



The logo for 'sucelloq' features a stylized, green, circular symbol on the left, followed by the word 'sucelloq' in a green, lowercase, sans-serif font.

**Impulsando la creación de centros logísticos de biomasa por  
la agroindustria**

**Manual para las agroindustrias interesadas en empezar una  
nueva actividad como centro logístico de biomasa: Lecciones  
aprendidas y ejemplos de buenas prácticas**



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

**Autores:** Camille Poutrin, Dr. Ilze Dzene, Eva López y Klaus Engelmann

**Editores:** Dr. Ilze Dzene, Dr. Rainer Janssen, Dr. Alfred Kindler, Tanja Solar, Klaus Engelmann, Eva López, Susana Rivera y Chiara Chiostrini

**Publicación:** © 2016, SCDF - Services Coop de France  
43, rue Sedaine / CS 91115  
75538 Paris Cedex 11, France

**Contacto:** Camille Poutrin  
SCDF - Services Coop de France  
camille.poutrin@servicescoopdefrance.coop  
Tel.: +33 1 44 17 58 40  
www.servicescoopdefrance.coop

**Sitio web:** [www.SUCELLOG.eu](http://www.SUCELLOG.eu)

**Copyright:** Reservados todos los derechos. Ninguna parte de este manual puede ser reproducida, de ninguna forma ni por ningún medio, con el fin de ser utilizada para fines comerciales sin el permiso por escrito del editor. Los autores no garantizan la exactitud y/o la integridad de la información y de los datos incluidos o descritos en este manual.

**Descargo de responsabilidad:**

La responsabilidad exclusiva del contenido de este manual es de los autores. No refleja necesariamente la opinión de la Unión Europea. La Comisión Europea no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información incluida en el mismo.



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

## Tabla de contenidos

<b>Introducción</b> .....	<b>6</b>
<b>1 ¿Qué determina el éxito del concepto de negocio en general?</b> .....	<b>7</b>
1.1 Reconozca las fortalezas y conviértalas en oportunidades .....	7
1.2 Seleccione los “miembros del equipo” y entienda su motivación .....	8
1.3 Busque sinergias con el sector público y dé respuesta a los retos sociales .....	10
1.4 Amplíe el proyecto para optimizar los flujos de material, energía y residuos .....	12
<b>2 ¿Cuáles son los puntos críticos en relación al suministro de biomasa?</b> .....	<b>13</b>
2.1 Busque residuos sin uso competitivo .....	13
2.2. Busque oportunidades para reducir los costes de cosechado y recogida de biomasa .....	14
2.3. La biomasa agrícola puede ser utilizada para suministros a gran escala .....	15
2.4. Base su concepto de negocio en las propiedades reales analizadas de la biomasa .....	16
<b>3 ¿Cuáles son los puntos críticos en la organización del procesado de la biomasa?</b> .....	<b>18</b>
3.1 Si es posible, use los equipos e instalaciones de almacenamiento existentes .....	18
3.2 Busque empresas propietarias de equipos necesarios y plantéese la asociación con ellas .....	19
<b>4 ¿Cuáles son los puntos críticos para satisfacer la demanda del mercado de la bioenergía?</b> .....	<b>21</b>
4.1 Asegúrese de que la biomasa agrícola es competitiva y de que pueda ser movilizad a gran escala	21
4.2 Aproveche la versatilidad de la biomasa agrícola .....	22
4.3 Considere la opción de convertirse en proveedor de servicios energéticos .....	23
<b>Mensajes claves para el lector</b> .....	<b>25</b>
<b>Abreviaturas</b> .....	<b>26</b>
<b>Lista de Figuras</b> .....	<b>26</b>
<b>Lecturas complementarias</b> .....	<b>27</b>

## Agradecimientos

Este manual se elaboró en el marco del Proyecto SUCELLOG (IEE/13/638/SI2.675535), apoyado por la Comisión Europea a través del Programa de Energía Inteligente (IEE -Intelligent Energy Programme). Los autores agradecen el apoyo del Proyecto SUCELLOG a la Comisión Europea, así como la contribución de los co-autores y socios del Proyecto SUCELLOG en este manual.

## Acerca del Proyecto SUCELLOG

El Proyecto SUCELLOG - Triggering the creation of biomass logistic centres by the agro-industry – tiene como objetivo la participación del sector agrario en la cadena de suministros sostenible de biomasa sólida en Europa. Las acciones del proyecto se centran en la casi inexplorada logística: la implementación de centros logísticos agroindustriales, y la agroindustria como un complemento para su actividad usual evidenciando la gran sinergia existente entre la agro-economía y la bio-economía. Para mayor información acerca del proyecto y de los agentes que intervienen, por favor visite [www.sucellog.eu](http://www.sucellog.eu).

### Consorcio SUCELLOG:



**CIRCE:** Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos, Coordinador del proyecto.

Eva López: [sucellog@fcirce.es](mailto:sucellog@fcirce.es)



**WIP:** WIP - Renewable Energies

Dr. Ilze Dzene: [ilze.dzene@wip-munich.de](mailto:ilze.dzene@wip-munich.de)

Dr. Rainer Janssen: [rainer.janssen@wip-munich.de](mailto:rainer.janssen@wip-munich.de)

Cosette Khawaja: [cosette.khawaja@wip-munich.de](mailto:cosette.khawaja@wip-munich.de)



**RAGT:** RAGT Energie SAS

Vincent Naudy: [vnaudy@ragt.fr](mailto:vnaudy@ragt.fr)

Matthieu Campargue: [mcampargue@ragt.fr](mailto:mcampargue@ragt.fr)

Jérémie Tamalet: [JTamalet@ragt.fr](mailto:JTamalet@ragt.fr)



**SPANISH COOPERATIVES:** Agri-food Cooperatives of Spain

Juan Sagarna: [sagarna@agro-alimentarias.coop](mailto:sagarna@agro-alimentarias.coop)

Susana Rivera: [rivera@agro-alimentarias.coop](mailto:rivera@agro-alimentarias.coop)

Irene Cerezo: [cerezo@agro-alimentarias.coop](mailto:cerezo@agro-alimentarias.coop)



**SCDF:** Services Coop de France

Camille Poutrin: [camille.poutrin@servicescoopdefrance.coop](mailto:camille.poutrin@servicescoopdefrance.coop)



**DREAM:** Dimensione Ricerca Ecologia Ambiente

Enrico Pietrantonio: [pietrantonio@dream-italia.net](mailto:pietrantonio@dream-italia.net)

Dr. Fiamma Rocchi: [rocchi@dream-italia.it](mailto:rocchi@dream-italia.it)

Chiara Chiostrini: [chiostrini@dream-italia.net](mailto:chiostrini@dream-italia.net)



**Lk Stmk:** Styrian Chamber of Agriculture and Forestry

Dr. Alfred Kindler: [alfred.kindler@lk-stmk.at](mailto:alfred.kindler@lk-stmk.at)

Tanja Solar: [tanja.solar@lk-stmk.at](mailto:tanja.solar@lk-stmk.at)

Klaus Engelmann: [klaus.engelmann@lk-stmk.at](mailto:klaus.engelmann@lk-stmk.at)

Thomas Loibnegger: [thomas.loibnegger@lk-stmk.at](mailto:thomas.loibnegger@lk-stmk.at)

## Introducción

El Proyecto SUCELLOG pretende impulsar la involucración del sector agrario en el suministro sostenible de nueva biomasa sólida, centrándose en las oportunidades que las agroindustrias tienen como resultado de convertirse en un centro logístico de biomasa. En este sentido, el proyecto apoya a las agroindustrias en la diversificación de su actividad regular y en aprovechar dos hechos:

- Algunas agroindustrias tienen equipos que son compatibles con la producción de biomasa sólida (secaderos, peletizadoras, picadoras, silos de almacenamiento, etc.);
- Las agroindustrias están habituadas a tratar con productos agrarios y a satisfacer los requerimientos de calidad de los consumidores.

Durante el Proyecto SUCELLOG, varias agroindustrias han sido apoyadas mediante la evaluación de sus oportunidades de convertirse en centros logísticos de biomasa. El apoyo se ha provisto a través de diferentes tipos de actividades -auditorías, estudios de viabilidad y formación- y del desarrollo de guías prácticas y manuales. Cuatro agroindustrias fueron directamente apoyadas para convertirse en centros logísticos de biomasa y más de 40 fueron evaluadas en relación a sus oportunidades mediante el desarrollo de estudios de auditoría. Durante todas estas actividades, han sido identificados varios ejemplos de buenas prácticas y experiencias en relación a cuestiones a las que enfrentarse a la hora de desarrollar los centros logísticos de biomasa dentro de las agroindustrias existentes.

Este tercer manual del Proyecto SUCELLOG, titulado *“Lecciones aprendidas y ejemplos de buenas prácticas”*, es una guía a utilizar por el responsable del proyecto (la propia agroindustria o cualquier otra entidad) a la hora de establecer un centro logístico de biomasa basado en productos agrícolas. Está dirigido a usuarios conocedores de los conceptos básicos sobre la producción y uso de biomasa agrícola, y a aquellos que han considerado la posibilidad de desarrollar centros logísticos de biomasa dentro de sus agroindustrias.

**Este manual es, por tanto, un resumen de las lecciones aprendidas y buenas prácticas de la experiencia de SUCELLOG y otros proyectos existentes. Pretende llamar la atención del lector sobre los puntos críticos que necesitan ser adecuadamente gestionados mientras se prepara la evaluación técnico-económica del concepto. Proporciona ejemplos de buenas prácticas como respuesta a las problemáticas que podrían surgir durante el proceso de desarrollo del centro logístico de biomasa.** Estos puntos críticos están ilustrados mediante ejemplos de los países objetivo del proyecto –Austria, Francia, Italia y España.

