



---

**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**PROYECTO FIN DE MASTER EN LOGÍSTICA**

**Estudio de la logística de una planta de  
biomasa para abastecer de energía  
térmica a la**

**Universidad de Valladolid**



Autor: Ana González Iturralde

Tutor: Ángel Manuel Gento Muncio

Valladolid, Julio 2014

---

A mi familia,  
que siempre me han  
apoyado en todas las decisiones.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>1. INTRODUCCION</b>	<b>9</b>
1.1. JUSTIFICACIÓN	9
1.2. ANTECEDENTES	11
1.2.1. POLITICA ENERGETICA	14
1.2.2. PLAN DE ENERGIAS RENOVABLES 2011-2020	15
1.3. OBJETIVOS Y ALCANCE	17
<b>2. LA BIOMASA COMO FUENTE DE ENERGIA</b>	<b>19</b>
2.1. ¿QUÉ ES LA BIOMASA?	19
2.2. JUSTIFICACIÓN DE LA BIOMASA	19
<b>3. EVALUACIÓN DE LA BIOMASA EXISTENTE</b>	<b>21</b>
3.1. LA BIOMASA EN CASTILLA Y LEÓN	21
3.1.1. Clasificación de la biomasa	22
3.1.2. Composición de la biomasa	24
3.1.3. Posibles fuentes de biomasa	25
3.1.3.1. Residuos agrícolas y residuos procedentes de industrias agrarias	26
3.1.3.2. Residuos forestales y residuos de industrias forestales.	28
3.1.3.3. Residuos ganaderos	28
3.1.3.4. Residuos urbanos	29
3.1.3.5. Cultivos energéticos	29
3.2. CUANTIFICACIÓN DE LA BIOMASA EN CASTILLA Y LEON	30
<b>4. NECESIDADES ENERGETICAS DE LA UVA</b>	<b>35</b>
4.1. INTRODUCCION	35
4.2. ANALISIS TECNICO DEL POTENCIAL DE BIOMASA	41
<b>5. RED LOGISTICA</b>	<b>43</b>
5.1. CONCEPTOS DE LOGISTICA	43
5.1.1. Aprovechamiento	43
5.1.2. Producción	44
5.1.3. Distribución	44
5.2. TIPOLOGIAS DE ORGANIZACIÓN Y FLUJOS	44

5.3.	LA LOGISTICA DE APROVISIONAMIENTO	45
5.3.1.	<i>Clasificación de los modos de transporte.</i>	46
5.4.	FACTORES DE LA ORGANIZACIÓN DEL TRANSPORTE	48
5.5.	LOGISTICA DE TRANSPORTE EN LA ZONA DE ESTUDIO	48
5.6.	ETAPAS DEL PROCESO	49
5.6.1.	<i>Características de la biomasa a recoger y su transporte.</i>	49
5.6.2.	<i>Distribución espacial de los CRABs</i>	56
5.6.3.	<i>Características de los CRABs</i>	57
5.6.4.	<i>Planteamiento de alternativas</i>	58
5.6.4.1.	Alternativa 1: Un almacén en la planta y un CRAB.	60
5.6.4.2.	Alternativa 2: Un almacén en la planta y dos CRABs.	63
5.6.4.3.	Ubicaciones para las dos alternativas.	67
5.6.4.4.	Selección de la alternativa.	68
5.6.5.	<i>Características de los transportes.</i>	69
5.6.6.	<i>Cálculo de las distancias</i>	70
5.6.6.1.	Factores de corrección de la distancia.	71
5.7.	CALCULO DE LOS COSTES	71
<b>6.</b>	<b>CALCULOS</b>	<b>76</b>
6.1.	INTRODUCCION	76
6.2.	CALCULO DE LAS COORDENADAS	76
6.3.	CALCULO DE LAS DISTANCIAS	81
6.3.1.	<i>COSTES</i>	86
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>92</b>
<b>8.</b>	<b>ESTUDIO ECONOMICO</b>	<b>97</b>
8.1.	INTRODUCCIÓN	97
8.1.1.	<i>Jerarquía en un proyecto de logística de aprovisionamiento</i>	97
8.2.	FASES DE DESARROLLO	98
8.3.	ESTUDIO ECONÓMICO	101
8.3.1.	<i>Horas efectivas anuales y tasas horarias de personal</i>	101
8.3.2.	<i>Cálculo de las amortizaciones para el equipo informático utilizado</i>	102
8.3.3.	<i>Coste del material consumible</i>	103
8.3.4.	<i>Costes indirectos</i>	104
8.3.5.	<i>Horas de personal dedicadas a cada fase del trabajo</i>	104

8.4.	COSTES ASIGNADOS A CADA FASE DEL TFM	105
8.4.1.	<i>Fase 1: decisión de elaboración del TFM</i>	105
8.4.2.	<i>Fase 2: presentación y difusión del TFM</i>	105
8.4.3.	<i>Fase 3: recopilación de información</i>	106
8.4.4.	<i>Fase 4: análisis, búsqueda y selección</i>	106
8.4.5.	<i>Fase 5: escritura, difusión e implantación</i>	107
8.5.	CÁLCULO DEL COSTE TOTAL	107
<b>9.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>109</b>



# **1. INTRODUCCION**

---

## **1.1. JUSTIFICACIÓN**

---

El presente trabajo ha sido redactado en una época marcada para la posteridad por una profunda crisis económica mundial, y por una concienciación colectiva de la degradación y agotamiento de los recursos naturales con que cuenta la humanidad, como consecuencia de la sobreexplotación y la contaminación.

