 10. Niveles de radiación solar (Estudio geolocalizado del potencial de aplicaciones de calor solar de proceso en media temperatura). Solar Concentra, 2017.....	13
Figura 11. Demanda de energía térmica en el sector de alimentación y bebidas (Estudio geolocalizado del potencial de aplicaciones de calor solar de proceso en media temperatura). Solar Concentra, 2017.....	14
Figura 12. Datos del usuario. RESSSPI (red de sistemas solares simulados para procesos industriales) .....	15
Figura 13. Datos financieros. RESSSPI (red de sistemas solares simulados para procesos industriales) .....	16
Figura 14. Datos de la ubicación. RESSSPI (red de sistemas solares simulados en procesos industriales) .....	16
Figura 15. Datos del proceso. RESSSPI (red de sistemas solares simulados en procesos industriales) .....	17
Figura 16. Datos del perfil de consumo. RESSSPI (red de sistemas solares simulados en procesos industriales) .....	17
Figura 17. Número de industrias según la actividad comercial. ....	19
Figura 18. Conexión directa a proceso (a), conexión a depósito (b), conexión a depósito de condensados (c) .....	24
Figura 19. Producción y demanda energética. Empresa de zumos (a), conservas (b), pastas alimenticias (c) y cerveza (d) .....	26
Figura 20. Producción solar primera semana de enero y junio sin almacenamiento empresa de conservas (a) y de pastas (b) .....	27
Figura 21. Producción solar primera semana de enero y junio con almacenamiento empresa de zumos.....	28
Figura 22. Gráfica cash flow empresa conservas (a), pastas alimenticias (b), cerveza (c) y zumo (d) .....	30



## Índice de tablas.

Tabla 1. Sectores industriales de la fabricación de bebidas. INE, 2017.....	8
Tabla 2. Distribución del consumo energético en la fabricación de bebidas. INE, 2017.....	8
Tabla 3. Tabla 3: Consumo energético en la conservación y preparación de frutas y hortalizas. INE, 2017.....	9
Tabla 4. Número de empresas según el tipo de conexión. ....	19
Tabla 5. Datos de proceso de cada industria. ....	21
Tabla 6. Resultados energéticos.....	23
Tabla 7. Resultados financieros. ....	28

## 1. Antecedentes.

La industria agroalimentaria es la principal actividad manufacturera en la Unión Europea, con un volumen de negocio superior a 1.098.000 millones de euros en el año 2016, lo que supone un incremento del 10% respecto al ejercicio anterior (MAPAMA, 2014). La industria alimentaria española representa la quinta industria manufacturera de la Unión Europea en cuanto a valor de negocio con un 9,5%, tras Francia (16,4%), Alemania (15,4%), Italia (12%) y Reino Unido (11,9%).

La industria alimentaria en España es la primera rama industrial que ocupa a la mayoría de los empleados tanto directa como indirectamente, con valores de empleabilidad cercanos al 22% y una inversión del 18% (MERCASA, 2016). Además, el sector alimentario español no sólo no ha disminuido su actividad en periodos de crisis, sino que ha visto aumentada su actividad económica e importancia en el sector de la industria nacional (FIAB, 2017).

## 2. Consumo energético en la industria alimentaria.

Dos de las grandes actividades industriales españolas, la extractiva y la manufacturera representan los mayores valores de consumo de energía de toda la industria española, alcanzando niveles de hasta 10.000 millones de euros, según el último informe emitido en el año 2017 (INE, 2017). Dentro de la industria manufacturera, la metalúrgica se posiciona como el sector de mayor consumo energético frente al resto de industrias españolas, abarca el 21,1 % del consumo energético total. Sigue de cerca el sector de alimentación y bebidas representando el segundo mayor índice de consumo energético, cercano al 18%, por encima de industrias como la extractiva de minerales no metálicos y la industria química, que representan el 15% y 14,9% respectivamente (AGENEX 2014).

Como se muestra en la figura 1, en sólo dos años el consumo energético total por parte del conjunto de industrias pasó de alrededor de 9.000 millones de euros a casi 12.000 en el año 2011. La razón que ha llevado a las empresas a elevar la demanda energética es su mayor capacidad de producción, así como el incremento en la calidad de los productos. Posterior al año 2011, el consumo energético global disminuye levemente debido a la adquisición de equipos más eficientes y a una planificación energética óptima para cada empresa (AGENEX 2014).

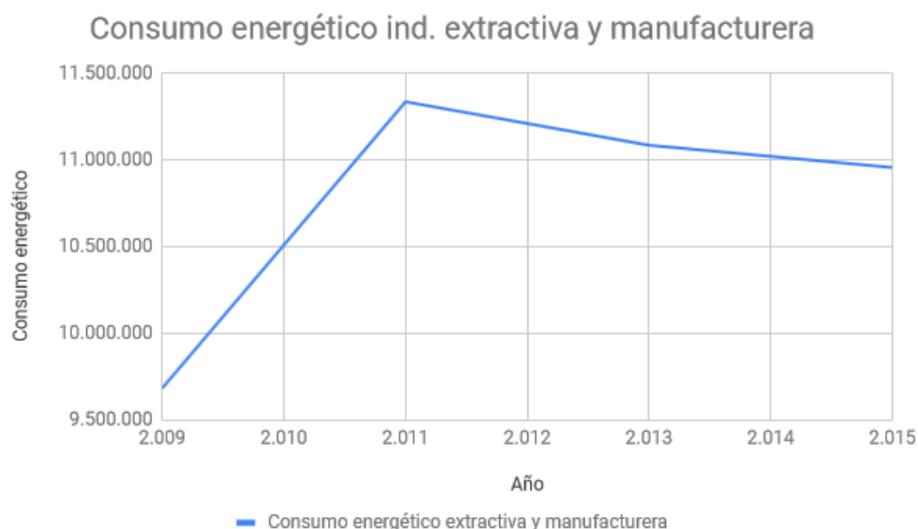


Figura 1. Encuestas de consumos energéticos actividad extractiva y manufacturera (2009-2015). INE 2017

Atendiendo a la figura 2, entre las fuentes de energía que utiliza la industria alimentaria destacan la electricidad, derivados del petróleo (gas natural, gasoil etc.), el carbón y los biocombustibles. La creciente demanda de energía eléctrica se debe a una mayor necesidad energética para procesos de conservación, ya sea para procesos de congelación o refrigeración.

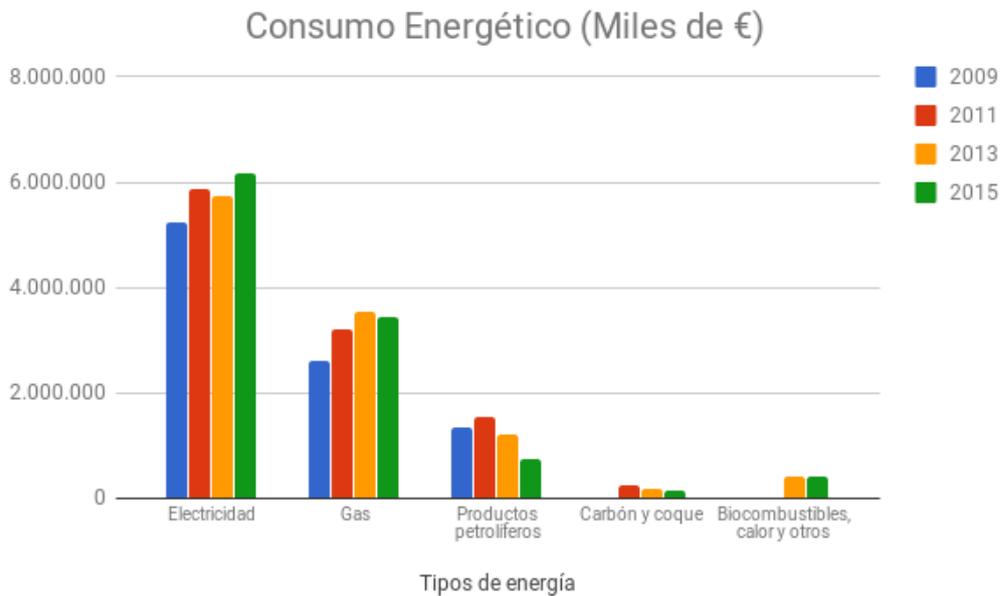


Figura 2. Evolución del consumo energético según tipo de fuente (2009-2015). INE 2017

En la misma línea del aumento de la demanda eléctrica, se observa un aumento en el uso del gas natural, debido al menor precio de adquisición en comparación a otro tipo combustibles con un precio más elevado. El precio de la electricidad se sitúa en torno a 0,083€/kWh (MINCOTUR, 2018), mientras que el resto de los combustibles del grupo de hidrocarburos presentan un precio medio de 0,04€/kWh (Eurostat, 2017), siendo el precio la razón principal de la disminución de combustibles como el gasoil, fuel oil, propano etc... En la misma línea, disminuye el uso el carbón y coque como fuente de energía, debido a que tanto en la etapa de extracción, procesado y transporte tiene un gran impacto medioambiental (MINCOTUR 2018).

Según se observa en la figura 3, hay una serie de industrias que representan los mayores valores de consumo energético, entre ellas se encuentra la industria cárnica, con índices de consumo de energía eléctrica que ronda los 250 mil euros en consumo, valores muy superiores al resto de industrias. La razón principal de este elevado consumo es la necesidad de mantener la materia prima en refrigeración.

La industria láctea también presenta un elevado consumo energético. El principal consumo energético viene por parte del consumo eléctrico para etapas de conservación, mientras, los combustibles fósiles (gas natural, gasoil) se utilizan para generar el calor para los diferentes procesos térmicos, como la pasteurización, esterilización y evaporación.

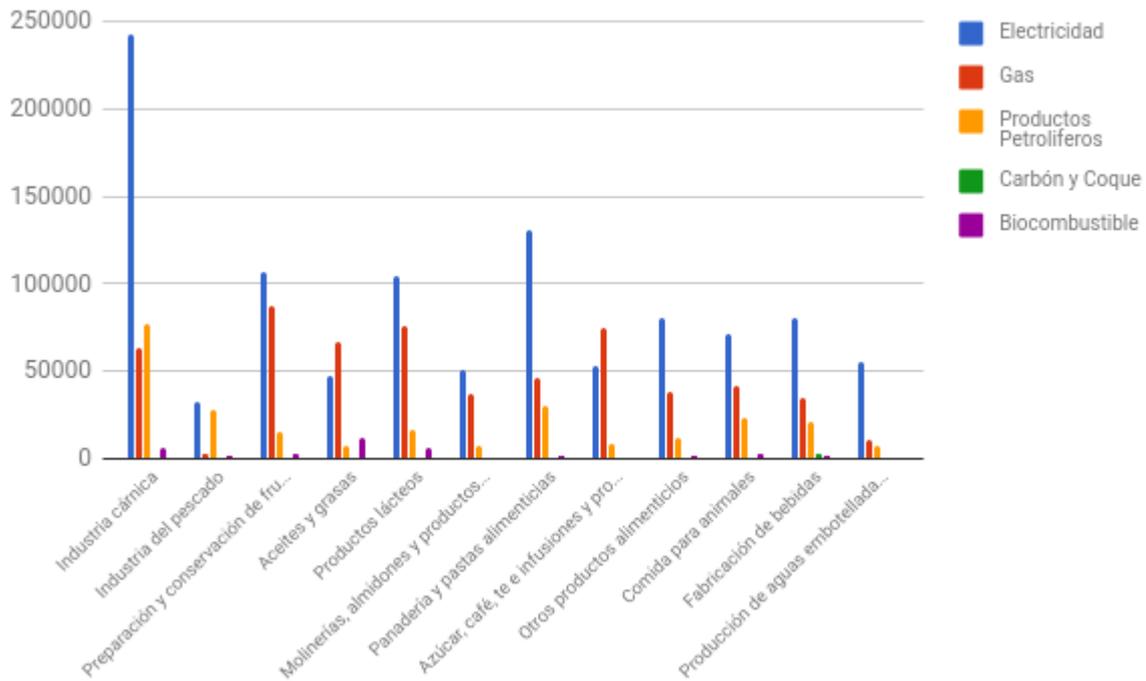


Figura 3. Consumo energético según actividad principal 2015. INE 2017

El sector de preparación y conservación de frutas y hortalizas presentan similar consumo eléctrico como de gas. Las etapas de refrigeración consumen mayoritariamente electricidad, mientras, el consumo de gas es para generar calor para las etapas térmicas.