Este documento contiene 4 secciones, siguiendo la misma estructura que el segundo manual SUCELLOG, [Manual 2 – Realizar un estudio de viabilidad](#):

- **¿Qué determina el éxito del concepto general de negocio?:** a la hora de diseñar un modelo de negocio, el responsable del proyecto debería considerar el concepto general de negocio, incluyendo la identificación de todas las partes implicadas y la evaluación de cómo el concepto corresponde a los intereses de cada parte. Esta sección presenta importantes puntos a tener en cuenta a la hora de construir el modelo en su conjunto.
- **¿Cuáles son los puntos críticos en relación con el suministro de biomasa?:** los recursos de biomasa y su disponibilidad son el punto de partida del concepto de negocio y tienen una influencia significativa en la estructura general del concepto. Se requiere conocimiento sobre las propiedades, cantidades y precios de los recursos de biomasa para establecer el modelo de negocio y asegurar la rentabilidad del proyecto. Los puntos críticos a tener en cuenta a la hora de analizar los recursos de biomasa disponibles son presentados en esta sección a través de casos reales.
- **¿Cuáles son los puntos críticos en la organización del procesado de la biomasa?:** la inversión en tecnologías de procesado de biomasa es un punto crucial que afecta a la rentabilidad del concepto de centros logísticos de biomasa. En esta sección se presentan ejemplos donde las oportunidades de reducir costes de inversión han sido llevados a la práctica.

- **¿Cuáles son los puntos críticos para abordar la demanda del mercado de bioenergía?:** En general, la concienciación de los usuarios finales de biomasa sólida es baja en cuanto a los productos de biomasa agrícola y el mercado no siempre está bien estructurado. Esta sección proporciona una serie de consejos útiles sobre como facilitar la demanda sobre la biomasa agrícola y desarrollar el mercado local de bioenergía.

## 1 ¿Qué determina el éxito del concepto de negocio en general?

A la hora de iniciar una actividad como centro logístico de biomasa y desarrollar un modelo de negocio específico, con el objetivo de garantizar el mejor rendimiento económico, el responsable del proyecto debe tener en cuenta una serie de puntos clave. El concepto de negocio propuesto tiene que ser analizado en relación a sus fortalezas, debilidades y oportunidades relacionadas con la comunidad local. Más adelante se describen en este capítulo consejos útiles para reconocer las fortalezas del concepto de negocio, crear asociaciones exitosas y responder a los retos sociales.

### 1.1 Reconozca las fortalezas y conviértalas en oportunidades

El concepto de centro logístico de biomasa dentro de la agroindustria se basa en la explotación de las excelentes oportunidades que las agroindustrias tienen para convertirse en productores de biomasa sólida con reducidas necesidades de inversión. Las agroindustrias están acostumbradas a trabajar con biomasa agrícola: actualmente recogen, tratan y venden productos de la agricultura. Transportan productos a lugares de transformación o al consumidor final y están acostumbrados a colaborar con agricultores en la organización de logísticas a gran escala de bienes agrícolas como los granos, fruta, etc. Además, son conscientes sobre la importancia de garantizar un cierto nivel de calidad de los productos finales.

De forma complementaria a sus actividades habituales, **las agroindustrias tienen la oportunidad inexplorada de beneficiarse de su experiencia en el manejo de alimentos/piensos y diversificar sus actividades añadiendo valor a sus residuos biomásicos.** Dentro del concepto SUCELLOG, **las logísticas de biomasa agrícola se extraen de los modelos de negocio agrarios clásicos y, cuando es posible, son mejorados para responder a las demandas del mercado local de bioenergía.**

**Ejemplo de buenas prácticas: integración de la actividad de un centro logístico de biomasa como una oportunidad para complementar las actividades habituales de la empresa Tschiggerl Agrar GmbH, Austria**

*Tschiggerl Agrar GmbH es una agroindustria ubicada en el sureste de Estiria (Austria). Sus actividades principales son el cosechado y procesado del grano de maíz y paja de cereal para alimentación del ganado.*

El secado de los granos de maíz es la operación de procesado de mayor intensidad energética de Tschiggerl Agrar GmbH. Normalmente se utilizaba petróleo o gas como combustible en las instalaciones de secado para producir energía en las operaciones de secado. En 2007, cuando los precios del petróleo estaban muy altos, el propietario de la empresa, Mr. Tschiggerl, empezó a buscar un combustible alternativo más barato. Se le ocurrió la idea de usar zuro de maíz puesto que este subproducto actualmente infrutilizado había sido utilizado en el pasado por los agricultores como combustible, cuando la cosecha del maíz todavía se hacía de manera manual.

- > **Ahorro de costes de combustible por autoconsumo de energía:** 200.000 €/año
- > **Período de amortización de la caldera:** 2 años
- > **Sin inversiones adicionales** para el desarrollo del centro logístico de biomasa
- > **Combustibles producidos (2015):** 1.200 t
- > **El zuro de maíz picado es un 40 % más barato que los pélets de madera**
- > **Únicamente el 1,3 % del contenido energético total** del combustible es

Siguiendo ésta idea, Tschiggerl Agrar GmbH comenzó a investigar sobre cómo llevar a cabo este proyecto. La cadena logística era el primer punto crítico a ser resuelto. La movilización de una cantidad suficiente de materia prima no era un problema, dado que Mr. Tschiggerl proporcionaba el servicio de cosechado de maíz a otros agricultores también. Sin embargo, en relación a la tecnología de cosechado del maíz, la cosechadora estándar de maíz debía ser modificada para hacer posible la recogida del grano y el zuro al mismo tiempo en contenedores separados (para más información ver el ejemplo en la sección 2.2). Una vez se resolvieron las cuestiones logísticas, decidió afrontar la cuestión del consumo, invirtiendo en 2012 en una caldera capaz de quemar zuro de maíz y utilizarlo para cubrir la demanda energética de la empresa.

Dado que cada año se generaba más zuro, la empresa decidió utilizar el excedente de biomasa para la producción de combustible sólido y venderlo en el mercado. En 2015, y gracias al apoyo del Proyecto SUCELLOG, Tschiggerl Agrar GmbH comenzó a operar como un centro logístico de biomasa. El nuevo concepto de negocio ha sido desarrollado basándose en la infraestructura existente y los períodos de inactividad de los equipos disponibles (secadero y picadora) y, por tanto, no supuso una inversión inicial significativa. La empresa está vendiendo el zuro de maíz en diferentes formatos (pélets, picado o a granel) directamente a los consumidores. Los pélets se producen en otra instalación, perteneciente a una asociación que trata con pienso, de la cual Mr. Tschiggerl es miembro. Para más información, ver el informe del Proyecto SUCELLOG –Resumen de la situación actual de Tschiggerl Agrar GmbH y estudio viabilidad.

#### **¡Aprovechar la oportunidad de utilizar las estructuras existentes y los recursos de biomasa!**

Tschiggerl Agrar es una empresa especializada en trabajar con grano. La empresa aprovechó la oportunidad de utilizar sus experiencias y conocimiento para desarrollar una nueva actividad de negocio basada en las estructuras existentes y los recursos de biomasa. Decidieron tratar la biomasa de manera similar a como trataban los granos mediante la replicación del modelo de tratamiento clásico de cereales a los nuevos productos. Tschiggerl Agrar produce combustibles sólidos en los períodos de inactividad y los vende directamente desde la instalación a los agricultores, empresas de servicios energéticos y

### **1.2 Seleccione los “miembros del equipo” y entienda su motivación**

El desarrollo de un centro logístico de biomasa se ve afectado por las sinergias entre varios tipos de agentes interesados: productores de biomasa, proveedores energéticos, fabricantes de calderas, agencias de energía nacionales, etc. Sus necesidades y objetivos son diferentes. Por esta razón, **el responsable del proyecto debería identificar que partes son esenciales para el nuevo centro logístico de biomasa y entender como éstas podrían ser motivadas para apoyar la actividad que se pretende. El éxito del proyecto dependerá de la habilidad de establecer una asociación “ganar-ganar” en la que todos los “miembros del equipo” involucrados se beneficien del proyecto y, por tanto, estén altamente motivadas.**

En la Figura 1 se muestran ejemplos de “miembros del equipo” potenciales y sus expectativas. Como se ha aclarado previamente, si el proyecto puede satisfacer las expectativas y necesidades de las partes interesadas, éstas estarán motivadas para apoyar la actividad que se pretenda desarrollar. Sin embargo, es importante entender que las partes interesadas pueden ser motivadas no únicamente mediante incentivos económicos sino también cuando consiguen ahorrar tiempo o mejorar su imagen corporativa.

## Ejemplos de partes interesadas y sus expectativas

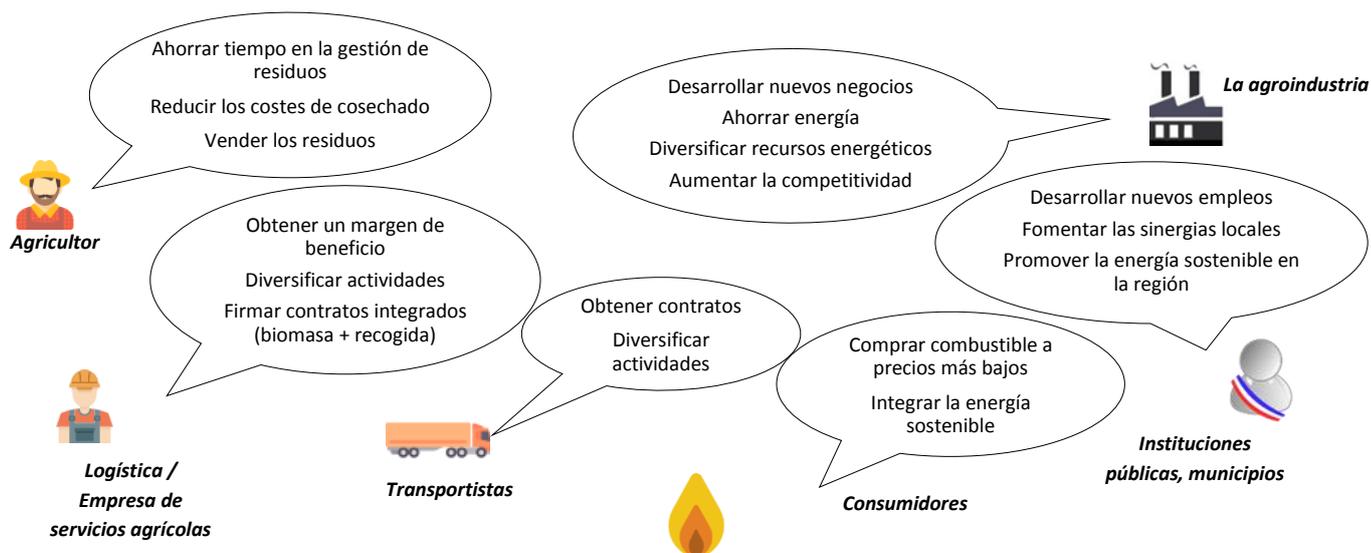


Figura 1: Expectativas de las partes interesadas a la hora de desarrollar un proyecto de biomasa sólida.