El actual modelo energético, basado en la utilización de combustibles fósiles, es el principal causante de la contaminación de la atmósfera, las aguas y la superficie de la tierra, amenazando la continuidad de la existencia de la vida animal y vegetal, y condenando por tanto al ser humano a un porvenir incierto.

La crisis ambiental, que en la actualidad afecta a todos los países, exige un cambio en el sector energético y en el modelo de desarrollo, buscando su sostenibilidad en el tiempo.

Y la crisis económica, alimentada con el continuo aumento de los precios del petróleo y sus derivados, ha conducido a un incremento en el estudio y desarrollo de energías renovables durante las últimas décadas, observado en los países desarrollados.

Por otra parte, el acceso a los servicios que proporciona la energía es fundamental para el bienestar de las personas y el desarrollo de los pueblos, ya que a través de la luz, la calefacción, la refrigeración y el transporte, contribuye al progreso de la educación, la salud, la comunicación y los procesos productivos de la industria.

Sin un acceso estable y seguro a la energía no es posible garantizar los derechos establecidos en el Convenio Internacional sobre Derechos Económicos, Sociales y Culturales, que ofrece cobertura legal a la Declaración Universal de los Derechos Humanos.

El acceso a la energía repercute de forma inmediata en nuestra calidad de vida y en las posibilidades de desarrollo de los pueblos. Sin embargo, el modelo energético actual, basado en la explotación de fuentes de energías no renovables, concentradas

geográficamente y muy contaminantes, acentuado por un incremento exponencial en la demanda energética, está ocasionando graves problemas sociales y ambientales.

Por ser fuentes energéticas autóctonas, la introducción de las energías renovables (EERR) mejora la seguridad de suministro al reducir las importaciones de petróleo y sus derivados, y de gas natural, recursos energéticos de los que España no dispone, o de carbón, fuente energética de la que se cuenta como recurso autóctono.

En cuanto a la afectación ambiental de las energías renovables, está claro que tienen unos impactos ambientales mucho más reducidos que las energías fósiles o la nuclear, especialmente en algunos aspectos como la generación de gases de efecto invernadero o la generación de residuos radiactivos y, por lo tanto, su introducción en el mercado es satisfactoria.

A nivel mundial son muchos los motivos que impulsan el desarrollo de las energías renovables por parte de los distintos gobiernos, entre las que podemos resaltar:

- La lucha contra el cambio climático.
- La independencia energética y la seguridad en el suministro.
- La competitividad nacional, el desarrollo tecnológico y la creación de empleo.

La búsqueda de nuevas tecnologías, menos contaminantes y sostenibles medioambiental y económicamente, también ha fijado su atención en la valorización energética de las biomásas.

Aunque hoy en día la biomasa eléctrica precisa de las ayudas públicas para ser viable, esta subvención está justificada por razones obvias. En primer lugar, por su dimensión social, al ser una de las nuevas tecnologías que más puestos de trabajo genera. Pero también porque gran parte de esos empleos se crean en los núcleos rurales, en ámbitos muy ligados al sector agrícola y forestal. Y en último término, porque contribuye a mantener limpios nuestros montes, y a prevenir los incendios forestales, causantes cada año de daños a la población y de la pérdida de miles de euros en daños al patrimonio público y privado y en concepto de los medios de extinción empleados, que se verían disminuidos notablemente si los montes no presentaran unas condiciones tan excepcionales para la aparición y propagación del fuego como lo hacen en la actualidad.

Por todo esto, según Enrique Julián Fuentes, director general de Medio Ambiente del Gobierno de Extremadura en su entrevista concedida a la revista Foresta N° 57 del año 2013, las primas que recibe la biomasa para generar electricidad se ven compensadas por los beneficios que va a generar en términos de déficit público, de creación de empleo, de mejora del medio ambiente y de la reducción de nuestra dependencia energética del exterior (Linares Muñoz, 2013).

## 1.2. ANTECEDENTES

La mayor parte de los recursos energéticos mundiales proceden de los efectos de la energía radiante del sol sobre la Tierra, parte de la cual se almacena en forma de energía fósil, mientras que otra parte se aprovecha de forma directa o indirecta, como la energía eólica, la hidráulica o la de las olas. (Colaboradores de Wikipedia. Consumo y recursos energéticos a nivel mundial.)

Con el aumento del nivel tecnológico y económico de la sociedad crece a la vez la demanda energética, pues la energía está estrechamente relacionada con la actividad humana y el desarrollo de la humanidad.

La demanda de energía crece continuamente, y la procedente de los fósiles (carbón y petróleo) tiene una duración limitada. No existen datos fiables en cuanto a las reservas de combustibles fósiles, pues depende de la comprensión detallada de la corteza terrestre, aún imperfecta, y además algunos países se niegan a hacer públicas sus estimaciones, mientras que otros las exageran para atraer inversiones para la prospección y explotación de yacimientos.