Por último, el sector panadero y pastas alimenticias presenta un elevado consumo energético en forma de electricidad para etapas de refrigeración y congelación de la materia prima. El consumo mayoritario es de gas natural, utilizado para etapas de horneado en panadería y secado en pastas.

## 2.1 Etapas térmicas en la industria alimentaria.

A continuación, se presentan brevemente las etapas térmicas más comunes en la industria alimentaria que necesitan de la generación de un fluido térmico (agua caliente, vapor o aceite térmico) mediante la aplicación de energía en forma de calor. Son las siguientes: escaldado, pasteurización, esterilización, maceración, cocción, secado y evaporación.

### 2.1.1. Escaldado

El escaldado es un método que implica la exposición de un producto a una fuente de calor (agua o vapor) durante un tiempo determinado y a temperaturas que no superan los 80°C.

El escaldado no corresponde a un método de conservación propiamente dicho ya que no consigue eliminar por completo los microorganismos, sino a una etapa previa a otros procesos de conservación, como paso previo a la esterilización y secado.

Entre sus objetivos principales destaca la inactivación de distintas enzimas que pueden provocar cambios organolépticos, de textura y de color indeseables en el producto final, así como reducir la carga microbiana inicial (FAO, 2004).

### 2.1.2. Pasteurización.

La pasteurización es un tratamiento térmico a baja temperatura, normalmente por debajo de 100°C, que consigue alargar la vida útil de los productos.

Mediante este tratamiento se consigue inactivar las enzimas que provocan cambios organolépticos indeseables en el alimento y reduce la población de microorganismos, aunque no se consigue eliminar por completo la carga microbiana que se encuentra inicialmente en el producto. La importancia radica en la eliminación de microorganismos patógenos (UCA,2017).

Además, el uso de temperaturas bajas disminuye las alteraciones organolépticas y de calidad provocadas por el tratamiento térmico.

El equipo utilizado se denomina pasteurizador, se utiliza para tratar productos líquidos. Los más utilizados en la industria alimentaria son el intercambiador de placas y el intercambiador de tubos (figura 4).

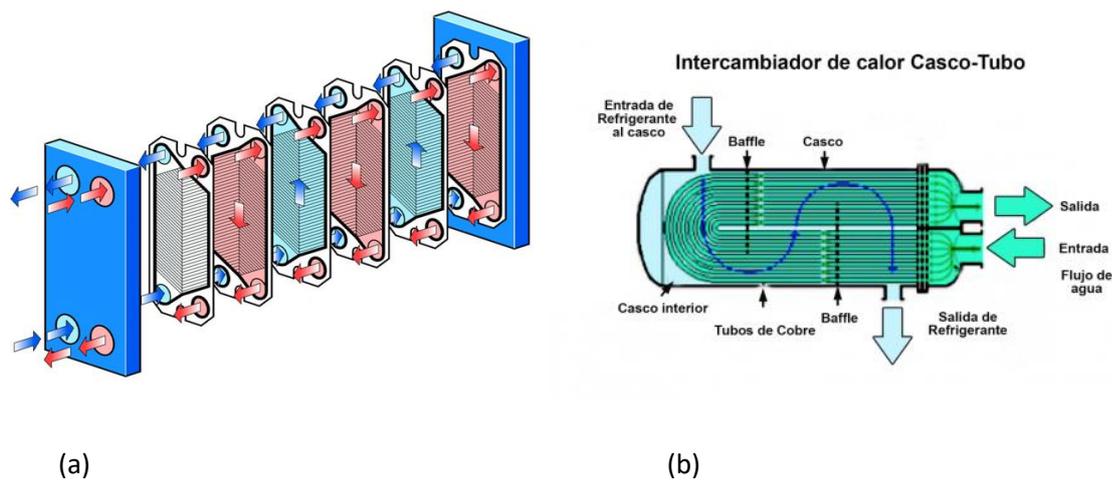


Figura 4. Intercambiador de placas (a), intercambiador de tubos (b)

### 2.1.3. Esterilización.

La esterilización es un proceso por el cual se somete a los productos a temperaturas superiores a 100°C durante cortos periodos de tiempo. De esta manera, se eliminan totalmente los microorganismos y enzimas causantes de alteración en el producto final, permitiendo conservar los alimentos durante largos periodos de tiempo (Instituto Tomás Pascual Sanz, 2010)

El equipo utilizado para el tratamiento dependerá del tipo de producto al que se vaya a aplicar. Hay que distinguir dos tipos: sólidos y líquidos. Para esterilizar productos sólidos es necesario introducirlo en un equipo denominados autoclave, equipo de estructura cilíndrica que utiliza agua o vapor como sistema esterilizador, capaces de soportar presiones y temperaturas elevadas. En el mercado existen

gran variedad de autoclaves, dependiendo del tipo que necesite cada empresa, encontramos: autoclaves que trabajan en continuo o por lotes, estáticos o rotativos, esterilización con agua o vapor. Para alimentos líquidos por lo general se emplea el sistema UHT (*Ultra High Temperature*) junto a un envasado aséptico que garantice la completa inocuidad del alimento tras el tratamiento térmico (MAPAMA, 2005)

El sistema UHT (figura 5) implica trabajar con temperaturas superiores a 140°C durante periodos de 2-4 segundos para conseguir la esterilidad del producto.



Figura 5: Sistema UHT (ultra high temperature)

#### 2.1.4. Maceración.

La maceración consiste en poner en contacto un sólido con un líquido dentro de un tanque de maceración (figura 6) durante un tiempo y temperatura determinada permitiendo un intercambio de sustancias (aromas, azúcares, sustancias colorantes). La maceración es una etapa del proceso de elaboración de vino y cerveza.

La maceración en la elaboración de vino permite la transferencia de sustancias aromáticas por parte de las uvas (hollejos y pepitas) hacia el líquido (INTA, 2007), mientras, la maceración en la fabricación de cerveza produce la activación de enzimas proteolíticas y de sacarificación a medida que la temperatura de la mezcla aumenta (consejería de medio ambiente y ordenación del territorio, 2011). Cada enzima que se activa en un rango de temperatura cumple un objetivo. La función de estas enzimas es degradar distintos compuestos como es el caso del almidón y de proteínas que sirven como sustrato para los microorganismos en la posterior etapa de fermentación.

Las principales enzimas se clasifican en cuatro grupos, las fitasas, citolíticas, proteolíticas y de sacarificación.



Figura 6. Tanques de maceración.

#### 2.1.5. Cocción.

La cocción es un método de conservación muy utilizado en la industria alimentaria, sobre todo como una técnica culinaria básica. El objetivo principal de este método es que el alimento sea comestible, agradable a la vista y que “sea preparado a la temperatura correcta para mejorar sus características organolépticas, cuidando estrictamente la relación tiempo-temperatura”.

Debido a que las temperaturas que se aplican en este proceso son leves (entre 70 y 100°C), el calor elimina las posibles amenazas bacterianas, aunque si bien la cocción es utilizada para la preparación de alimentos, no puede ser considerada como un método de conservación como tal ya que no consigue eliminar completamente los microorganismos (Ciencia y Tecnología Culinaria, 1998).

#### 2.1.6. Secado.

El secado es un proceso unitario por el que el agua contenida en un sólido o una disolución concentrada se transfiere a una masa de aire caliente (UPV, 2001).

La transferencia del agua a la masa de aire depende de varios factores a considerar, entre los que se encuentra la diferencia de actividad de agua ( $a_w$ ) del producto frente a la humedad relativa del aire caliente (HR).

El objetivo de disminuir el contenido de humedad de los productos es conseguir alargar la vida útil del producto reduciendo la  $a_w$  del mismo, otro de los factores es disminuir los costes de almacenamiento y transporte, y, por último, servir de base para nuevas formulaciones.

Existen diferentes equipos que realizan el proceso de secado, se clasifican en dos tipos: según el material a secar y según el método empleado en la transferencia de calor, que puede ser de contacto directo, indirecto, por radiación y dieléctrico.

### 2.1.7. Evaporación.

La evaporación es un proceso que tiene como finalidad reducir el contenido en agua de un producto líquido mediante la evaporación de esta (ebullición) hasta obtener un producto concentrado (CSIC, 2011). Se trata de un tratamiento térmico habitual en la industria que elabora zumos de frutas a fin de alargar la vida comercial del producto. Al disminuir el contenido en agua del producto se obtiene una serie de ventajas frente al producto inicial, como mejorar las condiciones de almacenamiento y disminuye el coste de transporte, ya que se elimina gran cantidad del peso inicial.

En el mercado existe varios tipos de evaporadores, entre los que se encuentran: evaporadores de vacío, evaporadores múltiple efecto, efecto simple (figura 7), de película descendente etc....

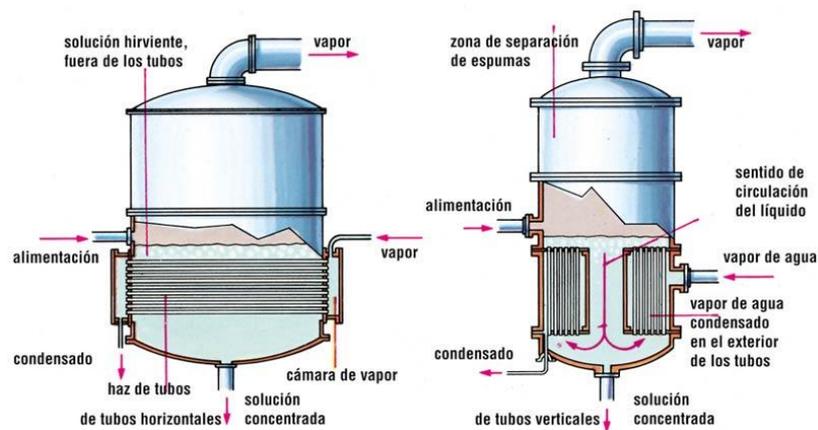


Figura 7. Evaporador de simple efecto a vacío.

El evaporar múltiple efecto consiste en una serie de evaporadores de simple efecto conectados entre sí, de forma que el vapor procedente de uno de los evaporadores sirve como medio calefactor para el siguiente evaporador a medida que el alimento es introducido.

## 2.2. Principales industrias alimentarias consumidoras de energía.

A continuación, se explica con detenimiento algunos sectores que presentan un consumo energético elevado, tenemos: fabricación de bebidas (CNAE: 110), preparación y conservación de frutas y hortalizas (CNAE: 103) y fabricación de panadería y pastas alimenticias (CNAE: 107).

### 2.2.1.- Fabricación de bebidas.

La actividad de fabricación de bebidas engloba diferentes sectores industriales. Las industrias que conforman que la conforman se presentan a continuación.

Tabla 1. Sectores industriales de la fabricación de bebidas. INE, 2017

Actividad industrial	Sectores
Fabricación de bebidas	Destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas
	Elaboración de vinos
	Elaboración de sidra y otras bebidas fermentadas a partir de frutas
	Elaboración de otras bebidas no destiladas, procedentes de la fermentación
	Fabricación de cerveza
	Fabricación de malta
	Fabricación de bebidas no alcohólicas; producción de aguas minerales y otras aguas embotelladas

Considerando los precios marcados para la electricidad (0,083€/kWh), gas natural (0,026€/kWh), gasoil (0,055€/kWh), los productos petrolíferos (0,055€/kWh) y fuel oil (0,055€/kWh), obtenemos que el mayor consumo energético que presenta la industria de fabricación de bebidas es de parte del conjunto de los hidrocarburos (gas natural, gasoil, productos petrolíferos) (tabla 2). Representan un consumo de 2 GWh, un 1,23% más que el consumo eléctrico. La energía eléctrica se utiliza principalmente para etapas de conservación, mientras que el consumo de hidrocarburos es utilizado para generar el calor de etapas de pasteurización, cocción y maceración.