## Ejemplo de buenas prácticas: asociación exitosa de las partes interesadas iniciada por la empresa Boortmalt, Francia

**La empresa Boortmalt** es una filial del grupo Axereal y tiene en propiedad diez malterías en Europa. La empresa produce 1,1 millones de toneladas de malta por año. Esta actividad requiere una etapa de secado de la cebada de gran intensidad energética. Hasta el año 2011, el consumo de energía requerido para la planta Boortmalt en Issoudun, Francia, fue de alrededor de 160.000 MWh de gas natural y de 15.500 MWh de electricidad por año. Los costes energéticos representaron el 25% del volumen de negocio de la planta o el 28% de los costes totales de producción.

- > **Coste total del proyecto:** 2,8 M€
- > **Tiempo de amortización:** 4 años
- > **Costes de energía ahorrados:** 500.000 €/año
- > **Porcentaje de energía cubierta con biomasa:** 13 %
- > **Ahorro de energía:** 18.000 tep/año
- > **Ahorro CO<sub>2</sub>:** 4.312 t/año.

En 2001, la empresa inició un estudio para evaluar la posibilidad de utilizar amplias cantidades de residuos disponibles (residuos de silos) de cebada y otros cereales para producción energética y cubrir la demanda de calor propia. La evaluación de esta oportunidad fue apoyada por Vyncke (un fabricante de calderas) y por Dalkia France (una experimentada empresa de servicios energéticos<sup>1</sup>).

Los positivos resultados del estudio, convirtieron el proyecto en una realidad en 2013. La empresa estaba buscando un fabricante de biomasa que les proporcionase un equipo de combustión capaz de trabajar con residuos de silo. Por tanto, Boortmalt decidió cooperar con Vyncke, la cual adaptó una de sus calderas comerciales de madera de 4 MW en una capaz de operar con biomasa agrícola. Vyncke trabajó junto a la agroindustria para optimizar el rendimiento de la caldera. Dalkia France ha estado



Figura 2: Caldera Vyncke en Boortmalt (Issoudun, Francia).

<sup>1</sup> ESCO (Energy Service Company –Empresa de servicios energéticos) –este tipo de empresa instala calderas o estufas especializadas (p.ej. calderas policombustibles) que sean capaces de trabajar con biomasa agrícola, se encarga del mantenimiento de las calderas y del suministro del combustible sólido.

involucrada en el mantenimiento y operación de la nueva instalación.

Para desarrollar este proyecto, Boortmalt recibió financiación del “Heating Fund” (Fondo de Calefacción) administrado por ADEME –la Agencia Nacional Francesa de medioambiente y gestión energética. Un total 714.000 € de financiación pública, complementada mediante cofinanciación a partir de recursos propios, fue necesaria para construir esta instalación.

#### Entender la motivación y desarrollar asociaciones “ganar—ganar”

**Para el grupo Axereal** este proyecto fue una oportunidad para valorizar parte de sus residuos (4.000 t/año) y reducir sus costes energéticos. La independencia energética de la empresa fue mejorada.

**Para Dalkia** este proyecto fue una oportunidad de obtener nuevos consumidores y desarrollar referencias sobre proyectos usando biomasa agrícola.

**Para ADEME** se ha implantado un proyecto sostenible significativo y se han creado nuevos puestos de trabajo, contribuyendo así a un fondo nacional que promueve objetivos de rendimiento de calor renovable.

**Para Vyncke** fue una oportunidad para desarrollar una caldera experimental adaptada a residuos

### 1.3 Busque sinergias con el sector público y dé respuesta a los retos sociales

Las agroindustrias pueden desarrollar relaciones de asociación de tipo ganar-ganar junto con los municipios y otras partes interesadas públicas para el establecimiento de centros logísticos de biomasa. **El desarrollo de esta nueva actividad podría no solo proporcionar beneficios económicos, sino también satisfacer varios retos sociales como el desarrollo regional y social, la sostenibilidad, aspectos de seguridad y protección ambiental. A la hora de satisfacer los retos, el responsable del proyecto debería tener acceso a financiación adicional y/o apoyo político para desarrollar el proyecto.** Además, en algunos casos, cuando el modelo de negocio que se pretende implementar no es altamente rentable, la institución pública podría decidir apoyar el proyecto si este provee servicios públicos, los cuales son beneficiosos para la comunidad local. Los servicios públicos podrían incluir el apoyo a la agricultura, limitación de la quema de los residuos de cultivos, creación de nuevos puestos de trabajo, reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, etc. En la Figura 3 se proporcionan más ejemplos de externalidades positivas.

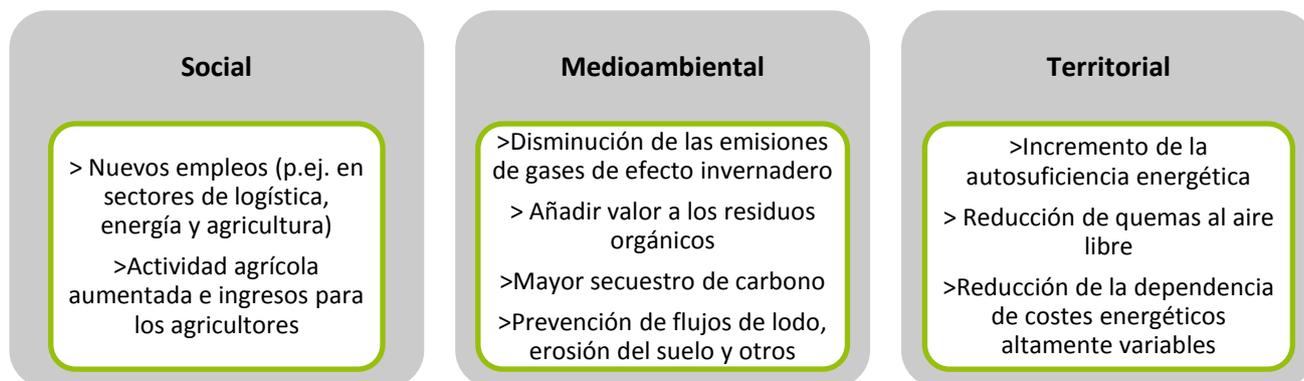


Figura 3: Ejemplos de externalidades positivas.

### Ejemplo de buenas prácticas: Plantación de miscanto contra la erosión en la región de Caux, Francia

La región de Caux en Francia es afectada de vez en cuando por flujos de lodo causados por la erosión. Con el objetivo de limitar los impactos de la erosión, la red de agricultura local está trabajando junto a los municipios en un nuevo proyecto. Éste consiste en la plantación de bandas de miscanto para minimizar los impactos erosivos, reducir la contaminación de los ríos y estabilizar los suelos de las regiones agrícolas. Plantar miscanto es más eficiente que dejar franjas de malas hierbas. Además de la principal intención del proyecto, se planea valorizar la parte aérea del miscanto. Se pretende cosechar las plantas y venderlas como combustible sólido para la producción de energía, proporcionando así ingresos adicionales a los agricultores, además de los beneficios ambientales. El proyecto está altamente apoyado por varias partes interesadas de la zona, debido a las externalidades positivas que genera para la comunidad local.

### Ejemplo de buenas prácticas: Recolección de biomasa para reducir el riesgo de incendios en el municipio de Serra, España

*Serra es un municipio de la Comunidad Valenciana, en España, de 3.000 habitantes. En 2011, el municipio decidió empezar a recoger la madera disponible en los alrededores para convertirla en pélets. Se compraron los equipos necesarios y se organizó la transferencia final de los pélets a las calderas en edificios públicos.*

La implementación de esta iniciativa de biomasa en el municipio de Serra comenzó con un ambicioso proyecto dirigido desde su ayuntamiento. Con el objetivo de limitar los incendios producidos debidos a la falta de operaciones de limpieza de los bosques, el municipio decidió utilizar los recursos forestales como combustible para sus propias instalaciones. No solo se redujeron los riesgos de incendios, sino también las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación del aire.

Además, los costes anuales de gestionar los residuos verdes en Serra eran significativos por lo que, como complemento a los recursos forestales, se decidió convertir los residuos procedentes de los trabajos de jardinería y agricultura en combustibles sólidos. El primer paso fue convertir a la administración local en consumidora, reemplazando los tradicionales sistemas de calefacción eléctrica por sistemas de biomasa. Poco a poco, con la adquisición de equipos de pretratamiento de biomasa (sistemas de picado y peletizado), están expandiendo el proyecto para la generación de calor a partir de biomasa en otros edificios públicos. Incluso se está planificando la venta de los excedentes de la producción al vecindario, lo cual podría suponer una nueva oportunidad de ingresos para el municipio.