Dichas reservas se estiman en:

Combustible	BBOE
Petróleo	3,012
Gas	2,567
Gas natural líquido	324

Tabla 1: Estimación de las reservas de petróleo, gas y gas natural en billones de barriles de petróleo equivalente (BBOE). Fuente: (USGS, 2014).

Lo que sí se desprende del estudio de las reservas de los combustibles fósiles es que su escasez y su agotamiento a medio plazo son un hecho, estimándose que las reservas naturales sólo podrán abastecer de energía a la población mundial por un período de tiempo aproximado de unos cincuenta años más.

**LOS RITMOS DEL AGOTAMIENTO DE LA ENERGÍA  
DURACIÓN ESTIMADA DE LAS RESERVAS SEGÚN SU  
CONSUMO ACTUAL**

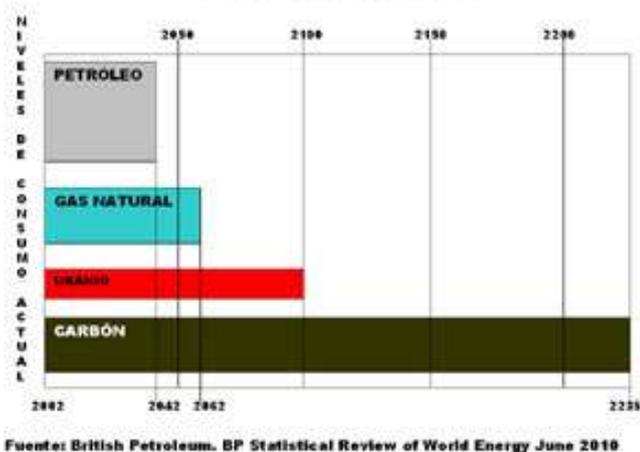


Imagen 1: Estimación de la duración de las reservas de los principales combustibles fósiles y uranio. (Martín Larrañaga, 2013).

Se plantea un grave problema, ya que al continuo incremento en el consumo de energía, y a la falta de concienciación por parte de la población para un consumo más responsable, se añade la incertidumbre de depender energéticamente de países productores de petróleo que se encuentran inmersos en conflictos políticos y sociales. Además, el aumento paulatino del precio del crudo llevado a cabo por los países de la OPEP desde 1973, hace que sea imprescindible encontrar nuevas fuentes de energía para la población.

España importa un 75% de la energía primaria, por lo que es muy dependiente de las fuentes externas, y el problema que supone importar grandes cantidades de energía desde el exterior es que salen una gran cantidad de divisas del país.

Los gobiernos tienen la obligación moral de asegurar la prosperidad de las generaciones futuras, por lo que deberán conseguir un desarrollo sostenible. En los últimos años se ha desarrollado en España rápidamente la industria de las energías renovables, consideradas limpias y amables con el medio ambiente, a través de la fuerza del viento y la radiación solar, recursos muy abundantes en nuestra geografía.

En nuestro país, el petróleo y sus derivados constituyen la mayor parte de la energía consumida, un 45,1% de la energía primaria en 2011 según el (CORES, 2014). Aunque existen yacimientos de petróleo en España, su producción en 2011 fue de cien mil toneladas, por lo que casi todo el crudo se importó de países como Rusia, México, Irán, Libia, Arabia Saudita y Nigeria. En cuanto al gas natural, constituyó en 2010 el 24,5% de la energía primaria.

Debido a la anteriormente citada dependencia energética del exterior en el caso de España, el alto precio del crudo, y la conciencia de que las reservas y recursos energéticos fósiles se están agotando, se investigan y desarrollan diferentes alternativas para conseguir un desarrollo sostenible.

En este contexto, las denominadas fuentes de energía renovable constituyen una alternativa que posee el potencial y las características básicas precisas para formar una parte importante de la futura producción energética: son inagotables por su carácter renovable y su utilización, según la mayor parte de los estudios realizados, supone un ahorro considerable de emisiones, incluidas las de efecto invernadero, con respecto a las producidas por los combustibles fósiles.

Dentro de la cesta de energías renovables, la bioenergía, energía que utiliza a la biomasa como materia prima, es una parte fundamental de la misma y su potencial absoluto, que se estima en unos 2850 EJ/año (1EJ = 1018J), supone alrededor de cinco veces el consumo mundial de energía primaria en la actualidad, lo cual asegura que continuará siéndolo en las próximas décadas, como así lo recogen las previsiones de la práctica totalidad de las políticas de desarrollo de las fuentes renovables de energía existentes ya en más de setenta países.

Además, la biomasa es una fuente de energía renovable clave en el cumplimiento de los objetivos energéticos planteados, tanto en Europa como en España. Dichos objetivos se centran fundamentalmente en la diversificación energética y disminución de la dependencia externa, y en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Los citados objetivos, fijados para el 2020, están recogidos en el Plan de Energías Renovables, pretendiendo incentivar la producción y el uso de energías renovables aplicando diferentes ayudas y descuentos.

### **1.2.1. POLITICA ENERGETICA**

---

La demanda energética mundial crece año tras año. (IDAE, 2014) pronostica un crecimiento de un tercio para el año 2035, concentrado en el sector de los transportes.