Dentro del grupo de fabricación de bebidas, la industria que elabora cerveza es la única industria que presenta un tratamiento térmico que utiliza un fluido calefactor, por lo tanto, es la que se tendrá en cuenta en el estudio.

La cerveza es una bebida alcohólica resultante de la fermentación, mediante levaduras seleccionadas, de un mosto cervecero elaborado a partir de materias primas naturales (BOE, 2016).

Tabla 2: Distribución del consumo energético en la fabricación de bebidas. INE 2017

Distribución del consumo energético en la fabricación de bebidas		
Fabricación de bebidas	Miles de €	Consumo energético kWh/año
Electricidad	134.359	1.618.783, 122
Gas	43.824	1.685.538,46
Gasoil	15.431	280.563, 63
Productos Petrolíferos	1.819	33.072,72
Total	195.433	3.617.957, 212

## 2.2.2- Industria de conservación y preparación de frutas y hortalizas.

Las industrias que forman parte de la actividad de conservación y preparación de frutas y hortalizas son: proceso y conservación de patatas, elaboración de zumos de frutas y hortalizas y otro procesado de frutas y hortalizas.

El sector conservero español, ha conseguido en los últimos años desarrollar una madurez comercial permitiendo llegar a cifras de producción cercanas a 1,5 toneladas anuales (MERCASA, 2016).

Por otra parte, el mercado de los zumos y néctares ha visto estabilizada su actividad en el último año. Según el informe publicado por MERCASA (2016), uno de los factores que ha llevado a su recuperación es la gran variedad de productos que puede ofrecer las industrias. De entre las ofertas que destacan, se encuentra los productos que se comercializan en frío, que han visto aumentar sus ventas un 6,3%, abarcando hasta el 90% de ventas. Entre los zumos exprimidos, el de naranja representa mayor valor, cercano al 40%.

El consumo mayoritario viene por parte del bloque de los hidrocarburos (tabal 3), con un consumo total de 2.189.011,189 kWh/año, un 74% superior al consumo de energía eléctrica. El elevado consumo viene en línea de suministrar calor para etapas de escaldado y esterilización para la industria de conservas vegetales y para etapas de pasteurización y evaporación en industrias de zumo (AGENEX 2014)

Tabla 3: Consumo energético en la conservación y preparación de frutas y hortalizas. INE, 2017

Consumo energético conservación y preparación de frutas y hortalizas		
Preparación y conservación de frutas y hortalizas	Millones de €	Consumo energético kWh/año
Electricidad	134.359	1.618.783,133
Gas	43.824	1.685.538,462
Gasoil	15.431	280.563,636
Productos Petrolíferos	1.819	33072,727
Fuel oil	10.441	189.836,363
Total	205.284	3.617.957,958

### 2.2.3.- Industria de pastas alimenticias.

El sector industrial de pastas alimenticias ha visto incrementado su volumen de venta, cerca del 3%, según marca el informe emitido por MERCASA en el año 2016. Destaca la presencia de la pasta fresca normal con un volumen de venta del 56,7% y un valor de mercado 46,3%. Seguidamente se encuentra las pastas de cuchara, con cuotas del 20,6%, a continuación, la pasta de ensalada y de cuchara (12,3% y 14,3%), la pasta de huevo (4,5%). La pasta laminada, rellena y con fibra adquieren valores inferiores al 1%.

Dentro de la pasta tradicional, los macarrones abarcan mayor cuota de mercado, cerca del 42% se comercializa de esta manera, seguido por los espaguetis con un 35% de volumen.

Como se observa en la tabla 4, destaca el consumo de hidrocarburos, con un valor conjunto de 2.311.504,196 kWh/año frente al consumo de electricidad (1.514.965,116 kWh/año). El consumo eléctrico se utiliza para etapas de refrigeración y congelación de la masa, mientras los hidrocarburos se destinan a generar el calor para las etapas de horneado de la masa de pan y el secado de la pasta.

Tabla 4. Consumo energético de la industria de pastas alimenticias. INE, 2017.

Consumo energético de panadería y pastas alimenticias		
Panadería y pastas alimenticias	Millones de €	Consumo energético kWh/año
Electricidad	130.287	1.514.965,116
Gas	45.697	1.757.576,923
Productos Petrolíferos	30.466	553.927,2727
Total	207.944	3.826.469,312

### 3.- Tecnología de concentración solar térmica.

La tecnología de concentración solar produce energía en forma de calor, para ello utiliza espejos que reflejan la radiación del sol, permitiendo alcanzar temperaturas de hasta 400°C (Estelasolar, 2016).

La tecnología solar térmica es un sistema conformado por un equipo de tres dispositivos capaces de aprovechar la energía solar: un sistema de concentración, un sistema receptor y un sistema de seguimiento (figura 12b).

El sistema de concentración consiste en un conjunto de espejos. Los espejos presentan una forma curva respecto a los convencionales, esta curvatura permite concentrar mayor cantidad de rayos solares en el sistema receptor. El sistema receptor es un tubo por donde circula el fluido calefactor y donde los rayos solares inciden. Por último, el sistema de seguimiento es un algoritmo presente en el equipo que permite seguir automáticamente la dirección del sol.

El fluido calefactado que se obtiene tras el paso por el tubo receptor puede introducirse en el proceso térmico o ser almacenado hasta que sea necesaria su utilización.

En los últimos años ha ido aumentando su repercusión en el mercado. La disminución en el coste de fabricación, así como las subvenciones emitidas por el gobierno central y autonómico ha permitido la implantación de tecnología de concentración térmica en algunas industrias (Estelasolar, 2016).

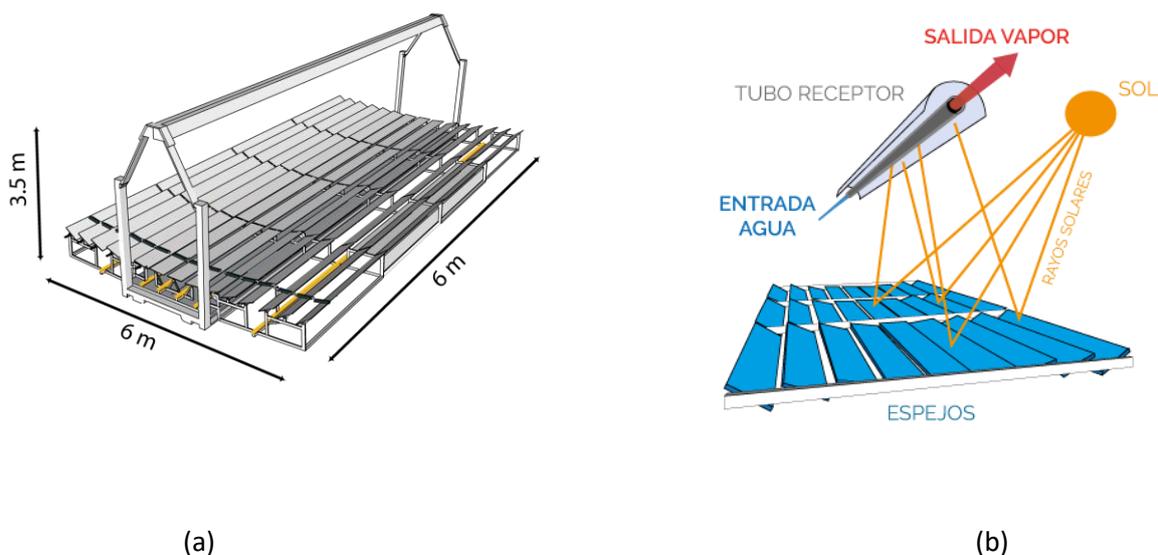
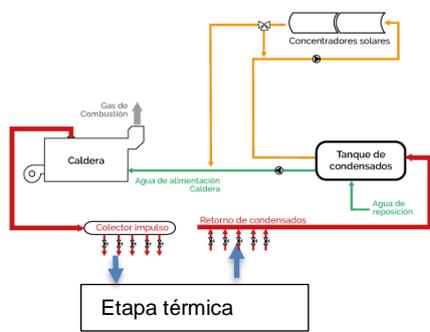


Figura 8. Módulo de concentración solar (a), mecanismo de calefacción (b).

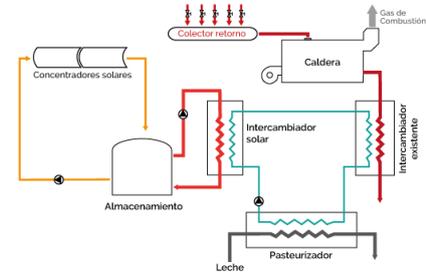
Dado el elevado consumo energético de la industria alimentaria española por parte del gas natural, gasóleo, fuel oil, propano etc., la implantación solar es una buena alternativa de cara a disminuir en la empresa el consumo de este tipo de combustibles. Con esta tecnología se precalienta el fluido calefactor a utilizar en el proceso, con lo que el consumo de combustible en la caldera se reduce.

La figura 9 muestra el tipo de conexiones que pueden establecerse entre los concentradores solares y la caldera. En amarillo se representan las corrientes de fluido calentado mediante la tecnología solar térmica. La figura 9a representa un sistema con conexión de la caldera al tanque de condensados

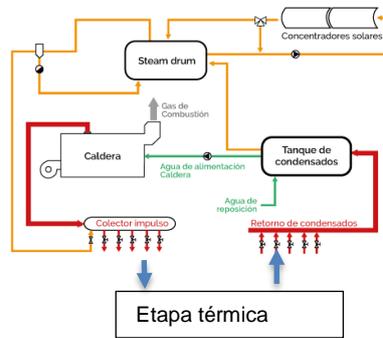
(vapor condensado que se convierte en agua tras el paso por la etapa térmica). Parte de los condensados, en lugar de ir directamente a la caldera pasan primero por los concentradores solares. La figura 9b, muestra la conexión directa del fluido calefactor procedente de los concentradores solares a la etapa térmica. La figura 9c muestra un sistema en el que los concentradores solares precalientan el fluido calefactor a utilizar en la etapa térmica en un intercambiador de calor solar.



(a)



(b)



(c)

Figura 9. Diagrama calor a tanque de condensados (a), directo a proceso (b), tanque de almacenamiento (c).

El elevado consumo energético por parte de la industria unido a la elevada cantidad de horas de sol del territorio español hace interesante la implantación de la tecnología solar térmica en la industria alimentaria.

#### 4. Objetivo.

El objetivo principal del TFG es estudiar la viabilidad de la implantación de un equipo de concentración solar en la industria alimentaria. Para ello se consideran una serie de industrias: industria cervecera, pastas alimenticias, conservas y elaboración de concentrado de zumos.

#### 5. Metodología

##### 5.1. Metodología de trabajo:

Para alcanzar el objetivo planteado en el apartado 4, se decide seguir la siguiente metodología de trabajo:

1. Evaluación de los niveles de radiación solar en el territorio español.
2. Búsqueda de industrias del sector alimentario.
3. Recogida de datos mediante solicitud de formulario previo.
4. Introducción datos recopilados en el programa RESSPI.
5. Evaluación de resultados energéticos y financieros.

##### 5.1.1. Evaluación de los niveles de radiación solar en el territorio español.

El territorio español es el que presenta una mayor cantidad de horas de sol y radiación de toda la comunidad europea. Como se muestra en la figura 10, la Península Ibérica junto a las Islas Canarias presentan niveles de radiación solar por encima de los 5,5 kWh/m<sup>2</sup>. Estos niveles elevados de radiación permiten asegurar una producción energética constante a lo largo del año y generar la potencia requerida para prever de calor a cada una de las industrias (Solar Concentra, 2016).