Alrededor de 350 t/año de biomasa son procesadas para producir pélets: el 10% procede de las podas agrícolas de pequeños agricultores de los alrededores del municipio, 55% procedente de los residuos de jardinería y un 35% de los residuos forestales.

#### Valora las posibles externalidades positivas

El proyecto del municipio de Serra permitió no sólo reducir la gestión de residuos y los costes energéticos, sino que también proporcionó efectos positivos en la protección del medio ambiente natural, reduciendo el riesgo de incendios y contaminación. También contribuyó al desarrollo de la economía local mediante la creación de nuevos puestos de trabajo en la zona.

Además, para potenciar aún más el consumo de biomasa, desarrollar el sector agrario y reducir las quemadas al aire libre, el municipio también tiene la intención de cambiar las prácticas de manejo de la biomasa agrícola. Así, invitaron a los agricultores a llevar sus podas a la planta e intercambiar su biomasa para una cierta cantidad de pellets de forma gratuita.

Durante los primeros cuatro años del proyecto, el municipio de Serra ha experimentado ahorros anuales considerables tanto en gestión de residuos (más de 24.000 €) como en facturas de electricidad (alrededor de 16.000 €), ha reducido las emisiones de CO<sub>2</sub> en más de 100 t/año y ha creado 10 nuevos puestos de trabajo.

## 1.4 Amplíe el proyecto para optimizar los flujos de material, energía y residuos

El desarrollo de un centro logístico de biomasa no solo implica establecer una cadena de valor entre el productor de biomasa y el consumidor de combustible. Un buen proyecto debe ser sostenible en el largo plazo y, en consecuencia, integrarse en el entorno local. ¿Cuáles son las empresas cercanas a mi lugar de producción? ¿Cuáles son las expectativas y necesidades de mis partes interesadas? ¿Tienen necesidades energéticas? ¿Pueden utilizar las cenizas como fertilizante o quizás tienen residuos que podría utilizar como materia prima? El centro logístico de biomasa debería considerarse no solo una actividad energética, sino también una parte del concepto de economía circular.

### Ejemplo de buenas prácticas: Centro logístico de biomasa basado en los principios de la economía circular en Leo Verde, Italia

*Leo Verde Società Agricola, ubicado en Roccastrada, Grosseto (Italia), es una explotación que cultiva olivos y ray-grass. La explotación además opera una planta de cogeneración de biogás de 1 MW<sub>e</sub>, produciendo calor y electricidad. Actualmente son productores de biomasa sólida.*

Entre otras materias primas, Leo Verde está utilizando el orujo de oliva para la producción de biogás. Leo Verde está adquiriendo el orujo a 25 €/t de varias almazaras locales de la región que les proveen las aceitunas de sus plantaciones. Esta cooperación permite utilizar los residuos del procesado del aceite de oliva como materia prima para la producción de biogás y produce beneficios económicos a ambas partes. Las almazaras son capaces de vender sus residuos, que de otra manera implicarían costes para su autorización y eliminación. Leo Verde se beneficia del acceso a materias primas baratas con un alto potencial de valorización.

Además, previamente al empleo del orujo de oliva en la planta de biogás, Leo Verde extrae el hueso de aceituna para mejorar su calidad. El hueso de aceituna resultante, con una humedad entre el 20 y el 30%, se utiliza en las calderas de pélets de madera estándar para cubrir sus propias necesidades energéticas (piscina) y el resto se vende en el mercado local a un precio de 150-170 €/t. La mayor parte de este hueso es vendida a las almazaras que proveen el orujo de oliva a la empresa. Leo Verde está evaluando actualmente la posibilidad de mejorar la calidad del hueso de aceituna mediante su secado con los gases de combustión procedentes de la planta de cogeneración.

Este ejemplo muestra el proyecto en una perspectiva de economía circular, donde todos los flujos de residuos son tomados en cuenta.

#### **Ampliar el alcance de su proyecto juntando cadenas de valor separadas para lograr mayor rentabilidad**

El desarrollo de un nuevo mercado para el hueso de aceituna, la utilización del orujo de oliva para la producción de biogás, el ahorro de costes de energía, la creación de relaciones con almazaras vecinas, etc., son varios pequeños proyectos que, considerados separadamente, pueden no ser rentables o requerir mucho tiempo. Con una ampliación del alcance del proyecto, más allá de las cadenas de valor independientes, Leo Verde logró un proyecto de centro logístico de biomasa exitoso.

## 2 ¿Cuáles son los puntos críticos en relación al suministro de biomasa?

El concepto de suministro de biomasa bien desarrollado es la piedra angular de un centro logístico de biomasa exitoso. La disponibilidad de recursos y su calidad tienen influencia en la totalidad de la cadena de valor. La biomasa agrícola incluye un amplio rango de materias primas que pueden ser completamente diferentes en términos de calidad, cantidad y disponibilidad. Este capítulo discute los puntos más críticos a tener en cuenta a la hora de desarrollar el concepto de suministro de biomasa para el centro logístico de biomasa en base a residuos agrícolas.

### 2.1 Busque residuos sin uso competitivo

Habitualmente, la compra de biomasa representa una gran parte de los costes totales dentro del concepto de negocio global del centro logístico de biomasa. Los residuos (p.ej. paja, polvo de silo, orujo de oliva) son utilizados a veces para la alimentación de los animales, para camas de ganado, producción de biogás, compostaje, etc. Si existe demanda en mercados competitivos, los precios de los residuos de biomasa pueden incrementarse significativamente. **Por tanto, como primer paso, es importante buscar residuos que no estén siendo utilizados actualmente en cualquier otro mercado.**

Estos residuos se encuentran a menudo disponibles sin coste alguno y únicamente se deberán cubrir los costes relacionados con la logística de los centros logísticos de biomasa. Sin embargo, a veces, la explotación de biomasa no utilizada requiere el desarrollo de nuevas cadenas logísticas y la aplicación de estrategias innovadoras para cultivar y recoger el residuo. A este respecto, nuevas tecnologías emergen en el mercado para permitir el acceso a nuevas fuentes de biomasa que previamente no han sido utilizadas.

#### Ejemplo de buenas prácticas: Aprovechamiento del chaff no utilizado, Francia

*El chaff es una corriente residual producida durante la cosecha de los cereales. Está compuesta por paja fina, polvo y semillas de malas hierbas. Normalmente, durante las operaciones de cosecha se deja en el suelo como materia orgánica. En 2015, la empresa ETS Thierart desarrolló una nueva hileradora que permitía recolectar y empacar el chaff directamente en campo con prensado continuo. Este equipo puede ser también adaptado para la cosecha de otros tipos de biomasa.*

Durante los últimos años, varias empresas han estado trabajando en el desarrollo de tecnologías de recolección del chaff. Su recogida produce beneficios tanto agronómicos como económicos. Mediante la eliminación del chaff del suelo se recogen las semillas de las malas hierbas y, en consecuencia, la necesidad de aplicación de productos agroquímicos se ve reducida. Al mismo tiempo, el chaff puede ser utilizado como materia prima para la producción de combustible sólido. Así, el chaff se encuentra disponible y puede ser recogido a bajo coste. De hecho, el coste de venta debería cubrir el trabajo logístico (equipos requeridos para la recogida del chaff y personal) y las enmiendas orgánicas adicionales que puedan requerirse para compensar la retirada de la materia orgánica.



Figura 4: Cosechadora de chaff de ETS Thierart.

## 2.2. Busque oportunidades para reducir los costes de cosechado y recogida de biomasa

Con el objetivo de hacer las actividades agrícolas más rentables, se realiza mucho esfuerzo en la investigación y desarrollo de actividades de cosechado y recogida de biomasa. **En el mercado se encuentran disponibles varias soluciones técnicas integradas que combinan la cosecha simultánea de productos alimenticios y residuos de biomasa.** Las soluciones técnicas presentadas incluyen tanto nueva maquinaria como adaptaciones de tecnologías existentes. En éste último caso, la cosecha mejorada de biomasa puede ser lograda con menor inversión siendo, por tanto, particularmente interesante para agricultores y empresas que ya poseen maquinaria para cosechar. A continuación se presentan algunos ejemplos.

### Ejemplo de buenas prácticas: Cosechadora integrada de maíz y zuro en Austria

*Tschiggerl Agrar GmbH es una agroindustria localizada en el sureste de Estiria (Austria). Sus actividades principales son la cosechado y procesado del grano de maíz y la paja de cereal.*

Con el objetivo de recolectar el zuro de maíz, el propietario de la empresa Tschiggerl Agrar ha modificado una cosechadora de maíz CASE Axial-Flow 7088 estándar. La modificación incluyó la instalación de un tamiz que separa el zuro de maíz del cañote y las cáscaras. Después de la separación, el zuro es recogido en un contenedor con un volumen de 13 m<sup>3</sup>. El contenedor se vacía depositando su contenido sobre un remolque externo (ver Figura 5). La operación de descarga del contenedor tarda unos 4 minutos en completarse. La demanda de combustible adicional debida a los implementos incorporados para la cosecha del zuro es de 4 litros por hectárea, en comparación con la actividad habitual de cosechado de grano. En vez de incorporar un contenedor, se podría implementar un sistema de big bag. En este caso, el sistema de cosecha requeriría solo 2 litros más por hectárea, pero mucho más tiempo adicional.



Figura 5: Cosechadora de zuro de maíz y grano de Tschiggerl Agrar

### Ejemplo de buenas prácticas: Maquinaria integrada para la recogida de la poda del viñedo

*La optimización de la recolección de la poda del viñedo ha sido investigada en un proyecto denominado [VINEYARDS4HEAT](#). El proyecto está financiado mediante un Programa Life de la UE, comenzando en junio de 2014 y finalizando en abril de 2017. Su objetivo principal es obtener beneficio de la poda del viñedo utilizándolo para cubrir la demanda energética para calor y frío de las bodegas.*

Como parte de la evaluación de viabilidad general de las cadenas logísticas, el proyecto ha evaluado costes de cosechado y picado en campo de la poda mediante la utilización de una particular máquina disponible en el mercado. Además, durante el proyecto, con el objetivo de mejorar la viabilidad económica de la cadena de suministro, se ha sido diseñado y desarrollado un dispositivo adicional para el tractor, permitiendo la integración de las fases de poda y picado en una sola fase. Debido a esta innovación, una sola máquina es

utilizada para las dos operaciones: el sistema frontal es capaz de cortar la rama de la planta y triturarla directamente en la misma operación, en vez de arrojarla al campo. Finalmente, un sistema de aspiración lleva el material astillado al contenedor trasero.