En España, los principales retos que han caracterizado el mercado energético son:

- Un consumo energético por unidad de producto interior bruto más elevado que la media de los países europeos.
- Elevada dependencia energética, debido a la escasez de yacimientos de energía primaria fósil, con el consiguiente riesgo de no poder garantizar el suministro energético y la volatilidad de los precios en los mercados internacionales.
- Elevadas emisiones de gases de efecto invernadero por el fuerte crecimiento de la demanda eléctrica y del transporte en las últimas décadas.

Los objetivos de la política europea y española son:

- La seguridad en el suministro.
- El respeto por el medio ambiente.
- La competitividad económica.

Durante los últimos años en España se ha potenciado la liberalización y fomentado la transparencia de los mercados, el desarrollo de infraestructuras energéticas y la promoción del ahorro y eficiencia energética, así como las EERR. La participación de las EERR a finales del 2010 alcanzó el 11,3%, posicionando a España como uno de los países líderes en esta materia.

Las EERR en España presentan grandes beneficios con relación a sus costes, los cuales tienden a bajar conforme progresa la tecnología. Nuestro país se encuentra en la fase de consolidación y desarrollo de las EERR, abierto a la incorporación de avances tecnológicos, a la innovación y a la internalización de costes del sistema energético.

España cuenta con un amplio marco normativo de apoyo a las EERR:

- La ley 54/1997 del Sector Eléctrico, que integró el Régimen Especial, regulado en el RD 661/2007;
- Real Decreto Ley 6/2009 por el que se establece el registro de preasignación de retribuciones para las instalaciones de régimen especial;
- RD 1955/2000 que rige procedimientos de autorización;
- RD 1565/2010 referente a la regulación de la actividad de energía eléctrica en régimen especial;
- Ley 2/2011 de 4 de Marzo de Economía Sostenible, que incluye los objetivos nacionales mínimos en materia de ahorro y eficiencia energética y EERR.

### **1.2.2. PLAN DE ENERGIAS RENOVABLES 2011-2020**

---

El Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020 fue aprobado por acuerdo del Consejo de Ministros de 11 de noviembre de 2011, estableciendo objetivos acordes con la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento de energía procedente de energías renovables y atendiendo al Real Decreto 661/2007, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, y de la Ley 2/2011 de 4 de marzo, de Economía Sostenible.

El Consejo Europeo de marzo de 2007 aprobó el objetivo obligatorio de alcanzar una cuota del 20% de energía procedente de EERR en el consumo total de energía de la Unión Europea (UE) en 2020, y un objetivo vinculante mínimo del 10% para todos los Estados miembro, con relación al porcentaje de biocarburantes consumidos para el transporte en 2020, siempre bajo la condición de una producción sostenible.

Los beneficios económicos directos para el país relacionados de la consecución de los objetivos del PER 2011-2020 superan los 4.000 millones de € acumulados durante todo el periodo. Además existen otros impactos socioeconómicos beneficiosos como la creación de riqueza acumulada por los incrementos de contribución al PIB del sector de las renovables estimado en más de 33.000 millones de €, la creación de más de 300.000 empleos directos e indirectos, y el reequilibrio de la balanza de pagos debido a la

exportación de tecnologías debido a la posición de liderazgo de las empresas en algunos sectores de las renovables.

La energía eólica será la fuente renovable con mayor participación, seguida de la solar, mientras que la biomasa, el biogás y los residuos confirmarán su establecimiento con aportaciones significativas al abastecimiento eléctrico.

Con respecto a la biomasa se prevé su gran expansión en el sector térmico en edificios e instalaciones industriales, gracias a los desarrollos tecnológicos en gasificación y ciclos ORC para la implantación de cogeneraciones.

El potencial de biomasa disponible se estima en 88 millones de toneladas de biomasa primaria en verde: restos de masas forestales existentes, restos agrícolas, masas existentes sin explotar y cultivos energéticos a implantar. A este potencial se le añaden más de 12 millones de toneladas de biomasa secundaria seca procedente de las industrias agroforestales. Se está iniciando el desarrollo de cultivos energéticos en España y su mecanización específica.

En 2010 existía una potencia instalada de 533 MW, abastecida con residuos de las industrias agroforestales y restos de cultivos agrícolas. El PER 2011-2020 prevé para el final del periodo una potencia total instalada de 1.350 MW (8.100.000 MWh), integrada principalmente por pequeñas cogeneraciones y plantas de unos 10 MW.

El volumen total de fondos privados y públicos previstos para la concesión de préstamos asciende a 2.532,2 millones de €, con un coste para la Administración de 154,5 millones. El PER prevé promover una inversión para esta década de más de 62.000 millones de €, de los que más de 55.000 millones corresponden a instalaciones de generación de electricidad, y más de 6.000 millones a instalaciones para usos térmicos.

Sin embargo, el Gobierno suspendió de forma temporal las primas e incentivos económicos de las nuevas instalaciones de régimen especial (Gobierno, Real Decreto-Ley 1/2012, 2014). La suspensión afectará según el IDAE a las tecnologías acogidas al régimen especial, esto es, la eólica, solar fotovoltaica, termo solar, cogeneración, biomasa, biogás, mini hidráulica y de residuos, así como a las instalaciones de régimen ordinario de tecnologías asimilables a las incluidas en el régimen especial.