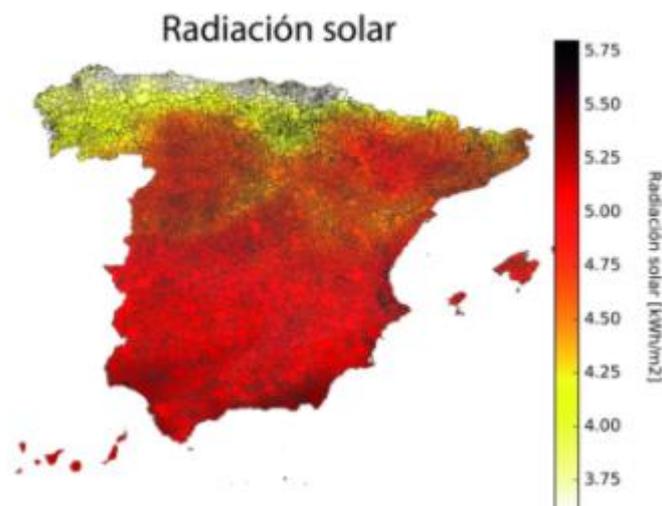


Figura 10. Niveles de radiación solar (Estudio geolocalizado del potencial de aplicaciones de calor solar de proceso en media temperatura). Solar Concentra, 2017

Las comunidades que se encuentren por debajo de la mitad peninsular superan los niveles de radiación media ( $5\text{kW}/\text{m}^2$ ). Resulta interesante centrar la información en estas zonas ya que cuentan con mayor potencia de radiación solar.

Como se observa en la figura 11, en la zona por debajo de la mitad sur, la demanda térmica no se encuentra concentrada en una determinada comunidad, sino que está dispersa por toda la zona seleccionada.

Por lo tanto, la relación que existe entre las comunidades de mayor radiación solar junto con las comunidades de mayor demanda energética centrará la búsqueda de proyectos para industrias.

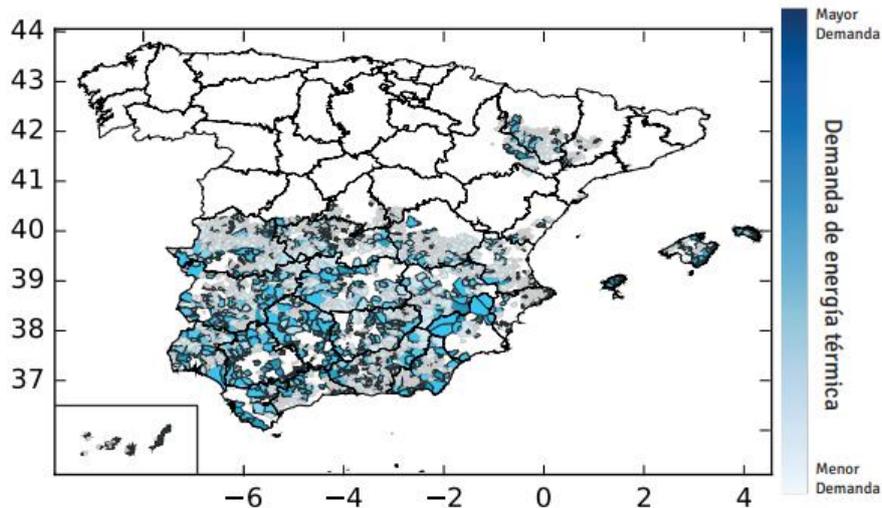


Figura 11. Demanda de energía térmica en el sector de alimentación y bebidas (Estudio geolocalizado del potencial de aplicaciones de calor solar de proceso en media temperatura). Solar Concentra, 2017

### 5.1.2. Búsqueda de industrias del sector alimentario.

La búsqueda se divide en tres fases. La primera se centra en identificar municipios que presenten elevada radiación y que carezcan de conductos de gas natural, viéndose obligados a consumir un combustible de mayor precio (gasoil, fuel oil, propano y butano).

La segunda fase consiste en identificar industrias dentro de los municipios previamente seleccionados, teniendo en cuenta que además de tener una o varias etapas térmicas en su proceso, deben contar con una superficie despejada en la que pueda ubicarse la instalación de energía solar térmica. La presencia de superficie libre por parte de la empresa viene encaminada a las dimensiones del equipo solar, ya que un módulo ocupa un área de al menos  $40\text{m}^2$ . El número de módulos que necesita cada empresa dependerá en primer lugar de las necesidades energéticas de cada una de ellas, a mayor demanda energética el número de módulos debe ser mayor para hacer frente a la demanda que presenta la industria. Por otro lado, la temperatura de trabajo y la potencia de radiación de cada zona influye en la determinación del número de módulos. El terreno libre debe estar en una superficie firme, intentando evitar desniveles y no muy alejado de la sala de calderas de la empresa.

Existen diferentes maneras de identificar aquellas industrias que presentan suficiente superficie para la implantación solar. En primer lugar, se recurre a la herramienta Google Maps, que permite identificar gran cantidad de industrias sin la necesidad de personarse en cada una de ellas.

Para identificar industrias se recurre a una serie de herramientas: páginas web (Expansión, El Economista, Páginas Amarillas.), Base de datos de municipios y Asociaciones empresariales.

La tercera etapa consiste en contactar a cada una de las empresas identificadas y seleccionadas como de potencial interés. El contacto se lleva a cabo a través de la realización de llamadas, con la finalidad de recopilar los datos necesarios para hacer la evaluación técnica.

La realización de llamadas a las industrias es el medio más rápido de obtener la información necesaria para el estudio energético. Una vez realizada la oferta se procede a concertar una reunión con dicha empresa para estudiar en detalle los informes energéticos y financieros.

### 5.1.3 Recogida de datos mediante solicitud de formulario previo.

A continuación, se describen los datos que se solicita a cada empresa para realizar la oferta.

- A. Datos de usuario.
- B. Datos financieros.
- C. Datos de la ubicación.
- D. Datos del proceso.
- E. Perfiles anuales de consumo.

#### 5.1.3.1. Datos de usuario.

Los datos personales del responsable y de la empresa son muy importantes pues permite mantener en todo momento categorizada la recopilación de datos, ya que el momento de solicitar cualquier otro documento se conoce exactamente el responsable.

En la figura 12 se muestran los campos necesarios para tener en cuenta una vez se ha establecido el contacto con la empresa.

The screenshot shows a web form titled "Datos del usuario" (User Data). Under the heading "Datos persona de contacto" (Contact person data), there are three input fields and two dropdown menus. The first field is labeled "name" with the placeholder text "Nombre persona contacto". The second field is labeled "email" with the placeholder text "Correo electrónico de la persona de contacto". The third field is labeled "company" with the placeholder text "Nombre de la empresa". The first dropdown menu is labeled "Idioma" (Language). The second dropdown menu is labeled "Sector industrial" (Industrial sector).

Figura 12. Datos del usuario. RESSSPI (red de sistemas solares simulados para procesos industriales).

### 5.1.3.2. Datos financieros.

Con estos datos se pretende conocer las características del combustible que utiliza la empresa, así como su precio (figura 13).

Cada combustible dependiendo de la zona de ubicación de la empresa presenta un precio distinto.

The screenshot shows a form titled 'Datos financieros'. It contains the following elements:

- A dropdown menu for 'Combustible actual' with the label 'Combustible usado' below it.
- A text input field for 'Fuel price' with the label 'Precio del combustible actual' below it.
- A dropdown menu for 'Unidad del precio' with the label 'Unidad del precio' below it.
- A dropdown menu for 'Modelo financiero' with the label 'Tipo de modelo de negocio deseado' below it.

Figura 13. Datos financieros. RESSPI (red de sistemas solares simulados para proceso industriales)

### 5.1.3.3. Datos de la ubicación.

Conocer la superficie que dispone la empresa es fundamental, debido a las dimensiones necesarias para instalar el sistema de energía solar.

En cuanto a las características de la superficie, sería interesante conocer el estado del terreno, si se encuentra inclinado o es plana. La característica de orientación permite prever la dirección que describe el sol y de esta manera estudiar la disposición de los módulos solares (figura 14).

The screenshot shows a form titled 'Datos de la ubicación'. It is divided into two main sections:

- Localización del sistema solar:** Contains two text input fields: 'Espacio en m2' (labeled 'Espacio disponible [m²]') and 'Distancia en m' (labeled 'Distancia hasta el punto de suministro [m]'). To the right are two dropdown menus: 'Provincia' and 'Tipo de terreno'.
- Características de la superficie:** Contains three sub-sections with radio button options:
  - Orientación:** Norte, Sur, Este, Oeste.
  - Inclinación:** Superficie plana, Inclinación pronunciada.
  - Sombras y obstáculos:** Libre de sombras, Durante las mañanas, Durante las tardes.

Figura 14. Datos de la ubicación. RESSPI (red de sistemas solares simulados en procesos industriales)

#### 5.1.3.4. Datos del proceso.

La recopilación de datos de proceso de cada empresa permite conocer el comportamiento productivo que realiza respecto al fluido de trabajo y al comportamiento de la caldera (figura 15).

La temperatura es un parámetro a tener en cuenta, debido a que el equipo de energía solar no es capaz de alcanzar temperaturas superiores a 400°C. Por otro lado, la presión de trabajo es un factor limitante, mediante el equipo térmico la máxima presión a alcanzar se encuentra en 15 bar.

En cuanto al apartado “características de la caldera”, indica la manera en la que se utiliza el fluido calefactor. El fluido puede introducirse directamente en la etapa térmica “Directo a proceso” o realizar una etapa de almacenamiento “A depósito”.

Figura 15. Datos del proceso. RESSPI (red de sistemas solares simulados en procesos industriales)

#### 5.1.3.5. Perfil anual de consumo

La figura 16 muestra las características a recopilar para determinar el consumo energético general que realiza la empresa a lo largo del año, que depende de varios factores: tipo de proceso, perfil semanal de consumo y perfil estacional de consumo.

Figura 16. Datos del perfil de consumo. RESSPI

En cuanto al tipo de proceso, trabajar por lotes o de manera continua implica diferencias sobre el consumo energético. Generalmente es necesaria una caldera para generar el fluido calefactor. Si se trabaja por lotes la caldera funciona de forma intermitente, en determinados momentos no realiza trabajo alguno y en el momento del encendido consume más energía. En cambio, si se trabaja en continuo la caldera funciona de forma continua, lo que permite mantener un consumo constante de energía evitando picos de consumo.

La organización de la producción que realiza cada empresa repercute sobre la demanda energética. El trabajo de la semana se puede realizar en días puntuales, toda la semana o de lunes a viernes. El trabajar toda la semana, implica una mayor demanda energética que si se trabaja días puntuales. Es importante conocer la distribución de la necesidad energética de la empresa a lo largo de la semana, así como la demanda a lo largo de cada día de trabajo para conseguir mayores porcentajes de aprovechamiento solar. La idea es hacer coincidir los momentos de mayor demanda energética con los momentos de mayor radiación solar.

#### 5.1.4. Introducción de los datos en el programa RESSPI.

Una vez obtenidos los datos de cada industria, se introducen en el programa RESSPI. RESSPI es una calculadora online que estima el rendimiento económico y energético de aplicaciones solares térmicas (Frasquet, 2018). A partir de estos datos el programa proporciona unos resultados energéticos y financieros.

Además, RESSPI muestra diferentes opciones en cuanto a la conexión de la caldera del fluido calefactor con el proceso estudiado.

Los resultados que se obtienen después de la simulación están estructurados en un informe que muestra información técnica del proceso mediante una serie de diagramas (Diagrama T-s junto H-s etc...), resultados energéticos (producción solar, fracción solar, necesidades energéticas) y económicos (retorno inversión, inversión inicial, años de amortización ).

## 6. Resultados

Los resultados obtenidos a partir de la metodología propuesta se muestran en este apartado. Los resultados corresponden al número de municipios seleccionados, al número de industrias de potencial interés y por último a la comparación entre las cuatro industrias seleccionadas mediante el análisis de los resultados energéticos y financieros.

### 6.1. Resultados de la búsqueda

La primera parte de búsqueda se centra en la selección de aquellas comunidades autónomas que presentan niveles altos de radiación solar y elevada demanda energética, donde tenemos: Andalucía, Canarias, Baleares, Castilla- La Mancha, Comunidad Valenciana, Extremadura y la Región de Murcia.