Se trata de una mejora significativa en comparación con las cadenas logísticas habituales, en las cuales el agricultor tenía que hacer poda manual y después emplear una máquina para recoger los restos de la poda del suelo. Aunque se requiere implementar futuras mejoras, el nuevo prototipo permite ahorrar tiempo y dinero y mejora la pureza del material recogido (menos tierra, piedras, etc.).

Las estimaciones de los ahorros aún no están disponibles; sin embargo, es claro que este nuevo sistema reducirá significativamente los costes de la biomasa, permitiendo producir energía renovable más barata a partir de la poda y haciendo que este subproducto agrícola sea más competitivo.



**Figura 6: Prueba del prototipo en viñedo del proyecto VINEYARDS4HEAT**

### **2.3. La biomasa agrícola puede ser utilizada para suministros a gran escala**

**De manera similar a la biomasa forestal, pueden establecerse amplias cadenas logísticas basándose en la biomasa agrícola.** El sector de la biomasa agrícola puede aprovechar y utilizar las instalaciones existentes de las agroindustrias, tales como los lugares de almacenamiento y los equipos de cosecha y, en consecuencia, ser capaz de organizar operaciones de procesado de biomasa a gran escala durante el período de inactividad de la actividad principal de la agroindustria, como complemento a su actividad habitual. **Ya existen en Europa cadenas logísticas suministrando miles de toneladas de residuos agrícolas. Son capaces de suministrar combustible para instalaciones de gran escala y responder a la demanda de los consumidores en términos de calidad, cantidad y organización del suministro.**

#### **Ejemplo de buenas prácticas: Gran cadena logística para la biomasa en OLEÍCOLA EL TEJAR, S.C.A., España**

*OLEÍCOLA EL TEJAR NTRA. SRA DE ARACELI S.C.A. es una agroindustria localizada en la región de Andalucía en España. El objetivo de esta cooperativa, compuesta por 248 empresas asociadas, es la explotación integral de los subproductos del aceite de oliva generados por sus miembros.*

Inicialmente, la empresa recogía únicamente el orujo de oliva húmedo de la industria oleícola y utilizaba los residuos de su propia extracción del aceite de orujo de oliva para la producción eléctrica en centrales eléctricas pertenecientes a OLEÍCOLA EL TEJAR. En 2008, empezaron a pensar en dar valor a la poda del olivo y sus hojas (otros subproductos del mismo sector). Con la finalidad de lograr este objetivo, la empresa comenzó a desarrollar una nueva línea logística para la producción de electricidad también a partir de este tipo de recursos generados en campo.

Actualmente, alrededor de 100.000 toneladas de poda de olivo y hojas son recogidas anualmente y utilizadas como combustible en las cuatro centrales eléctricas distribuidas por Andalucía. La capacidad total de las plantas de energía excede los 45 MWe. La materia prima se recoge de alrededor de 100.000 agricultores que cultivan más de 300.000 hectáreas. Uno de sus miembros (BIOMASA DE LA SUBBÉTICA, S.L.), está a cargo de todas las actividades relacionadas con el pretratamiento y suministro -prepicado y picado de las podas y del envío del material astillado a las plantas de producción energética. Además, la agroindustria adquirió dos emplazamientos adicionales donde puede ser realizado el picado y cribado de las podas del olivar y hojas.

#### **La biomasa agrícola puede ser utilizada en grandes cadenas de suministro de biomasa**

OLEÍCOLA EL TEJAR ha creado cadenas logísticas que tratan anualmente cientos de miles de toneladas de biomasa agrícola, aprovechando la experiencia de la empresa en la explotación integral de los subproductos del aceite de oliva. La inclusión de la poda del olivar refuerza su actividad de negocio como productores de electricidad.

Esta cadena de suministro de biomasa lleva trabajando 8 años. Es un buen ejemplo que muestra que la recogida de biomasa agrícola de amplias zonas puede ser organizada y puede satisfacerse la demanda de miles de toneladas de combustible basada en residuos agrícolas.

Los tres principales factores responsables del éxito de esta gran cadena son: la corta distancia de los campos a las plantas de energía, la capacidad de almacenamiento y gestión de OLEÍCOLA EL TEJAR y el establecimiento de reglas claras para sus miembros mediante una definición precisa de la calidad, las condiciones de recepción, los centros de recepción y los precios.

## **2.4. Base su concepto de negocio en las propiedades reales analizadas de la biomasa**

**En una nueva actividad de negocio, a la hora de considerar un recurso en particular como materia prima para la producción de biomasa sólida, es esencial analizar las propiedades de esos recursos en una etapa temprana de la planificación.** Las propiedades y calidad de la materia prima definirán el mercado del producto final y su precio. La calidad de la biomasa agrícola es muy variable y los rangos teóricos de los parámetros son muy amplios. Dependen de las propiedades intrínsecas de los cultivos así como de las condiciones externas. Los datos teóricos de la literatura pueden, por lo tanto, solo ser utilizados para estudios de viabilidad preliminares. En desarrollos posteriores del concepto de negocio, en vez de datos teóricos, se deben emplear los valores reales de la materia prima obtenidos de pruebas de laboratorio.

Como se explicó en el [Manual 1—información básica](#) y en el [Manual 2—Realizar un estudio de viabilidad](#), los recursos agrícolas normalmente contienen más contenido de cenizas que la biomasa forestal, con una composición diferente (contenido mineral). El contenido en cenizas y la composición afectan a la operación y mantenimiento del equipo de combustión. El contenido de cloro es otro parámetro crítico al que se debe prestar atención, especialmente para la biomasa herbácea, ya que incrementa el riesgo de corrosión.

El contenido en cenizas depende en gran medida de la cantidad de material exógeno (p.ej., partículas del suelo) presente en la biomasa. La composición de las cenizas y el contenido de cloro también dependen de la parte de la planta que se recoja (p.ej. hojas, corteza, tallo o cáscaras) y de las propiedades del suelo, la utilización de fertilizantes y las prácticas agrarias en general.

## Lecciones aprendidas: Evaluación de las propiedades de los recursos de biomasa en una fase inicial del estudio de viabilidad en la Cooperativa San Miguel de Tauste, España

*San Miguel de Tauste es una cooperativa que produce pélets de forraje y pacas de alfalfa, trabajando también como secadero de cereales. Está ubicada en Zaragoza, en España.*

Durante el Proyecto SUCELLOG, la Cooperativa San Miguel de Tauste fue seleccionada para ser apoyada por el proyecto debido a su gran interés y potencial en convertirse un centro logístico de biomasa. La evaluación de los recursos concluyó que el material más interesante para su utilización en la zona era la paja de trigo, producida por los miembros de la cooperativa en grandes cantidades y, por tanto, limitando posibles riesgos de suministro. A la hora de evaluar la posibilidad de producir pélets a partir de paja o en mezcla con biomasa forestal, no se han llevado a cabo análisis específicos de la materia prima disponible.

El estudio consideró las características normales de calidad para la paja de cereal a partir de lo establecido por la Norma ISO 17225-1 (Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles. Parte 1: Requisitos generales). Con estos valores de referencia, se concluyó que, para cumplir con los requerimientos de calidad para la clase B de la norma ISO 17225-6 (Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles. Parte 6: Clases de pélets de origen no leñoso), era necesaria una mezcla del 70% de paja y 30% de madera. Todo el estudio de viabilidad económica del centro logístico se llevó a cabo teniendo en cuenta dicha mezcla específica basada en datos teóricos.

Antes de probar los pélets en las instalaciones de combustión de los consumidores potenciales de la zona, fueron enviadas muestras representativas a laboratorios especializados para llevar a cabo análisis de caracterización química. Los resultados no fueron los esperados: el contenido de cloro era tres veces superior al de los límites de la Norma y considerablemente mayores al valor establecido para la paja en la Norma.

Aunque la paja tiene normalmente un contenido de cloro más elevado en comparación con la madera (como cualquier otro producto herbáceo), sigue siendo posible cumplir con los estándares para combustibles de clase B. Por ejemplo, la Cooperativa Luzeal, la cual ha sido apoyada por el Proyecto SUCELLOG en Francia, ha producido pélets compuestos al 100% por paja de trigo y sigue siendo capaz de cumplir con los requerimientos de la Norma.

En el caso de San Miguel de Tauste, la elevada salinidad del suelo de la zona parece ser la razón de los contenidos de cloro tan altos en la paja. Un adecuado muestreo y análisis de los potenciales recursos identificados al inicio del estudio podría haber proporcionado una mejor visión general del caso. Debido a esta limitación, la cooperativa se encuentra actualmente buscando zonas de los alrededores con distintos tipos de suelo y evaluando la viabilidad para producir pélets a partir de la paja procedente de dichas zonas.