Los motivos son varios, aunque el principal problema que amenaza la sostenibilidad económica del sistema eléctrico es su déficit tarifario, a lo que hay que añadir una capacidad de generación instalada suficiente para asegurar la cobertura de la demanda prevista para los próximos años: El PER tiene el objetivo de lograr que en el año 2020 al menos el 20% del consumo bruto de energía en España proceda de energías renovables, y en 2011 las instalaciones de renovables cubrieron el 33% de la demanda eléctrica.

La limitación afecta a las instalaciones que no hayan obtenido la preinscripción en el registro de preasignación de retribución, excluyendo las inversiones ya ejecutadas o aquellas no ejecutadas por incumplimiento de plazos por parte de la Administración.

De lo anteriormente expuesto se deduce que aunque en nuestro país existe una amplia experiencia en el diseño, instalación y explotación de nuevas tecnologías, el marco regulatorio actual no ha conseguido consolidar este sector, careciendo de una incentivación eficaz. La Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA) considera necesario introducir modificaciones en el ámbito retributivo y mejoras en las normativas, para dar impulso a los proyectos futuros y consolidar los ya instalados (APPA, 2014). Sin embargo, el actual contexto económico podría suponer un obstáculo para conseguir la tan necesaria actualización de las retribuciones.

### **1.3. OBJETIVOS Y ALCANCE**

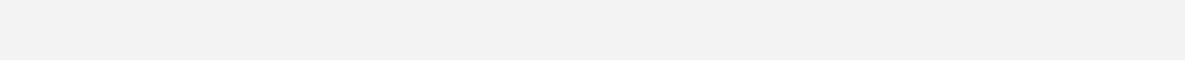
---

El presente proyecto estudia el vector logístico de la instalación de una central térmica y una red de calor (District heating) utilizando una de las energías “verdes” que el Gobierno ha estado fomentando los últimos años: la biomasa.

Esta planta, alimentada con distintos tipos de biomasa, va a dar servicio térmico a 31 edificios de la zona norte del municipio de Valladolid, pertenecientes tanto a la Universidad de Valladolid (UVa), al Ayuntamiento y a la Junta de Castilla y León, y estará ubicada junto al edificio Lucía de la UVa.

Contará con la biomasa lignocelulósica existente en toda la provincia de Valladolid para su abastecimiento, por lo que se precisa un potencial de biomasa suficiente, y un flujo continuo a lo largo de los años.

Puesto que el principal objetivo de este estudio es poner en práctica algunos de los conocimientos adquiridos a lo largo del máster en Logística, a la vez que se descubren otras áreas, se desarrollará un análisis de distintas alternativas logísticas y se definirá un sistema de transporte que garantice el suministro de biomasa desde las zonas donde se produce de forma natural hasta la planta de biomasa.



## **2. LA BIOMASA COMO FUENTE DE ENERGIA**

---

### **2.1. ¿QUÉ ES LA BIOMASA?**

---

Según el diccionario de la RAE, una de las acepciones es la *materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía* (RAE, 2013). Esta definición se refiere a la biomasa útil en términos energéticos: la energía radiante del sol es transformada mediante el proceso de la fotosíntesis en energía química, parte de la cual es almacenada como materia orgánica, pudiendo ser recuperada al quemarla o transformarla en energía.

Según AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) “*todo material de origen biológico excluyendo aquellos que han sido englobados en formaciones geológicas sufriendo un proceso de mineralización* (AENOR, 2013).

La segunda descripción es más acertada ya que excluye de ella al carbón, petróleo y al gas, por no cumplir el balance neutro de la biomasa sobre el CO<sub>2</sub>.

### **2.2. JUSTIFICACIÓN DE LA BIOMASA**

---

El modelo energético existente en nuestros días resulta insostenible, ya que además de ser el principal causante del efecto invernadero, la contaminación y el cambio climático, supone la dependencia de un recurso no renovable en nuestra escala temporal, y que tiende a agotarse a corto plazo dado el consumo actual.

La biomasa es una de las alternativas de energía renovable que puede llegar a ser básica en nuestra sociedad, presentando grandes ventajas por su capacidad para producir electricidad, al tiempo que contribuye a la creación de empleo en el mundo rural y al desarrollo de actividades ligadas a la conservación de los recursos forestales, al asignarles un valor añadido, haciendo viables económica y ambientalmente las explotaciones forestales y agropecuarias.

Se debe comentar, por su relevancia económica, que la reducción estudiada de combustible en las masas forestales, repercute directamente en las posibilidades de que un

posible incendio se convierta en un gran incendio descontrolado y arrase cientos de hectáreas, amenazando a las poblaciones y sus bienes.

Otra ventaja es que esta energía presenta un balance neutro de CO<sub>2</sub>, considerándose que no contribuye al aumento del efecto invernadero, ya que el carbono liberado en su combustión es parte de la atmósfera actual, siendo absorbido y liberado cíclicamente por las plantas a lo largo de su crecimiento, mientras que los llamados combustibles fósiles liberan un carbono que fue capturado en el subsuelo hace millones de años. La imagen 2 ejemplifica la fijación y emisión del carbono.