En las comunidades autónomas seleccionadas se encuentran importantes industrias del sector alimentario. Destacan, Extremadura como principal región de la industria cárnica y la región de Murcia dentro del sector de transformación vegetal. En Castilla la Mancha predominan industrias transformadoras de productos lácteos, sobre todo a partir de leche de oveja y cabra.

La Comunidad Valenciana presenta una gran cantidad de industrias de transformación vegetal, con un claro predominio de empresas productoras de zumo de frutas. Baleares y la Comunidad de Madrid no presentan predominio de ningún tipo de industria, lo que no indica un menor número de empresas alimentarias, simplemente hay actividad de diversos sectores.

Una vez definidas las comunidades de mayor interés, se procede a la identificación de aquellos municipios que cumplen con los requisitos de mayor demanda energética y carencia de conductos de gas. De los 2.996 municipios que forman las siete comunidades, carecen de conductos de gasificación 2.450 (Solar Concentra, 2017). Son estos municipios sin gasificar por los que se empezará la búsqueda de potenciales industrias alimentarias.

El resultado obtenido tras la búsqueda queda reflejado en la tabla 4. El total de industrias alimentarias identificadas en los municipios seleccionados corresponde a 417 empresas, de las cuales 322 se encuentran en municipios que carecen de suministro de gas, 83 empresas identificadas en municipios con acceso a gas, y 12 en zonas con acceso a gas natural licuado.

Tabla 4. Número de empresas según el tipo de conexión.

Tipo de conexión	Empresas
Sin Gasificar	322
Gasificado	83
GNL (Gas natural licuado)	12
Total	417

De las 417 empresas identificadas (tabla 4), 6 industrias abarcan el mayor número de empresas. Como se observa en la figura 21 las industrias con mayor número de empresas son: aceite y grasas (23 empresas), bodegas y vinos (46 empresas), conservas vegetales (70 industrias), industria cárnica (67 empresas), industria de panificación (28 empresas) y lácteos y derivados (63 empresas).

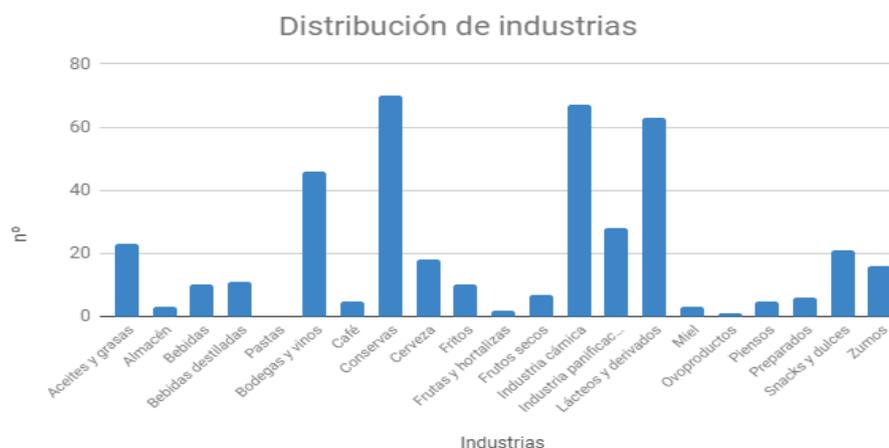


Figura 17. Número de industrias según la actividad comercial.

La selección de cada industria viene marcada por la presencia de un fluido calefactor en su proceso de elaboración., En el caso de la industria de panificación, el proceso térmico utilizado (horneado) hace complicada la implantación solar. Esto se debe al uso de quemadores de llama directa para hornear el producto, en ningún caso mediante el uso de un fluido térmico.

El sector de bodegas y vinos a lo largo del proceso de elaboración no presenta etapa térmica, al contrario, es necesario disminuir la temperatura, especialmente en la etapa de fermentación del mosto. En el caso de los productos destilados se realiza un tratamiento térmico. No obstante, los destilados se obtienen por la utilización de quemadores de llama en ningún caso mediante un fluido térmico. lo que no permite la integración solar térmica.

La industria cárnica es un sector muy amplio, que abarca desde actividades de sacrificio del animal hasta actividades de preparación y conservación. Presenta un gran número de industrias al igual que el sector conservero y lácteo. Las empresas se distribuyen en tres grandes actividades, el procesado y conservación de carne, procesado y conservación de volatería y elaboración de productos cárnicos y volatería. En cuanto a las actividades de procesado y conservación de carne y volatería presentan tratamiento térmico en el proceso productivo, para etapas de cocción y secado. La manera de generar el aire caliente para la etapa de secado es con una resistencia que se calienta mediante energía eléctrica, no a través de un fluido térmico. Sí que se utiliza fluido térmico en la etapa de cocción. Además, hay otras empresas cárnicas que sí utilizan fluido calefactor. Es el caso de empresas de sacrificio de animales, donde necesitan generar vapor para la etapa de escaldado.

Las industrias de conservas vegetales y la de elaboración de productos lácteos presenta tratamiento térmico mediante la utilización de fluido térmico para etapas de pasteurización, escaldado y esterilización.

Por último, las empresas que elaboran aceites carecen de tratamiento térmico en el proceso de elaboración, salvo aquellas empresas que se dedican exclusivamente al embotellado del aceite que necesitan generar vapor para la esterilización de las botellas.

## **6.2. Resultados del formulario de obtención de datos.**

Con el objetivo de dimensionar la capacidad real de la integración térmica en la industria, se han seleccionado cuatro tipos de industrias para su estudio: industria elaboradora de pastas alimenticias, de conservas, de cerveza y de elaboración de zumo.

La selección de estas cuatro industrias se ha realizado en base a la presencia de tratamiento térmico en el proceso de fabricación en el que se utilice un fluido térmico (agua caliente, vapor o aceite térmico).

En la tabla 5 se muestran los datos obtenidos para cada una de las empresas consideradas en el estudio.

Tabla 5. Datos de proceso de cada industria.

Industrias		Cerveza	Zumos	Pasta alimenticia	Conservas
<b>Datos de contacto</b>					
	Nombre del contacto	xxx	xxx	xxx	xxx
	Industria	Ind. Cerveza	Ind. Zumo	Ind. Pastas	Ind. Conservas
<b>Datos financieros</b>					
	Combustible actual	Gasoil	Gas natural	Gasoil	Gas natural
	Modelo financiero	Llave en mano	Llave en mano	Llave en mano	Llave en mano
	Precio (e/KWh)	0,055	0,03	0,055	0,03
<b>Datos de la ubicación</b>					
<b>Localización del sistema solar</b>					
	Espacio disponible (m <sup>2</sup> )	1000	10.000	400	7000
	Distancia hasta el punto de suministro (m)	150	75	15	15
	Provincia	Almería	Almería	Gran Canaria	Almería
	Tipo de terreno	Cubierta	Cubierta	Cubierta	Cubierta
<b>Características de la superficie</b>					
	Orientación	Norte	Norte	Norte	Norte
	Inclinación	Superficie plana	Superficie plana	Superficie plana	Superficie plana
	Sombras y obstáculos	Libre de sombras	Libre de sombras	Libre de sombras	Libre de sombras
<b>Datos del proceso</b>					
<b>Características del fluido de trabajo</b>					
	Tipo de fluido	Vapor	Vapor	Agua sobrecalentada	Vapor
	Presión (bar)	8	3	4	5
<b>Proceso donde el consumo de energía térmica es mayor</b>					
<b>Características de la caldera</b>					
	Tª salida de caldera (°C)	170	190	110	160
	Tª entrada de caldera (°C)	90	95	70	85
	Tipo de conexión	Directo a proceso	A Deposito	Directo a proceso	Directo a proceso
<b>Perfil consumo energético</b>					
	Consumo anual (KWh)	5.800	15.060.608	1.600.000	3.000.000
	Tipo de proceso	Continuo horario fijo	Continuo	Continuo	Continuo horario fijo
	Perfil de consumo energético	Lunes a viernes	Lunes a sábado	Lunes a viernes	Lunes a viernes
	Perfil estacional de consumo	Todo el año	Todo el año	Todo el año	Todo el año

La empresa que elabora zumos es la que presenta un mayor consumo energético (15 GWh), debido al mayor tamaño de la empresa que hace que procese elevados volúmenes de productos. Junto al tamaño, al tratarse de una producción de lunes a viernes, trabajar de manera continua a lo largo del día y tener una producción todo el año, hace que la empresa necesite una elevada demanda energética. El combustible utilizado es el gas natural licuado (GNL), debido a que está ubicada en un municipio que carece de conductos de gas.

El tamaño de la empresa de pastas es mediano (pastas), ya que no necesita tratar elevados volúmenes de productos para mantener un sistema de producción constante a lo largo del año. La empresa utiliza como combustible el gasoil, con un consumo energético de (1,6 GWh). Como ocurre con la empresa de zumos, la producción es de lunes a viernes, de manera continua a lo largo del día y con una producción constante durante todo el año. La utilización de gasoil es debida a que se encuentra ubicada en la provincia de Gran Canaria que carece completamente de conducto de gas.

La empresa que fabrica cerveza presenta un tamaño pequeño. Se ha seleccionado esta empresa por el elevado número de industrias artesanales que empresas de gran tamaño en este sector. Utiliza como combustible una mezcla de gasoil/fuel oil, con un consumo de 5.800 kWh/año. Mantienen una producción de manera intermitente a lo largo del día, ya que depende completamente del número de fermentadores con los que trabaje (esta empresa dispone de tres fermentadores). Presentan mayor demanda energética en los meses de verano a causa del mayor consumo por parte de la población.

Por último, la empresa de conservas presenta un tamaño grande, con un consumo de 3 GWh. Consume gas natural licuado, ya que al igual que la empresa de zumos se encuentra ubicada en un municipio que carece de conducto de gas. Ambas empresas al presentar un consumo energético elevado se decantan por la utilización de este combustible que presenta menor precio frente al resto. La producción no es continua a lo largo del día, aunque el resto de perfil es de trabajo de lunes a viernes y de manera constante todo el año.

En cuanto a tipo de fluido calefactor utilizado, hay una empresa que utiliza agua sobrecalentada y tres que utilizan vapor. Como se observa en la tabla anterior los valores de temperatura del vapor a la salida de la caldera en el caso de la empresa cervecera, conservas y zumo comprende entre 140-200°C. La empresa de pastas utiliza agua sobrecalentada que se encuentra por encima de los 100°C, pero precisa de un equipo de sobre presión para mantener el agua en estado líquido.

El fluido generado para las etapas térmicas de las empresas de pastas alimenticias, conservas y cerveza, se introduce directamente en el proceso térmico, es decir, el fluido térmico tras pasar por la caldera incrementa su temperatura hasta la de trabajo y es introducido en la etapa térmica (pasteurización, cocción, esterilización etc..) que utiliza la empresa.

En cambio, en la empresa que elabora zumos, el fluido calefactado no se introduce directamente en la etapa térmica (pasteurización y concentración, sino a un depósito de almacenamiento.

### 6.3. Informe resultados energéticos y financieros.

Los datos facilitados por las industrias son introducidos en el programa RESSPI, generando dos informes, uno energético y otro financiero.

El informe financiero está estructurado en diferentes partes: inversión inicial, retorno de la inversión, TIR y factura energética. El informe energético reúne apartados tales como: consumo energético, CO<sub>2</sub> evitado, energía producida (bruta anual y bruta suministrada), demanda energética, porcentaje de utilización y número de módulos.

Teniendo en cuenta estos términos se procede a describir los resultados de los informes de las industrias seleccionadas: pastas alimenticias, zumos, cerveza y conservas vegetales.

#### 6.3.1. Resultados energéticos.

La siguiente tabla muestra el comportamiento energético de las cuatro industrias seleccionadas,

Tabla 6: Resultados energéticos.