### **El conocimiento de la composición química real de la biomasa es esencial**

De no haberse realizado el análisis químico, San Miguel de Tauste podría no haberse percatado del inusual contenido de cloro en sus pélets. En el peor de los casos, si éste producto hubiese llegado al mercado, la empresa podría haber perdido la credibilidad de sus consumidores. Este caso resalta la alta variabilidad de las propiedades de la biomasa y confirma la necesidad de llevar a cabo análisis de calidad de los recursos reales de biomasa y pruebas de combustión ya en las primeras fases de planificación del

### 3 ¿Cuáles son los puntos críticos en la organización del procesado de la biomasa?

La inversión en nuevos equipos puede representar los gastos más importantes para un nuevo centro logístico de biomasa. Ciertamente afecta a la rentabilidad del proyecto en un mercado de bioenergía competitivo. Las agroindustrias ya disponen de algunos equipos para llevar a cabo sus actividades habituales. Por tanto, disponen de una posición estratégica para desarrollar un centro logístico de biomasa. Sin embargo, aún cuando la agroindustria no posea todos los equipos necesarios, aún existen oportunidades para reducir los costes de inversión inicial.

#### 3.1 Si es posible, use los equipos e instalaciones de almacenamiento existentes

La inversión en nuevos equipos e instalaciones para comenzar la producción de combustibles sólidos puede ser alta y, en consecuencia, representar un obstáculo para la viabilidad del proyecto de centro logístico de biomasa. Las agroindustrias presentan generalmente una ventaja –ya disponen de equipos que a veces son compatibles con la producción de biomasa o pueden ser ligeramente adaptados, reduciendo los costes de inversión. **La adaptación de los equipos existentes y las instalaciones requerirá menor inversión que adquirirlos completamente nuevos. Además, compartir la utilización de equipos e instalaciones entre dos actividades (la propia actividad agroindustrial y el centro logístico de biomasa) puede significar una importante reducción en el período de amortización.**



Figura 7: Instalación de El Cierzo trabajando como centro logístico de biomasa.

#### Ejemplo de buenas prácticas: Adaptación de equipos existentes por la empresa SAT El Cierzo, España

*SAT El Cierzo lleva trabajando como secadero de cereales desde 1981. En 2012, la empresa decidió diversificar su actividad original y convertirse en un centro logístico de biomasa, ofreciendo hueso de aceituna de gran calidad en el mercado de biomasa. Sus consumidores se encuentran ubicados en un radio de 150-200 km.*

El Cierzo adquiere hueso de aceituna procedente de almazaras de distintas regiones. El hueso llega con un contenido de humedad del 22-24% (base húmeda). Las operaciones del centro logístico de biomasa incluyen el secado (reducción del contenido de humedad del hueso hasta el 14-15%), limpieza del hueso de finos/pulpa y suministro del combustible sólido producido a los consumidores.

El secadero de cereales, instalaciones de almacenamiento y otros equipos (como los tamices) que la agroindustria posee, son utilizados en el centro logístico de biomasa. Sin embargo, se han realizado pequeñas modificaciones con el objetivo de adaptarlos a la nueva materia prima. El coste de inversión en total no excedió los 150.000 € (adaptación del secadero de cereal y adquisición de tolvas y transportadores).



- > **Inversión inicial:** 150.000 €
- > **Período de amortización:** 7,5 años
- > **Cantidad de hueso de aceituna vendido en el mercado:** 5.000 t/año

Figura 8: Materias primas y productos de biomasa ofrecidos por El Cierzo.

Con esta adaptación de las instalaciones ya existentes, la empresa desarrolló una nueva línea de negocio que hoy en día representa alrededor del 50% de sus ingresos totales. Comenzando con 600 t/año, la empresa ha incrementado su tasa de producción, procesando actualmente alrededor de 5.000 toneladas de hueso de aceituna. Hacer compatibles ambas actividades (secado de cereal y producción de biomasa sólida) en términos de estacionalidad y aprovechar la ventaja de utilizar equipos existentes, ha sido esencial para el éxito del nuevo concepto de negocio desarrollado por SAT El Cierzo.

#### **Aprovechar los reducidos costes de inversión por adaptación de equipos e instalaciones existentes**

En 2012, cuando SAT El Cierzo comenzó la actividad de procesado de biomasa, comprendieron que el éxito de su producto en el mercado estaría determinado por la calidad y el precio que pudieran ofrecer. En aquel momento, había pocos proveedores de combustibles sólidos de alta calidad en el mercado. La inversión en nuevos equipos hubiese incrementado los costes de producción globales, provocando que el precio del producto no fuese competitivo en el mercado. Debido a los reducidos costes de inversión, El Cierzo ha sido capaz de ofrecer la mejor relación calidad-precio, manteniendo sus consumidores iniciales. Son el ejemplo perfecto de un negocio nacido de aprovechar las sinergias entre el sector agrícola y el de la biomasa.

### **3.2 Busque empresas propietarias de equipos necesarios y plantéese la asociación con ellas**

La biomasa sólida procedente de recursos agrícolas se encuentra disponible en varios formatos y grados de calidad. Además, la disponibilidad de los recursos es a veces estacional (lea más sobre los retos en el [Manual 2 – Realizar un estudio de viabilidad](#) del Proyecto SUCELLOG). Por tanto, no siempre es posible utilizar los equipos propios para todos los tipos de recursos procesados. A veces, esto significa que, para desarrollar un centro logístico de biomasa, el responsable del proyecto deberá invertir en nuevas instalaciones y equipos. Los costes de inversión pueden ser relativamente altos, siendo un reto garantizar la viabilidad del proyecto, en particular cuando la maquinaria es operada únicamente durante un corto período de tiempo. Se proporciona más información sobre los costes de inversión estimados en la [Guía, sobre los aspectos técnicos, comerciales, legales y de sostenibilidad para evaluar la viabilidad de la creación de nuevos centros logísticos en industrias agroalimentarias](#) del Proyecto SUCELLOG.

**Antes de decidir invertir en nueva maquinaria, el responsable del proyecto podría explorar las empresas de los alrededores con el objetivo de identificar aquellas que dispongan de los equipos necesarios. De estar alguna interesada, se podría generar una asociación entre las empresas.** Por ejemplo, una empresa propietaria de una gran cantidad de residuos que conoce a alguien que usaría la biomasa sólida para la producción de energía, puede asociarse con otra agroindustria que posee los equipos necesarios para el procesado de la biomasa. La asociación se puede construir de varias maneras. Por ejemplo, como un contrato de servicios (la primera empresa paga por el servicio de procesado de los recursos), como socios igualitarios (ambas empresas comparten los beneficios) o como comprador y proveedor (la primera empresa vende el recurso o la biomasa procesada a la segunda).

#### **Ejemplo de buenas prácticas: Cooperación con una empresa próxima para reducir el coste de inversión para La Cavale, Francia**

*Ubicada en Limoux en Occitanie (Francia), La Cavale es una cooperativa trabajando como destilería, industria oleícola y recolectora de cereales. La empresa está mejorando continuamente la eficiencia de su utilización de la energía y los materiales. En los últimos años, la empresa ha implementado varios proyectos para el uso eficiente de sus residuos de uva y establecido una plataforma de compostaje local para el orujo de uva.*

Actualmente, se está llevando a cabo un estudio de viabilidad para el desarrollo de una planta de gasificación en el lugar de producción. Dentro del Proyecto SUCELLOG, La Cavale fue apoyada para analizar la oportunidad de desarrollar un centro logístico de biomasa. El objetivo de este estudio es encontrar qué partes y qué cantidad de la biomasa agrícola puede ser empleada en el proceso de gasificación, así como también las partes que pueden ser vendidas en el mercado bioenergético.

La cooperativa posee instalaciones de almacenamiento y un secadero rotativo que puede ser utilizado durante los períodos de inactividad de sus actividades habituales para producir biomasa sólida procedente de residuos agrícolas. Sin embargo, la empresa no dispone de una peletizadora, la cual es necesaria para producir el formato requerido en el proceso de gasificación. La inversión en una nueva peletizadora es significativa y podrían reducir la rentabilidad del proyecto. Por otra parte, existe una empresa cercana a La Cavale, la cual acaba de comenzar a producir pélets de madera con una capacidad anual de alrededor de 1.000 toneladas. La empresa posee un sistema de peletización que es capaz de procesar 800 kg de pélets por hora, por lo que tiene capacidad para procesar más materia prima para otros propósitos y hacer el uso de la peletizadora más rentable.

La Cavale contactó con la empresa próxima y realizó un contrato de servicio para el peletizado. Antes de firmar el contrato se realizaron pruebas complementarias para asegurar que la peletizadora de madera con la que se pretendía trabajar era capaz de trabajar adecuadamente con el orujo de uva.

#### **Cooperación con otra industria para reducir los costes de inversión**

El presente caso es un ejemplo de una asociación de tipo ‘ganar-ganar’ en el procesamiento de biomasa: la cooperativa fue capaz de fortalecer su proyecto de gasificación con menores costes de inversión, mientras que la nueva empresa peletizadora logró incrementar su tiempo de operación de la peletizadora, diversificar sus actividades y acortar el plazo de amortización de la inversión en el equipo.

Este proyecto es también un ejemplo de colaboración territorial, permitiendo la utilización de la biomasa agrícola y a la vez mantener el empleo y las actividades locales.