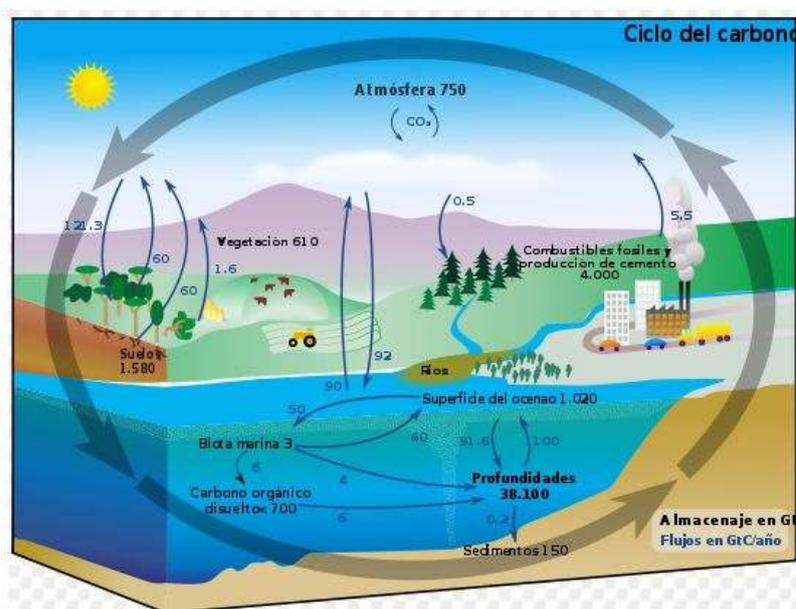


Imagen 2: Ciclo del Carbono. Fuente: (Wikipedia, 2013).

Por otra parte, el cumplimiento del objetivo de instalación de generación eléctrica con biomasa fijados en el Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020, supondrá la creación de 15.000 empleos estables en el entorno rural, y una inversión industrial y forestal superior a los 3.000 millones de euros. Estas son las principales cifras que se barajan en un estudio de la empresa Boston Consulting Group que hizo público el grupo ENCE, que también afirma que de alcanzar el objetivo fijado de 1.350 MW de potencia instalada en España, supondría un ahorro en importación de combustibles fósiles de hasta 200 millones de euros al año, a lo que habría que sumar el importe por recaudación de impuestos y el ahorro en desempleos y en compra de derechos de emisión de CO<sub>2</sub>, cuantificando las ventajas económicas en 725 millones de euros al año, frente a los 650 que supondría el cumplimiento del PER en cuanto a la biomasa (ENCE, 2013).

### 3. EVALUACIÓN DE LA BIOMASA EXISTENTE

#### 3.1. LA BIOMASA EN CASTILLA Y LEÓN

Se trata ésta de una cuestión crucial ante la alternativa de crear o no una instalación de tamaño calibre y desembolso económico, pues tan importante es que exista biomasa suficiente para ponerla en funcionamiento, como que el flujo de su suministro sea constante a lo largo de los años, rentable, y sostenible a nivel medioambiental, sin generar problema alguno a los ecosistemas existentes.

Estos recursos se producen de forma natural o tienen su origen en otros procesos, estando asociados a actividades agrícolas, ganaderas o forestales, a sus correspondientes industrias, así como a actividades urbanas de tratamiento y gestión de residuos orgánicos diversos.

Castilla y León posee un gran potencial de recursos utilizables en aplicaciones de bioenergía (Portal Energía en Castilla y León, 2014), de los que a día de hoy son aprovechados tan sólo un 2%, y para cuya obtención se encuentran implicados un gran número de agentes (Imagen 3).



Imagen 3: Agentes de la bioenergía.

El componente material de la bioenergía, la biomasa, cuyo suministro se quiere tener asegurado, es estacional, y suele estar ligado a otra actividad principal, e incluso estar demandada por otros mercados alternativos como la industria del tablero, con destinos no energéticos que compiten por los mismos recursos.

La imagen 4 muestra un ejemplo de la aplicación térmica de los recursos forestales.

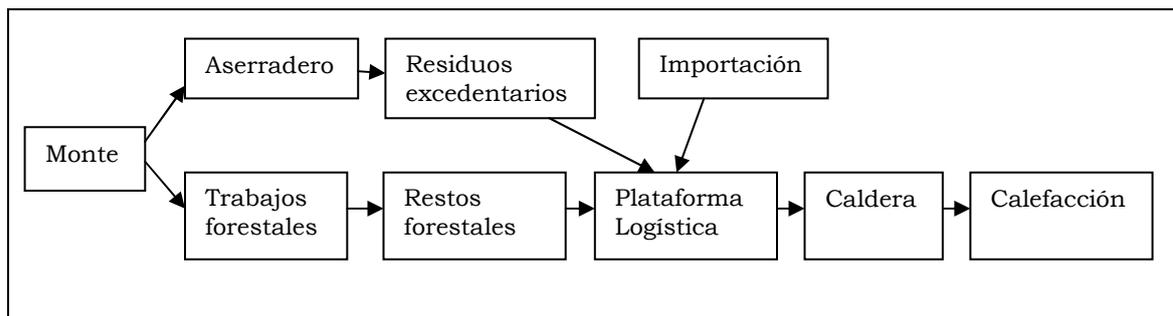


Imagen 4: Ejemplo de aplicación térmica de los recursos forestales.