Industrias	Resultados energéticos							
	Consumo energético (KWh/año)	Producción energética solar (KWh/año)	Aprovechamiento (%)	Fluido	Tipo conexión	Almacenamiento	Número módulos	CO2 evitado (tn/año)
Industria Cerveza	5.800	25.745	68,2	Vapor	recto a proce	NO	1	5
Industria Conservas Vegetales	3.000.000	495.644	87,3	Vapor	Directo a proceso	NO	16	99
Industria Pastas Alimenticias	1.600.000	243.283	86,9	Agua*	Directo a proceso	NO	9	65
Industria Zumo	15.060.608	751.531	88,7	Vapor	A deposito	SI	24	151

\* Agua sobrecalentada

##### 6.3.1.1. Número de módulos.

Cada industria dispone de un número de módulos que serán los encargados de producir la energía necesaria para elevar la temperatura del fluido de interés. El número depende de la demanda energética de la empresa.

La empresa conservera presenta 16 módulos, la empresa de zumo 24 módulos, la de pastas alimenticias 9 módulos, por último, la fábrica de cerveza 1 módulo.

Los módulos se conectarán entre ellos de dos formas, en serie o paralelo. RESSPI determina que combinación es la óptima para realizar el salto de temperatura requerida por cada industria.

El aprovechamiento es la capacidad real que tiene el equipo solar de suministrar la energía a las industrias. Destaca que independientemente del tamaño de la empresa el aprovechamiento es similar en las industrias de zumos, conservas y pastas alimenticias. Salvo el caso de la empresa de cerveza

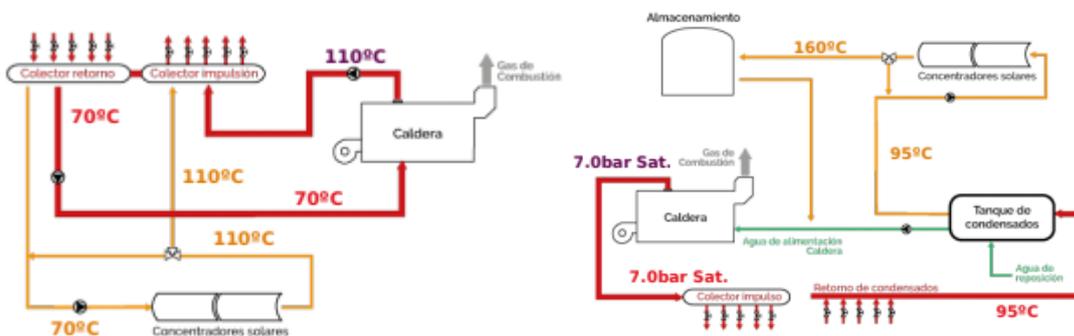
que presenta un aprovechamiento del 68,2 %. El bajo nivel se debe a la presencia de interferencias, zona de sombras, desnivel en terreno, bajos niveles de radiación solar durante la producción de la empresa etc.

A medida que el ahorro en la compra de combustible es mayor, menor es la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. La industria de zumos es la que presenta mayores valores de ahorro de CO<sub>2</sub> evitado, 151 tn/año, en comparación con la industria de cerveza (5 tn/año). El mayor ahorro en la industria de zumos es debido al mayor número de módulos (24) frente a la cervecera (1). Por lo tanto, a mayor número de módulos solares, mayor ahorro en la compra de combustible, de esta manera se genera menores emisiones de CO<sub>2</sub>.

### 6.3.1.2. Esquema de conexión.

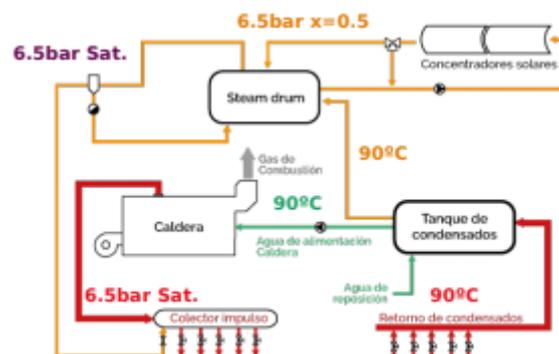
El tipo de conexión establece la manera en la que el fluido calefactado es utilizada para los procesos térmicos.

La conexión perteneciente a la empresa de elaboración de cerveza es la que se muestra en la figura 18a. El vapor generado a través del equipo solar y la caldera se encuentra a una temperatura de 190 °C (temperatura a la salida del módulo) y es introducido directamente en la etapa térmica (maceración y cocción). La introducción del vapor se realiza mediante de los colectores de impulsión. Una vez el vapor condensa es recolectado mediante el colector de retorno de condensados a una temperatura de 90°C, una parte del fluido se hace circular de nuevo por el equipo solar y otra parte hasta la caldera para volver a aumentar la temperatura.



(a)

(b)



(c)

Figura 18. Conexión directa a proceso (a), conexión a depósito (b), conexión a depósito de condensados (c)

La figura 18a, aparte de representar la conexión en la elaboración de la cerveza, es el esquema utilizado en la fábrica de conservas. El fluido se recolecta a través del colector de retorno, que está a una temperatura de 70°C, circula en dirección a los módulos solares y la caldera, una vez el fluido atraviesa los colectores y la caldera aumenta la temperatura hasta los 110°C. El vapor generado por se introduce directamente en el proceso térmico mediante el colector de impulso.

Por otro lado, el esquema de conexión para la empresa de zumos (figura 18b) utiliza como fluido calefactor el vapor. El fluido que se recolecta a través del colector de retorno (condensados), de las etapas de pasteurización y evaporación se encuentra a una temperatura de 95°C, se hace circular por el equipo de concentración solar. El fluido a medida que circula por el módulo va aumentando de temperatura hasta alcanzar los 190°C, una vez se ha alcanzado dicha temperatura se dirige a un tanque de almacenamiento para ser utilizado posteriormente. En el caso de que se produzca más energía que la requerida por la empresa el equipo solar puede almacenar el agua caliente que se produzca en exceso.

El esquema de conexión que presenta la empresa de conservas vegetales (figura 18c) presenta un depósito de almacenamiento adicional, se trata de un depósito de condensados.

El condensados se recolecta mediante el colector de condensados que se encuentran a una temperatura de 90°C y se dirige hasta el depósito de condensados. Una vez se encuentra en el depósito el agua sigue dos direcciones, una hacia la caldera y otra en dirección a los de los módulos solares hasta alcanzar la temperatura de 160°C. Una vez se alcanza dicha temperatura se introduce directamente al proceso térmico mediante el colector de impulsión.

Aquellas empresas que precisen de la generación vapor para las etapas térmicas al no poder almacenar dicho vapor, que es energía, no es posible aprovecharlo. En resumen, la energía que produzca de más el equipo solar no será posible almacenarla ya que se trata de vapor que debido a sus características no es posible almacenarlo. Esta característica tiene un impacto considerable sobre los datos financieros de la empresa y sobretodo sobre el aprovechamiento que se obtenga.

En cambio, la empresa de zumos al disponer de un equipo de almacenamiento es capaz de almacenar la energía que se produzca en exceso. El equipo solar detecta el exceso de energía y automáticamente la dirige a calentar el fluido ubicado dentro del depósito.

### 6.3.1.3. Producción solar durante un año.

Las características de producción y demanda energética por parte de los módulos solares y de cada empresa se muestran en la figura 19.

En primer lugar, el análisis se aborda desde diferentes puntos: demanda energética de la industria en un año, producción solar bruta, producción solar bruta suministrada y porcentaje de utilización.

En cuanto a la demanda energética de cada industria, es representada por las barras de **color negro**. La radiación solar para cada una de las industrias está representada por la línea de **color rojo**.

En cuanto a la producción solar bruta, son barras de **color lila/ púrpura**, representa la energía que sería capaces de producir los módulos sin que exista ningún tipo de interferencia, ya sea desenfoque, presencia de sombras, debido al aislamiento etc.

Por último, la producción solar bruta suministrada, representada de **color azul**. Indica la energía real que suministra el equipo solar a cada industria.

La figura 19a muestra el comportamiento energético de la empresa de zumos. La demanda energética se sitúa en torno a 15 GWh de consumo energético, se observa picos de demanda en los meses de verano, coincidiendo con los periodos de mayor radiación solar lo que favorece el suministro de energía por parte del equipo solar. El equipo solar sería capaz de suministrar 751.531 KWh/año (energía solar suministrada) de los 15 GWh que precisa, lo que presenta un porcentaje de utilización del 4,99%. En términos de consumo de combustible, la empresa ahorra un 5% en la compra del gas natural.

En cambio, el porcentaje de utilización entre la energía solar bruta anual y la energía solar bruta suministrada es elevada, representa el 88%, esto quiere decir que casi el 90% de la energía que producen los módulos es utilizada por la industria.

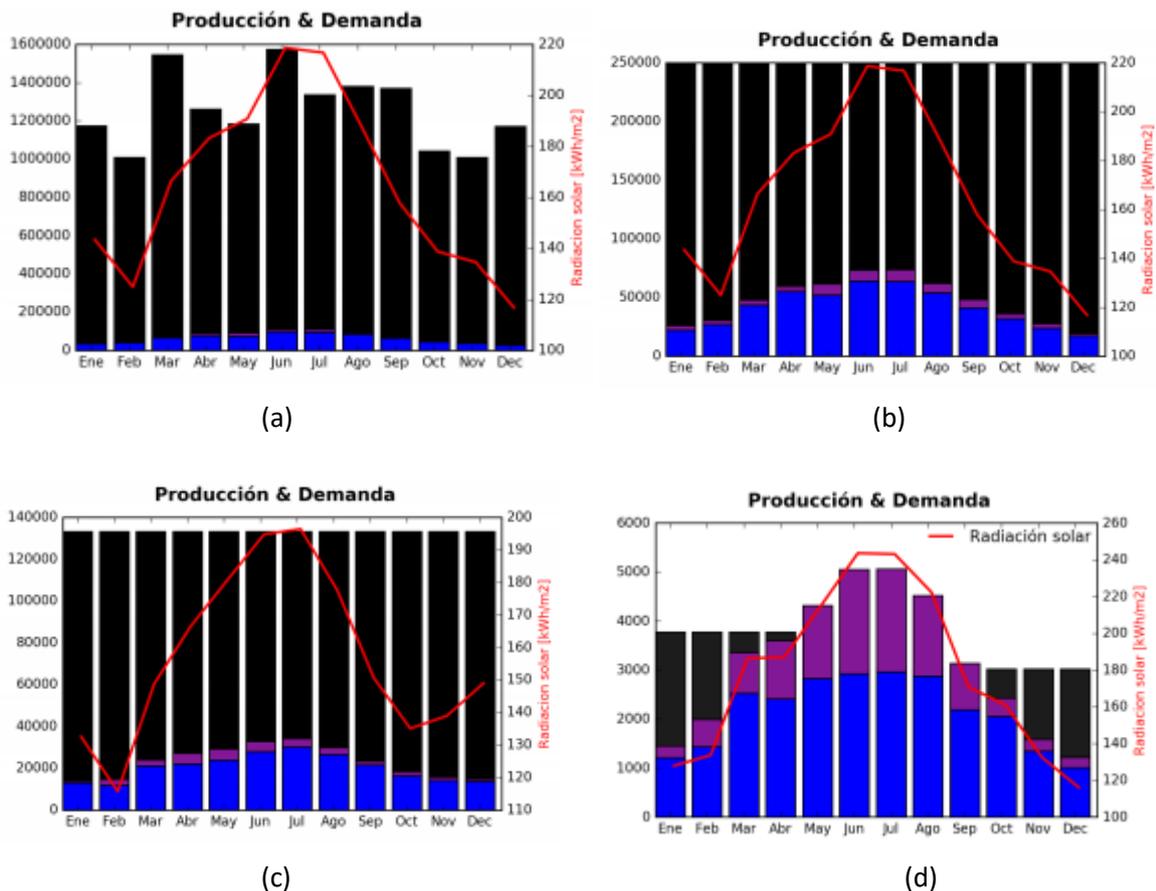


Figura 19. Producción y demanda energética. Empresa de zumos (a), conservas (b), pastas alimenticias (c) y cerveza (d)

La empresa de conservas presenta una distribución energética como se muestra en la figura 19b. El consumo energético de la empresa se sitúa en los 3 GWh, manteniendo una demanda prácticamente constante todo el año, el equipo solar sería capaz de suministrar 495.644 kWh/año a lo largo del año, representa un 16,5 % de utilización de la energía producida. El 16,5% suministrado por el equipo solar

es el que se ahorra la empresa en la compra del combustible. De la misma manera que ocurre en el caso de la empresa de zumos, el porcentaje de utilización respecto a la energía solar bruta anual es de 87%.