## 4 ¿Cuáles son los puntos críticos para satisfacer la demanda del mercado de la bioenergía?

Existen varias creencias injustificadas en relación a la biomasa sólida producida a partir de recursos agrícolas. Algunas de ellas cuestionan la capacidad de la biomasa agrícola para responder a la demanda de mercado. Las creencias más comunes son las siguientes:

- > No hay disponibilidad de tecnología de combustión eficiente capaz de utilizar la biomasa agrícola: esto no es cierto. **Existen quemadores específicamente diseñados para la biomasa agrícola tanto para aplicaciones a gran o pequeña escala.** Se puede encontrar más información en la [Guía, sobre los aspectos técnicos, comerciales, legales y de sostenibilidad para evaluar la viabilidad de la creación de nuevos centros logísticos en industrias agroalimentarias](#) del Proyecto SUCELLOG.
- > Los recursos de biomasa agrícola existentes no son suficientes para satisfacer la demanda de bioenergía: como se refirió en el [Manual 1—información básica](#), las estimaciones muestran que la cantidad total de residuos de cultivos disponibles para la producción de bioenergía en la UE-27, tras considerar los usos competitivos, alcanza los 425.000 GWh (1.530 PJ). Muchos residuos (p.ej. zuro de maíz, poda y polvo de silo) no tienen ningún mercado alternativo y, por tanto, se encuentran totalmente disponibles para propósitos de producción energética. **Los residuos agrarios procedentes de los cultivos y actividades agroindustriales, representan un conjunto significativo de recursos** para la producción de bioenergía. La gran variedad de recursos de biomasa y sus diferentes propiedades, permiten satisfacer a los diferentes segmentos de consumidores de la manera más eficiente y flexible.
- > La biomasa agrícola es demasiado costosa y no es posible competir con otros combustibles: la biomasa agrícola es producida localmente y, en consecuencia, los costes de transporte y logística se reducen. Muchos tipos de residuos agrarios no disponen de mercados alternativos y pueden llegar a suponer costes adicionales debido a la necesidad de tratamientos específicos o gestión. Los costes de trituración y peletizado de la biomasa agrícola dependen de la organización de las operaciones logísticas y la inversión total. Sin embargo, **en general, los productos agrarios pueden competir en calidad-precio con los productos forestales y combustibles fósiles.** El siguiente capítulo proporciona un ejemplo de la competitividad de la biomasa agrícola.

### 4.1 Asegúrese de que la biomasa agrícola es competitiva y de que pueda ser movilizad a gran escala

**La biomasa agrícola sufre una mala reputación mientras que podría ser una oportunidad para un proyecto de biomasa: este recurso se encuentra localmente disponible y, en consecuencia, contribuye al desarrollo de la zona, se produce todos los años, el precio es relativamente estable y, por tanto, puede compensar la falta de biomasa forestal en la región.** Esa es la razón de por qué, aunque su utilización es más común en el sector agrario, otros agentes interesados deciden emplear biomasa agrícola. Por ejemplo, tanto el municipio de Troyes como la Comisión de Energía Atómica de Valduc, ambas en Francia, instalaron calderas que utilizaban pacas de paja como combustible.

#### Ejemplo de buenas prácticas: Pélets altamente competitivos producidos a partir de la poda del viñedo por Pélet, combustible de la Mancha S.L., España

*Pélet, combustible de la Mancha es una empresa que produce biomasa sólida a partir de la poda de la vid situada en la Comunidad Autónoma de Castilla la Mancha (España). Con una capacidad máxima de 20 000 t/año, son la única planta en Europa que genera un biocombustible sólido de manera industrial a partir de la poda de vid en formato astilla y pélet. Su principal mercado es el sector industrial y terciario (colegios, piscinas, etc.).*

La planta está ubicada en una zona de alta densidad de plantaciones de viñedo. El recurso se recoge de una

superficie de 30.000 ha (mayoritariamente de pequeñas plantaciones) en un radio máximo de 30 km. Antes de que se realizase la instalación de pélets, la práctica habitual de los agricultores era amontonar las ramas de la poda en un lateral del campo para quemarlas al aire libre. Actualmente, la empresa les ofrece recoger el material una vez apilado, de manera que los agricultores ahorran tiempo del proceso de quema y en los permisos administrativos que, de otra manera, deberían solicitar. La percepción del ahorro de tiempo por parte del agricultor ha sido crucial para el desarrollo de este modelo de negocio.

El pélet y la astilla ofrecidos presentan una ventaja competitiva en el mercado frente a los recursos forestales. Sin embargo, dicha ventaja no es debida a que la materia prima se obtenga en campo a coste cero (ya que precisa de una limpieza mayor que el recurso forestal dada la cantidad de piedras y metales) sino al hecho de que la materia prima se produce todos los años, aproximadamente en las mismas cantidades y a la misma distancia de la planta, lo cual es la característica principal en los recursos agrícolas procedentes de cultivos permanentes (podas). La visión del ahorro de tiempo por parte del agricultor ha sido clave para el desarrollo de esta línea de negocio.

#### **La biomasa agrícola puede ser competitiva**

El ejemplo anterior es un proyecto que promueve las externalidades positivas mediante la utilización de recursos de biomasa locales. La empresa ha desarrollado una cadena de suministro sofisticada y se aprovecha de la constante producción de podas a lo largo de los años y de la localización estable de los lugares de producción. Bajo estas condiciones, la empresa es capaz de realizar la producción y utilizar biomasa agrícola.

## **4.2 Aproveche la versatilidad de la biomasa agrícola**

Normalmente, el mercado de biomasa proporciona un amplio rango de productos con diferentes calidades y formatos para ser capaz de satisfacer los variados tipos de necesidades de sus consumidores. Por ejemplo, los hogares buscarían alta calidad mientras que, en general, las industrias son capaces de tratar con biomasa de menor calidad y, por tanto, prefieren recursos de biomasa más baratos.

**El sector agrario puede proveer una gran diversidad de recursos de biomasa (p.ej., polvo de silo, zuro, paja y poda), los cuales son capaces de satisfacer la demanda de unos u otros consumidores.** Estos materiales pueden ser vendidos a granel, triturados/astillados, como pélets o briquetas. La calidad de las materias primas puede ser muy diferente (ver parte 2.4), pero es posible ajustar la misma mediante la mezcla con otra biomasa de mayor calidad (p.ej. paja mezclada con madera) dependiendo de las necesidades de los consumidores finales.

**Las necesidades de los consumidores, por tanto, deben ser cuidadosamente evaluadas para ser capaces de responder a demandas específicas en términos de formato, calidad y organización de suministro.**

### **Ejemplo de buenas prácticas: Satisfacer las necesidades de varios consumidores mediante productos de biomasa versátiles en Daniel Espuny, España**

*Daniel Espuny es una agroindustria extractora de aceite de orujo localizada en Jaén, España. Con la intención de diversificar sus actividades, la empresa comenzó a producir biomasa sólida a partir de sus propios subproductos. Su instalación agroindustrial, con gran capacidad y variedad de equipos con períodos de inactividad, les permitió alcanzar una posición en el mercado con pocas necesidades de inversión.*

Daniel Espuny lleva trabajando más de 12 años en el negocio de la biomasa sólida. Una de las claves de su éxito es la flexibilidad que ofrecen a los consumidores de biomasa en términos de calidad del producto. Desde

biomasa de baja a alta calidad, ajustan las características del producto a las necesidades de sus consumidores. Por ejemplo, el hueso de aceituna puede ser suministrado tras ser extraído del orujo de oliva (con un contenido de humedad del 20-25% y con pulpa), seco o seco y limpio. En términos de formato, tal y como hacen con el orujo de oliva, ofrecen tanto pulverizado como pélets. Tratando de buscar otros recursos diferentes de los habituales dentro del sector del aceite de oliva, han llegado a trabajar con biomasa procedente de podas, cáscara de almendra y cáscara de maíz.

El mercado les ha hecho ser flexibles también en relación a su modelo de negocio. Pueden actuar como productores de biomasa, únicamente como proveedores de servicios de pretratamiento (reducción del tamaño



**Figura 9: Diferentes formatos de biomasa proporcionados por la empresa Daniel Espuny (De izquierda a derecha: orujo de oliva pulverizado – astillas de poda forestal – orujo de oliva peletizado)**

#### Aprovechar la diversidad de propiedades de la biomasa

Daniel Espuny ha adaptado su producción a las necesidades del mercado, desarrollando una relación de confianza con sus clientes y obteniendo sus mejores materias primas para dar respuesta a la demanda del mercado. La gran diversidad de recursos agrícolas es una oportunidad de desarrollar un gran rango de productos y dar respuesta a la demanda de los consumidores en términos de calidad y cantidad.

de partícula, secado, peletizado) o como distribuidores de producto.

### 4.3 Considere la opción de convertirse en proveedor de servicios energéticos

El mercado de biomasa sólida está actualmente dominado por los combustibles forestales y, consecuentemente, la mayoría de los equipos de combustión que se instalan en los puntos de consumo están diseñados para estos, no siendo adecuados para la biomasa agrícola. **Con el objetivo de ser capaces de utilizar biomasa agrícola, podría ser requerida una modificación de los equipos existentes o la instalación de nuevos equipos. Esto significa inversiones, que muchas veces los consumidores no están dispuestos a realizar. Una opción que evita este problema a los consumidores es contratar un servicio energético de las denominadas ESCO (empresas de servicios energéticos).** Las ESCO instalan calderas o estufas especializadas (p.ej. calderas policombustibles) capaces de trabajar con biomasa agrícola, se encarga del mantenimiento de las calderas y del suministro del combustible.

Una posible oportunidad para una agroindustria es convertirse en ESCO. Alternativamente, la agroindustria puede realizar una asociación con alguna ESCO ya existente.

#### Ejemplo de buenas prácticas: Desarrollo de una empresa de servicios energéticos por la cooperativa de agricultores Nahwärme Oberspitz, Austria

*Nahwärme Oberspitz es una cooperativa de dos agricultores del sureste de Estiria (Austria). La empresa trabaja actualmente como una empresa de servicios energéticos. Juntos, los agricultores construyeron una red calor centralizada que trabaja con biomasa agrícola y proporciona calor a 5 explotaciones.*

Inicialmente, la intención detrás del establecimiento de Nahwärme Oberspitz era cubrir la demanda energética de dos granjas de cerdos pertenecientes a los miembros de la cooperativa. Los propietarios de las granjas querían reemplazar los combustibles fósiles con biomasa local y residuos de sus propias actividades de cultivo.

Para ser más económicamente eficientes en la operación, decidieron ofrecer suministrar calor también a otros ganaderos de la zona, actuando en consecuencia como empresa de servicios energéticos. La red de calor centralizado de Nahwärme Oberspitz comenzó sus operaciones en octubre de 2014.