### 3.1.1. Clasificación de la biomasa

---

El Plan Regional de Ámbito Sectorial de la Bioenergía de Castilla y León (PBCyL) (Junta de Castilla y León, 2014) presenta seis subgrupos de materia prima que conforman la biomasa en Castilla y León.

#### **Biomasa forestal.**

Es cualquier material vegetal procedente de terrenos forestales apto para producir energía. En función de la actividad que lo genera y la fracción del vegetal del que procede se distinguen:

- Leñas como aprovechamiento principal
- Residuos de aprovechamientos maderables
- Residuos de aprovechamientos selvícolas
- Destoconados
- Producto de roturación y mantenimiento de infraestructuras
- Fustes, ramas (gruesas, delgadas, ramillas), raíces, hojas, matas.

Tras una operación de clasificación se separarán las trozas para sierra o tableros, pudiendo aprovechar la fracción resultante para biomasa.

### **Cultivos energéticos.**

Utilizados en la producción de biocombustibles y energía térmica y eléctrica. Pueden ser:

- Herbáceos: especies de ciclo anual como girasol, colza, trigo, cebada, remolacha, patata y sorgo papelero.
- Leñosos de crecimiento rápido y turno de corta duración (3 a 5 años) como el chopo, el sauce, la paulonia y el eucalipto.

### **Residuos agrícolas**

Materiales procedentes de cultivos agrícolas de cualquier tipo que no cumplen unas condiciones mínimas de calidad para su aprovechamiento principal, como la paja del cereal y restos de cosechas del maíz o girasol, o restos de podas en cultivos leñosos como la vid, el olivo y los frutales.

### **Residuos ganaderos**

Proceden de las explotaciones ganaderas y son de origen orgánico, siendo susceptibles de valorización energética, como el estiércol, purín, gallinaza...

### **Residuos industriales**

Proceden de las industrias agroalimentaria y de la madera, si estar dentro de la categoría de peligrosos.

Dentro de la industria agroalimentaria se distinguen los siguientes tipos de residuos:

- Aceites vegetales usados de origen industrial o aceites vegetales limpios procedentes de semillas oleaginosas, excedentes de producción o que por su calidad no se pueden comercializar.
- Residuos de la industria de frutos secos como son las cáscaras de piñón y de almendras.
- Residuos de bodegas, alcoholeras, conserveras, congeladoras y envasadoras.

- Residuos de industrias de alimentos a partir de materias vegetales y animales.
- Residuos de mataderos y plantas de aprovechamiento de canales o desechos animales, etc.

Y para las industrias de la madera existen:

- Residuos procedentes de las industrias de primera y segunda transformación de la madera, principalmente: aserraderos, fábricas de tableros y fábricas de muebles. Es el caso de los serrines, virutas, costeros, cortezas, curros, recortes, panas de corcho de baja calidad, polvo de lijado, centros de desenrollado, chapas de mala calidad, etc.
- Residuos de madera procedentes de la construcción y demolición de edificios, bandejas de carga, contenedores, cajas de madera, muebles usados, bobinas de madera, etc., que son comercializados por las empresas del reciclado y recuperado de la madera.

### **Residuos urbanos**

De origen urbano y valorizable energéticamente han sido generados en el medio urbano, y no pertenecen al resto de las categorías de la biomasa. Se dividen en dos bloques:

- Fracción orgánica de residuos sólidos urbanos no especiales, residuos voluminosos de madera especiales, aceites y grasas vegetales usados y material procedente de la limpieza viaria, zonas verdes y áreas recreativas.
- Fangos EDAR con alto contenido en materia orgánica, procedentes de la depuración de aguas residuales.

### **3.1.2. Composición de la biomasa**

---

Desde el punto de vista de la composición se distinguen cinco tipos de biomasa:

- Lignocelulósica: los hidratos de carbono que predominan en su composición son las celulosas (hemicelulosas y holocelulosas) y la lignina. A este grupo pertenecen la paja, la madera y la leña.

- Amilácea: los hidratos de carbono se encuentran en forma de polisacáridos de reserva como el almidón o la inulina. Es el caso de los cereales y la patata.
- Laticífera: contienen hidrocarburos y esteroides como productos específicos de su metabolismo: látex.
- Azucarada: mayoritariamente contienen azúcares, ya sea monosacáridos (glucosa o fructosa) o disacáridos (sacarosa), como la remolacha o el tallo de azúcar.
- Oleaginosa: poseen abundante contenido en aceite como la pipa de girasol.

Según la naturaleza del residuo biomásico (estado de agregación de la materia) y el tipo de combustible deseado, estos se pueden clasificar en:

- Combustibles sólidos:
  - Leña sin procesar
  - Astillas
  - Briquetas
  - Triturados finos (diámetro menos a 2 mm)
  - Carbón vegetal
- Combustibles líquidos
  - Alcoholes
  - Biohidrocarburos
  - Aceite y ésteres derivados de ellos
- Combustibles gaseosos
  - Gas de gasógeno
  - Biogás
  - Hidrógeno

### **3.1.3. Posibles fuentes de biomasa**

---

Desde un punto de vista más global se pueden distinguir como fuentes de biomasa útiles a la hora de obtener energía la biomasa natural y la residual.