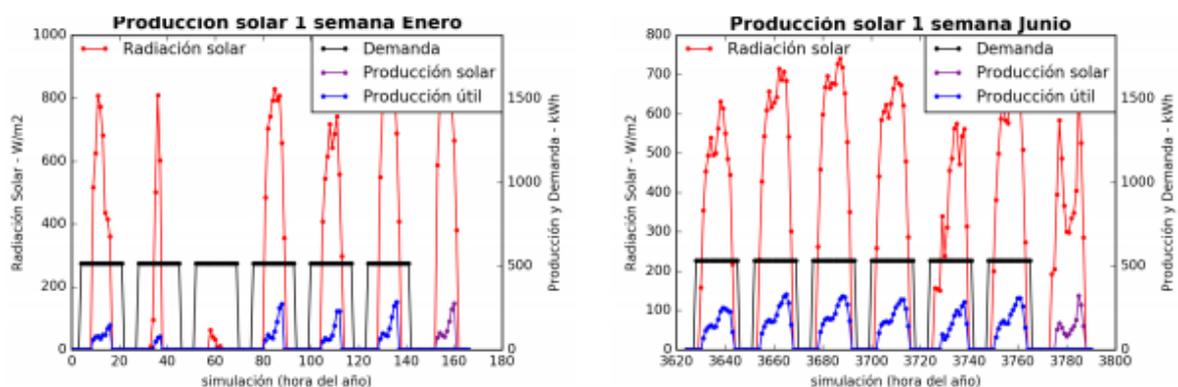
La empresa que fabrica pastas alimenticias, como se observa en la figura 19c, el consumo energético se sitúa alrededor del 1,5 GWh, con demanda energética constante en todo el año. Los 9 módulos son capaces de generar una cantidad energética de 243.283 kWh/ año. La capacidad de aprovechamiento energético que producen los módulos es del 15,2 %. La empresa ahorra un 15% en la compra de gasoil. Por último, la empresa que elabora cerveza (figura 19d), presenta una demanda energética menor a 6.000 kWh/ año, con ausencia de pico de demanda en periodos de verano cuando el consumo de cerveza es mayor. El equipo solar es capaz de suministrar 25.745 kWh/año, valor muy superior a la demanda energética que se sitúa en 5.800 kWh/año. Este exceso de energía no es posible almacenarlo ya que la empresa trabaja con vapor. El equipo solar es capaz de cubrir el 64,36 % de la energía térmica que precisa la industria ahorrando a la industria la compra de gasoil.

La escasa demanda energética junto al fluido utilizado (vapor), que no es posible almacenarlo, la amortización se sitúa en 8 años.

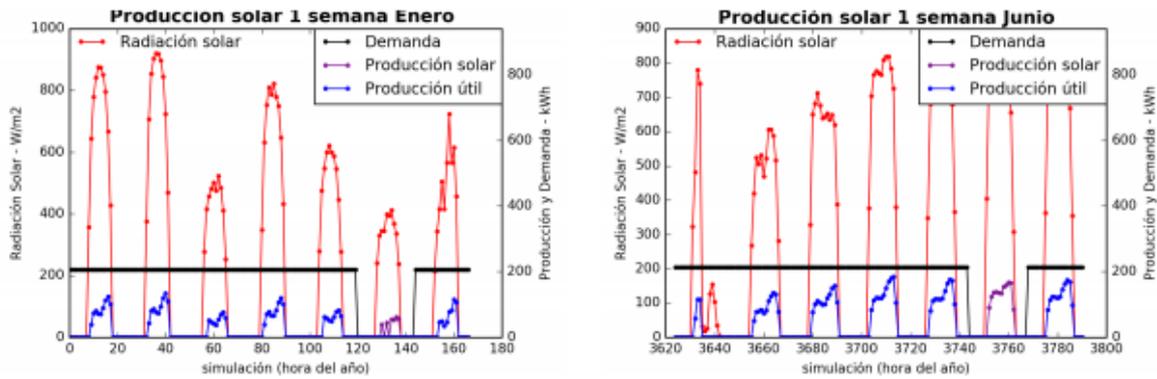
Durante el año 2016 la actividad manufacturera generó 40.865.000 tn CO<sub>2</sub>/año (MINCOTUR, 2018). Considerando que el equipo solar es capaz de suministrar un 16% de la energía térmica que precisa la industria, por lo tanto, en la compra de combustible, supondría una disminución en las emisiones de CO<sub>2</sub> de 6.538.400 tn/año. Por lo tanto, la energía solar térmica es una clara alternativa a la utilización de combustibles fósiles como fuente que proporciona la energía a la industria alimentaria, de esta manera ir reduciendo la dependencia a este tipo de combustibles.

Las gráficas que se observan a continuación muestran el comportamiento del sistema solar para las industrias durante la primera semana de Enero (rango de 0 a 167 horas al año) y la primera semana de Junio (rango de 3620 a 3791 horas al año).

El primer sistema seleccionado (figura 20), que corresponde a la empresa de conservas y pastas alimenticias no dispone de almacenamiento, por lo tanto, la energía producida (**línea de color azul**) es menor que la demanda energética (**línea negra**). En el caso de que la energía producida sea mayor que la demanda no podrá ser utilizada por la empresa. Si el sistema detecta que produce más energía de la necesaria se desenfoca automáticamente.



(a)



(b)

Figura 20. Producción solar primera semana de enero y junio sin almacenamiento empresa de conservas (a) y de pastas (b)

La menor producción energética durante la primera semana de enero corresponde justamente con periodos de menor radiación solar, mientras se mantiene la misma demanda energética. Durante la primera semana de junio se observa una mayor producción energética debido a una elevada radiación solar en los meses de verano, como es lógico.

En el caso de que el sistema disponga de almacenamiento, como es el caso de la empresa de zumos (figura 21), el sistema presenta alguna diferencia, como se muestra en la siguiente figura. El sistema muestra el caso en que la energía solar producida (**línea azul**) sea mayor que la demanda energética (**línea negra**) esta se pueda almacenar y posteriormente utilizar (**línea verde**).

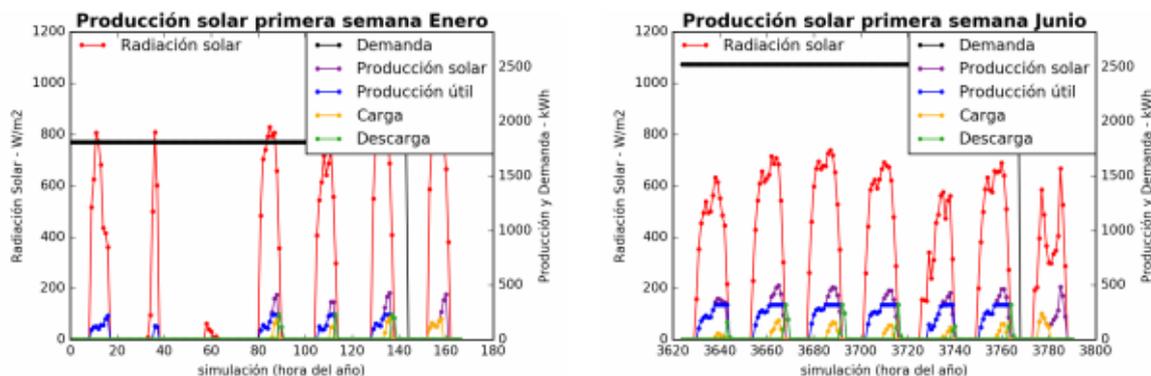


Figura 21. Producción solar primera semana de enero y junio con almacenamiento empresa de zumos

### 6.3.1.- Resultados financieros.

Como se puede observar en la tabla 7, la factura energética actual de la empresa conservera se sitúa en 92.999 €, en el caso de la industria de pastas alimenticias de 95.347 € la de zumo en 371.951 €, mientras que la empresa cervecera de 2.279 €. La empresa que elabora conservas y la de pastas representan facturas similares (alrededor de 90.000 €). La empresa de zumos es la que presenta la mayor factura (371.952 €) y la fábrica de cerveza la que menor factura tiene (2.279 €).

Tabla 7. Resultados financieros.

Industrias	Resultados financieros					
	Factura actual (€/año)	Combustible	Precio combustible (€/KWh)	Inversión (€)	Retorno de la inversión (años)	Ahorro económico (€/año)
Industria Cerveza	2.279	Gasoil	0,057	12.500	8	1.560
Industria Conservas Vegetales	92.999	Gas natural	0,031	144.281	7	31.160
Industria Pastas Alimenticias	95.347	Gasoil	0,059	94.347	5	29.405
Industria Zumo	371.952	Gas natural	0,025	191.790	8	37.645

Tras realizar la simulación se obtiene que la inversión inicial (tabla 7) que debe afrontar la empresa que elabora conservas vegetales es de 144.281€, la fábrica de cerveza de 12.500 €, la de zumo 191.790 € y por último la de pastas alimenticias con 94.347 €. Para llegar a los valores de inversión mostrados hace falta tener en cuenta los criterios anteriormente descritos: tipo de combustible, el precio de este, consumo energético y el perfil de consumo. La elevada inversión que debe realizar la empresa de zumos (191.790 €) viene por el tamaño grande que presenta la empresa, y por lo tanto del elevado consumo energético. A mayor consumo energético, mayor debe ser la inversión ya que necesitan mayor número de módulos

La empresa de conservas y de zumo, que utilizan gas presentan retornos de la inversión mayores. Si se compara la industria de conservas con la de pastas, ambas con un consumo energético similar, el retorno de inversión es menor en la de pastas. Esto se debe al bajo precio del gas natural (0,028 €/kWh) frente al gasoil, de precio mayor (0,055 €/kWh). En cambio, la fábrica de cerveza es la que presenta el menor valor de inversión (12.500 €), aun utilizando gasoil el retorno de la inversión es de 8 años. La elevada amortización se debe a la baja factura energética (2.279 €/año) y por lo tanto al consumo energético, el equipo solar no genera un ahorro suficiente para amortizar el equipo en menos años

Por otro lado, la empresa de pastas es la que presenta un retorno de la inversión menor. Utiliza gasoil como combustible y junto a un consumo energético no tan elevado como la empresa de zumos ni tan bajo como la fábrica de cerveza permite obtener un retorno en menos años que el resto de las industrias.

El equipo solar genera un ahorro anual en el consumo de combustible a cada empresa dependiendo del aprovechamiento que realice cada empresa de la energía que produce el equipo solar. El ahorro que presenta la empresa conservera se sitúa en 32.000 €/año, 30.000 €/año para la que elabora pastas, 190.000€/año a la empresa de zumo y de 1.200 €/año para la empresa cervecera.

En la figura 22 se muestra el comportamiento financiero que presenta cada empresa. La empresa de conservas (figura 22a), presenta un cash flow (ahorro anual) de alrededor de 30.000€, a medida que pasan los años el ahorro se va acumulando (cash flow acumulado) hasta alcanzar el año de amortización (año 7), a partir de este año el equipo solar genera beneficios a la empresa. De la misma

manera se puede observar la evolución económica de la empresa de pastas (figura 22b), la empresa cervecera (figura 22c) y la de zumos (figura 22d).