La empresa está utilizando como combustible alrededor del 50% de astilla forestal y 50% de zuro. La biomasa es suministrada por los miembros de la cooperativa sólo parcialmente. La parte restante se adquiere de otros agricultores de la región. Dado que la región de Oberspitz no dispone de muchos bosques, las oportunidades de utilizar los residuos agrícolas en sistemas de energía local son mucho más apreciadas.

El calor es producido en una caldera de parrilla móvil KWB, la cual está diseñada para el uso de diferentes tipos de biomasa, incluyendo el zuro. La capacidad de la caldera es de 100 kW. Para cubrir los picos de demanda de calor se ha instalado un tanque de almacenamiento de reserva de 3.000 litros. El calor es suministrado utilizando una red de calefacción de 300 metros que conecta las instalaciones de 5 pequeñas granjas.

Gracias a esta iniciativa, cada año se ahorran 20.000 litros de combustible para calefacción. Esto demuestra que, incluso los pequeños proyectos pueden ser económicamente viables y proporcionar beneficios medioambientales a la vez que se utilizan residuos agrarios de la región.

- > **Coste total del proyecto:** 100.000 €
- > **Energía cubierta por la biomasa:** 100 %
- > **Proporción de zuro:** 50 %
- > **Ahorro de energía:** 17 tep/año

#### **Amplíe sus servicios para obtener mayor cuota de mercado**

Ampliar sus servicios más allá de la producción de combustible sólido mediante la provisión de servicios energéticos (p.ej. convirtiéndose en ESCO) podría ser una buena aproximación para obtener mayor cuota de mercado de los consumidores que no disponen de equipos capaces de utilizar combustibles procedentes de biomasa agrícola. El concepto ESCO es atractivo para los consumidores de combustible ya que no requiere inversiones en nuevos equipos (la inversión y operaciones son realizadas por la ESCO). Para la ESCO, la demanda estable del combustible de biomasa sólida y de sus servicios se

## Mensajes claves para el lector

Este manual ha sido elaborado por agroindustrias interesadas en comenzar una nueva actividad como centro logístico de biomasa. Presenta las lecciones aprendidas del Proyecto SUCELLOG y ejemplos de buenas prácticas de varios países europeos. Se han destacado los principales puntos a analizar mientras se realiza el estudio de viabilidad.

- El proyecto debe ser evaluado globalmente. Es importante no concentrarse únicamente en un punto específico, sino mantener una visión general para poder evaluar la interacción entre todos los elementos.
- A la hora de evaluar los activos de la agroindustria, pueden ser analizados diferentes modelos de negocio antes de seleccionar el más adecuado para la empresa.
  - Las agroindustrias disponen de varias ventajas para convertirse en centros logísticos de biomasa –producen residuos en sus explotaciones, disponen de equipos para el procesado de la biomasa, conocen el mercado local y tienen personal con las habilidades requeridas. Todas estas fortalezas deberían ser reconocidas e integradas en el éxito del concepto global.
  - La creación de asociaciones en la zona podría ser explorada para mejorar la rentabilidad del centro logístico de biomasa. Dado que la producción de biomasa sólida a partir de recursos agrícolas no está desarrollada, es esencial tener apoyo local para comenzar un nuevo negocio de biomasa sólida.
  - Las interacciones con otras actividades de la agroindustria o empresas vecinas deberían ser analizadas para encontrar nuevas oportunidades y mejorar la rentabilidad del proyecto. Los principios de la economía circular y las externalidades positivas deberían analizarse con el objetivo de convencer a los socios locales.
  - Considerando las dificultades en hacer agro-pélets competitivos frente a las astillas de madera, puede ser evaluado un escenario alternativo: la agroindustria podría convertirse en suministradora de calor a los consumidores finales, instalando los equipos de energía necesarios (calderas o quemadores policombustibles), haciéndose cargo del desarrollo y del suministro de la biomasa sólida –es decir, operando como ESCO.
- Para encontrar un mercado, el precio de la biomasa agrícola tiene que ser competitiva con los combustibles fósiles. Este es el motivo de que los costes de producción deban ser reducidos. Existen varias soluciones:
  - Los residuos agrícolas raramente se encuentran disponibles sin coste alguno. Generalmente se encuentran utilizados en diferentes mercados como el de producción de biogás o de alimentación animal en base a materiales biológicos. Para reducir los costes de producción, los residuos no utilizados pueden ser movilizados (paja, poda de madera, arranques, zuro de maíz, etc.). Podría ser necesario crear nuevas cadenas logísticas para movilizar y recolectar ésta biomasa.
  - Para reducir la inversión, podría ser necesario el uso de equipos ya existentes. La agroindustria puede adaptar sus propias instalaciones con modificaciones específicas. Otra solución es buscar una empresa de la zona que ya posea los equipos necesarios y organizar una asociación.
- El desarrollo del mercado de la biomasa agrícola sigue estando obstaculizado por varias creencias injustificadas. Los responsables del proyecto deben estar preparados para explicar la viabilidad de su proyecto:
  - La biomasa sólida agrícola puede ser movilizada a gran escala y satisfacer suficientemente la demanda de grandes consumidores. Ya existen ejemplos de grandes cadenas de suministro de biomasa agrícola en Europa.
  - La biomasa sólida agrícola no siempre es cara. Puede ser competitiva con los combustibles fósiles y otras biomasas.
  - El impacto de la calidad de la biomasa agrícola es gestionable con la nueva tecnología disponible en el mercado. Una vez se hayan realizado las pruebas de calidad y se conozcan las propiedades de la biomasa en cuestión, las calderas/quemadores policombustible existentes pueden ser adaptados y regulados para garantizar un proceso de combustión apropiado.

## Abreviaturas

**%:** porcentaje

**€:** Euros

**CO<sub>2</sub>:** dióxido de carbono

**ESCO:** Empresa de servicios energéticos – este tipo de empresa instala calderas o estufas especializadas (p.ej. calderas policombustibles) que sean capaces de trabajar con biomasa agrícola, se encarga del mantenimiento de las calderas y del suministro del combustible sólido. Normalmente se realiza un contrato de servicio por un período de tiempo determinado. El consumidor continúa pagando por el calor una cantidad fija (acordada en el contrato) y la ESCO se beneficia del margen entre los costes de producción energética y los ingresos por ventas.

**UE:** Unión Europea

**UE-27:** Unión Europea con 27 estados miembros (Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, República Checa, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Países Bajos, Polonia, Portugal, Rumanía, República Eslovaca, Eslovenia, España, Suecia y Reino Unido).

**ha:** hectárea

**J:** Julio

**kg:** kilogramo

**kWh:** kilovatio hora

**m<sup>3</sup>:** metro cúbico

**M€:** millón de Euros

**MWe:** Megavatio eléctrico

**t:** tonelada

**tep:** tonelada equivalente de petróleo (1 tep = 11,630 kWh)

## Lista de Figuras

Figura 1: Expectativas de las partes interesadas a la hora de desarrollar un proyecto de biomasa sólida. ....	9
Figura 2: Caldera Vyncke en Boortmalt (Issoudun, Francia). ....	9
Figura 3: Ejemplos de externalidades positivas. ....	10
Figura 4: Cosechadora de chaff de ETS Thierart. ....	13
Figura 5: Cosechadora de zuro de maíz y grano de Tschiggerl Agrar. ....	14
Figura 6: Prueba del prototipo en viñedo del proyecto VINEYARDS4HEAT. ....	15
Figura 7: Instalación de El Cierzo trabajando como centro logístico de biomasa. ....	18
Figura 8: Materias primas y productos de biomasa ofrecidos por El Cierzo. ....	18
Figura 9: Diferentes formatos de biomasa proporcionados por la empresa Daniel Espuny. ....	23

## Lecturas complementarias

Los siguientes documentos se encuentran disponibles en [el sitio web SUCELLOG](#).

### Manuales y guías

- [Proyecto SUCELLOG. \(2015\). Manual para las agroindustrias interesadas en empezar una nueva actividad como centro logístico de biomasa: información básica](#)
- [Proyecto SUCELLOG. \(2016\). Manual para las agroindustrias interesadas en empezar una nueva actividad como centro logístico de biomasa: Realizar un estudio de viabilidad](#)
- [Proyecto SUCELLOG. \(2016\). Guía sobre los aspectos técnicos, comerciales, legales y de sostenibilidad para evaluar la viabilidad de la creación de nuevos centros logísticos en industrias agroalimentarias](#)
- [Proyecto SUCELLOG. \(2016\). Guía del Auditor](#)

### Informes de estudio de casos

- [Proyecto SUCELLOG. \(2015\). D4.3a Situación actual y estudio de viabilidad del caso austríaco](#)
- [Proyecto SUCELLOG. \(2015\). D4.3b Situación actual y estudio de viabilidad del caso español](#)
- [Proyecto SUCELLOG. \(2015\). D4.3c Situación actual y estudio de viabilidad del caso italiano](#)
- [Proyecto SUCELLOG. \(2015\). D4.3d Situación actual y estudio de viabilidad del caso francés](#)
- [Proyecto SUCELLOG. \(2015\). D4.4a Modelo de negocio de un caso de estudio austríaco](#)
- [Proyecto SUCELLOG. \(2015\). D4.4b Modelo de negocio de un caso de estudio español](#)
- [Proyecto SUCELLOG. \(2015\). D4.4c Modelo de negocio de un caso de estudio italiano](#)
- [Proyecto SUCELLOG. \(2015\). D4.4d Modelo de negocio de un caso de estudio francés](#)
- [Proyecto SUCELLOG. \(2016\). D6.5b Informe de los estudios individuales de auditorías y diagnosis en Francia](#)
- [Proyecto SUCELLOG. \(2016\). D6.5a Informe de los estudios individuales de auditorías y diagnosis en España](#)
- [Proyecto SUCELLOG. \(2016\). D6.5c Informe de los estudios individuales de auditorías y diagnosis en Italia](#)
- [Proyecto SUCELLOG. \(2016\). D6.5d Informe de los estudios individuales de auditorías y diagnosis en Austria](#)