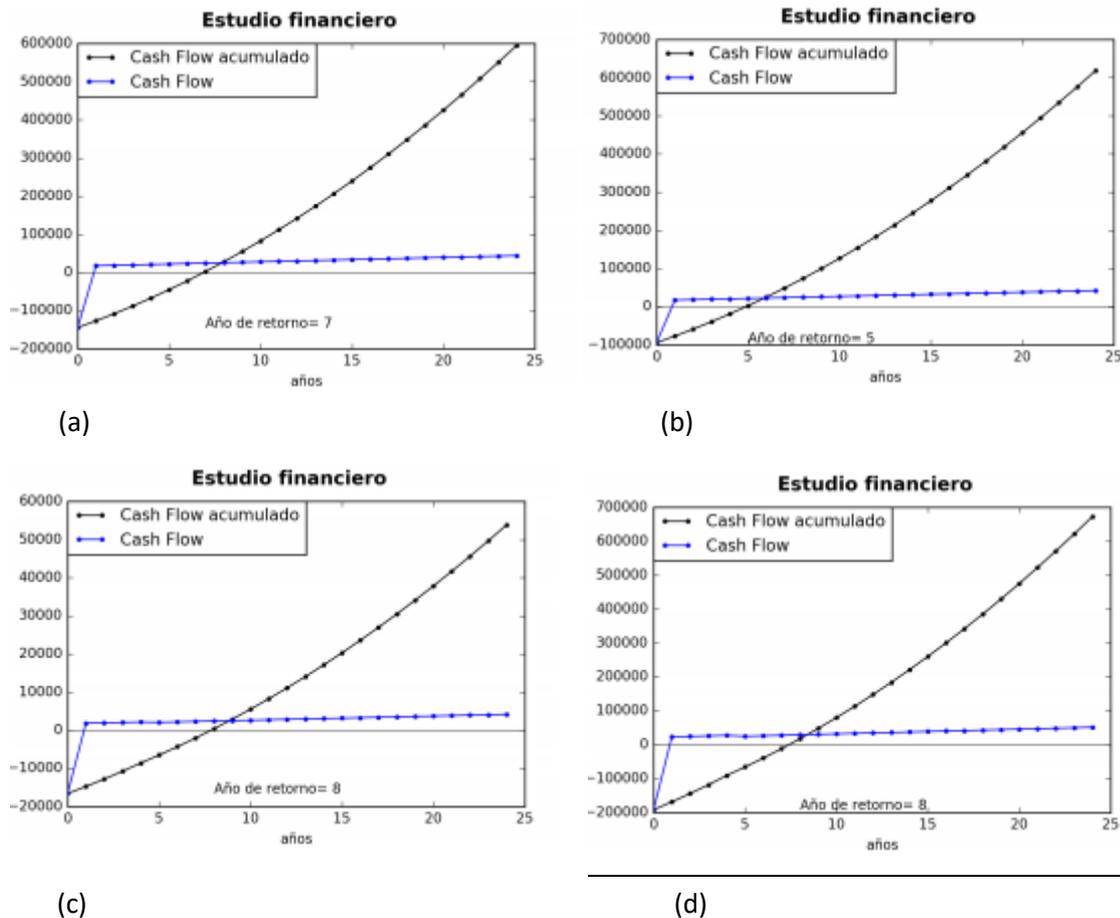


Figura 22. Gráfica cash flow empresa conservas (a), pastas alimenticias (b), cerveza (c) y zumo (d)

## 7. Conclusión

La empresa de zumos y conservas presentan demandas energéticas elevadas, 15 GWh y 3 GWh, por lo tanto, la inversión que debe realizar cada una de ellas también lo es (191.790 € y 144.281). Las dos empresas utilizan como combustible el gas natural cuyo precio (0,028 €/kWh) es inferior al del gasoil. El suministro energético que proporciona el equipo solar para la empresa de zumos es del 5% y para la empresa de conservas del 16,5 %, esto quiere decir que cada empresa ahorraría en la compra de combustible el 5% y 16,5% respectivamente. El consumo de gas natural de la empresa de zumos (precio inferior al resto de hidrocarburos), la utilización de vapor como fluido calefactor, que tiene como contrapartida que no se puede almacenar, junto a la escasa producción energética por parte del equipo solar hace que se obtenga una amortización de 8 años. En el caso de la empresa de conservas, aunque también usa gas natural se obtiene un periodo de amortización un año menor debido a que el equipo solar genera un ahorro del 16,5 %,

Respecto a la empresa de pastas alimenticias y de cerveza, ambas utilizan como combustible el gasoil, que tiene un precio de 0,059 €/kWh y 0,057 €/kWh respectivamente. La amortización de la inversión de la empresa de cerveza se sitúa en los 8 años y en la de pastas en 5 años. La diferencia entre ambas empresas, aún utilizando el mismo combustible, radica en la diferencia de tamaño de la empresa, que implica diferencias en la demanda energética. La empresa de pastas es de tamaño mediano y la de cerveza de tamaño pequeño. Existe otra diferencia entre ambas empresas y es el porcentaje de utilización de la energía solar, en la empresa de pasta, el equipo solar es capaz de suministrar el 15,2 % de la energía térmica que necesita la empresa, mientras, la cervecera el equipo solar suministra el 64,36 % de la energía térmica que necesita la empresa.

La baja demanda energética de la cervecera, consecuencia del tamaño, dificulta la integración solar ya que la inversión que debe realizarse es mucho mayor que el ahorro que puede obtenerse mediante la integración solar, incluso con un ahorro del 64,36 % en la compra del gasoil (energía suministrada por el equipo solar), el más elevado de las cuatro industrias.

En cambio, la empresa de pastas, con un ahorro en la compra del combustible del 15,2 %, presenta una amortización menor. Es el resultado de consumir gasoil, combustible de precio elevado y además, utilizar como fluido calefactor agua sobrecalentada, que puede almacenarse en un depósito, lo que conlleva que la energía que produzca de más el equipo solar se puede almacenar para su posterior uso.

Por lo tanto, la empresa de zumos es la que presenta mejores condiciones para la implantación solar ya que es capaz de recuperar la inversión en menos años (5 años).

La energía solar térmica se ha visto que es capaz de generar la suficiente energía térmica que necesitan las industrias, llegando incluso a disminuir el 16% del consumo de combustibles fósiles. Esto representa una mejora para las empresas tanto desde el punto de vista económico como medioambiental.

## Bibliografía

### Bibliografía:

AGENEX (2014), Agencia extremeña de la energía. Eficiencia energética en empresas del sector agroalimentario.

<http://www.agenex.net/guias->

[altercexa/2\\_EF\\_ENERG\\_EN\\_EMPRESAS\\_DEL\\_SECTOR\\_AGROALIMENTARIO.pdf](http://www.agenex.net/guias-altercexa/2_EF_ENERG_EN_EMPRESAS_DEL_SECTOR_AGROALIMENTARIO.pdf)

Fecha de consulta 7/7/2018

BOE (2016), Boletín Oficial del Estado. Norma de calidad de la cerveza y las bebidas de malta.

<https://www.boe.es/boe/dias/2016/12/17/pdfs/BOE-A-2016-11952.pdf>

Fecha de consulta 8/7/2018

Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, 2011. Junta de Andalucía. Guía práctica de calificación ambiental.

[https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal\\_web/web/temas\\_ambientales/vigilancia\\_y\\_preencion\\_ambiental/preencion\\_ambiental/guia9.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/web/temas_ambientales/vigilancia_y_preencion_ambiental/preencion_ambiental/guia9.pdf)

Fecha de consulta 8/7/2018

CSIC, Consejo Superior de Investigación Científica, capítulo 5, aspectos industriales

[http://digital.csic.es/bitstream/10261/89988/4/Aspectos\\_industriales.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/89988/4/Aspectos_industriales.pdf)

Fecha de consulta 7/7/2018

ESTELASOLAR (2016), European Solar Thermal Electricity Association. Solar thermal electricity.

[http://www.estelasolar.org/wp-content/uploads/2016/02/GP-ESTELA-SolarPACES\\_Solar-Thermal-Electricity-Global-Outlook-2016\\_Full-report.pdf](http://www.estelasolar.org/wp-content/uploads/2016/02/GP-ESTELA-SolarPACES_Solar-Thermal-Electricity-Global-Outlook-2016_Full-report.pdf)

Fecha de consulta 7/7/2018

EUROSTAT (2017), Statistics Explained. Estadística del precio del gas natural.

[http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Natural\\_gas\\_price\\_statistics/es](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Natural_gas_price_statistics/es)

Fecha consulta 7/7/2018

FAO (2004), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnología combinada.

<http://www.fao.org/3/a-y5771s.pdf>

Fecha de consulta 7/7/2017

FIAB (2017), Federación Española de Industrias de la Alimentación y Bebidas. Informe económico 2017

<http://fiab.es/wp-content/uploads/2017/12/INFORME-ECONOMICO-FIAB-2016-2.pdf>

Fecha de consulta 7/7/2018

Instituto Tomás Pascual Sanz (2010), Nuevas Tecnologías en la Conservación y Transformación de los Alimentos

[http://www.institutotomas Pascualsanz.com/descargas/formacion/publi/Libro\\_Conserva\\_Transforma\\_Alimentos.pdf](http://www.institutotomas Pascualsanz.com/descargas/formacion/publi/Libro_Conserva_Transforma_Alimentos.pdf)

Fecha de consulta 8/7/2018

INTA (2007), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Curso superior de degustación de vinos 2  
[https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-21\\_la\\_maceracin.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-21_la_maceracin.pdf)

Fecha de consulta 7/7/2018

MAPAMA (2014), Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Marco estratégico para la industria de alimentación y bebidas.

[http://www.mapama.gob.es/es/alimentacion/temas/industria-agroalimentaria/marcoestrategicoparalaindustriadealimentacionybebidas\\_tcm30-87437.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/alimentacion/temas/industria-agroalimentaria/marcoestrategicoparalaindustriadealimentacionybebidas_tcm30-87437.pdf)

Fecha de consulta 4/7/2018

MERCASA (2016), Informe Anual de la Industria Alimentaria Española.

[http://www.mercasa-ediciones.es/alimentacion\\_2016/pdfs/alimentacion\\_en\\_espana\\_web\\_2016\\_150px.pdf](http://www.mercasa-ediciones.es/alimentacion_2016/pdfs/alimentacion_en_espana_web_2016_150px.pdf)

Fecha de consulta 7/7/2018

Miguel Frassetto (2018). RESSPI , The network of simulated solar systems for industrial processes 2018

MINCOTUR (2018), Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Precio neto de la electricidad para uso doméstico y uso industrial.

[http://www.mincotur.gob.es/es-ES/IndicadoresyEstadisticas/DatosEstadisticos/IV.%20Energ%C3%ADa%20y%20emisiones/IV\\_12.pdf](http://www.mincotur.gob.es/es-ES/IndicadoresyEstadisticas/DatosEstadisticos/IV.%20Energ%C3%ADa%20y%20emisiones/IV_12.pdf)

Fecha de consulta 7/7/2018

MINCOTUR (2018), Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Precio neto de la electricidad para uso doméstico y uso industrial.

[http://www.mincotur.gob.es/es-ES/IndicadoresyEstadisticas/DatosEstadisticos/IV.%20Energ%C3%ADa%20y%20emisiones/IV\\_14.pdf](http://www.mincotur.gob.es/es-ES/IndicadoresyEstadisticas/DatosEstadisticos/IV.%20Energ%C3%ADa%20y%20emisiones/IV_14.pdf)

Fecha de consulta 9/7/2018

Solar Concentra (2016), Estudio Geolocalizado del Potencial de Aplicaciones de Calor Solar de Proceso de Media Temperatura.

<http://www.solarconcentra.org/wp-content/uploads/2017/10/Estudio-Anualidad-2016.GT-MT.pdf>

Fecha de consulta 7/7/2018

UCA (2017), Universidad de Cádiz. Diseño de un pasteurizador para helados.

<http://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/6446/33262846.pdf;jsessionid=194F3C65F01DF76BE2D2738147F0E73B?sequence=1>

Fecha de consulta 7/7/2018

UPV (2016), Universidad Politécnica de Valencia. Diseño industrial para la elaboración de cerveza.



<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73275/Dise%C3%B1o%20y%20puesta%20en%20marcha%20de%20una%20planta%20elaboradora%20de%20cerveza.pdf?sequence=3>

Fecha de consulta 7/7/2018

UPV (2001), Universidad Politécnica de Valencia. Introducción al secado de alimentos por aire caliente

[https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/e8b523c5-4970-4ae6-b2a3-86f576e81359/TOC\\_4092\\_02\\_01.pdf?guest=true](https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/e8b523c5-4970-4ae6-b2a3-86f576e81359/TOC_4092_02_01.pdf?guest=true)

Fecha de consulta 7/7/2018