La biomasa natural se produce espontáneamente en las tierras no cultivadas sin la intervención del hombre. No es la más adecuada para su aprovechamiento energético extensivo ya que puede llegar a provocar la degradación de los ecosistemas si no se controla su explotación. Sin embargo, sí que se podrían aprovechar los residuos de las partes muertas, como los restos de podas y clareos, respetando el equilibrio de los ecosistemas. La ventaja es que se evitarían el riesgo de propagación de incendios y de propagación de plagas y enfermedades.

Biomasa residual es la generada debido a la actividad humana, fundamentalmente en los procesos productivos de los sectores agrícolas, forestales o ganaderos, así como en los núcleos urbanos (RSU y aguas residuales). En estos casos se considera más importante la descontaminación provocada por la eliminación de los residuos que su aprovechamiento en sí.

Se distinguen distintos tipos de biomasa residual:

### **3.1.3.1. Residuos agrícolas y residuos procedentes de industrias agrarias**

Son los restos obtenidos de las cosechas de cultivos herbáceos: paja, cereales y restos de podas de los árboles frutales o de cultivos leñosos extensivos como la vid y el olivo. Los residuos de las agroindustrias proceden de los procesos productivos de industrias lácteas, papeleras, destilerías,almazaras, conserveras, etc. En las agroindustrias existe la posibilidad de realizar un aprovechamiento interno utilizando la energía producida para el consumo propio.

Estos restos presentan una falta de seguridad en el suministro y el precio, que sube en los años de sequía. Además, la producción es estacional y puede ser dispersa.

Las tablas nº 2 y 3 muestran las producciones medias de residuos de los distintos tipos de cultivos herbáceos y leñosos susceptibles de ser aprovechados con fines energéticos.

Cultivo	Kg residuo/ Kg producido
Trigo	1,2
Cebada	1,3
Avena	1,4
Centeno	1,4
Arroz	1,5
Maíz seco	1,35
Maíz regadío	1,45
Sorgo	1,7
Forraje verde	0,2
Patata	0,2
Remolacha	0,3
Girasol	2
Soja	1,5
Algodón	1,5
Colza	3

Tabla 2: Producción de residuos en los principales cultivos herbáceos. Fuente: CARTIF.

Cultivo leñoso	t/ha*año
Cítricos	1,6
Frutales de pepita	4,8
Frutales de hueso	4,6
Frutos secos	0,8
Viñedo	3,5
Olivar	0,7

Tabla 3: Producción de residuos de los principales cultivos leñosos (podas).

Cuando el contenido en humedad de los residuos es elevado, se requiere llevar a cabo un proceso de deshidratación para que la combustión se lleve a cabo correctamente. Por encima del 50-60% de humedad deja de ser rentable.

En algunos casos el calor residual de la cogeneración se puede utilizar para secar parcialmente el residuo, aumentando el rendimiento global del proceso.

Los residuos agrícolas leñosos proceden principalmente de las podas en olivos, viñedos y frutales, por lo que su producción tiene carácter estacional. Tecnológicamente presentan unas características morfológicas similares a los restos forestales, por lo que es conveniente un tratamiento previo para abaratar el transporte consistente en el astillado o compactación del material en el campo.

Sin embargo, el aumento en el rendimiento de las cosechas, muy superior al aumento en las necesidades alimenticias de la población provocó excedentes agrícolas, lo que ocasionó que en la Política Agraria Comunitaria (PAC) se incentive el abandono de tierras de cultivo para los productos agrícolas tradicionales y se potencien los usos alternativos como los cultivos energéticos.

### **3.1.3.2. Residuos forestales y residuos de industrias forestales.**

Son los que proceden de los aprovechamientos de las masas forestales y de los tratamientos selvícolas realizados para la protección y mejora de estos, obtenidos tras las operaciones de corta, saca y transporte primario. También pueden incluirse aquellos residuos procedentes de la elaboración de la madera, aunque se debe tener en cuenta que las ramas con un diámetro superior a los 7,5 cm son aprovechables en la industria de tableros de aglomerado, por lo que no se utilizarán con fines energéticos.

La mecanización de los trabajos de aprovechamiento de los residuos forestales es complicada. Habría que pensar en su astillado en el lugar de recogida para hacer posible su transporte en unas condiciones económicas aceptables, obteniendo un producto manejable y con una granulometría homogénea, e incluso su compactación para aumentar la densidad de la madera y abaratar así los costes de transporte. Para ello existe maquinaria en el mercado, aunque cada monte presenta unas necesidades diferentes.

### **3.1.3.3. Residuos ganaderos**

El estiércol se ha empleado tradicionalmente como fertilizante para los cultivos, pero las técnicas modernas de producción ganadera han generado una acumulación de residuos que deben ser tratados y eliminados.

Los residuos líquidos mezcla de deyecciones y del agua de limpieza se conocen como purines y representan un grave problema medioambiental por su dificultad para tratarlos.

La utilización energética más usual de los residuos ganaderos es la digestión anaerobia y la producción de biogás.

### 3.1.3.4. Residuos urbanos

El uso energético más habitual de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) es la producción de electricidad mediante la incineración de la fracción orgánica. Las aguas residuales al depurarlas producen unos fangos que por vía anaerobia dan lugar a biogás, secado para usos como compost, e incinerado para electricidad.

### 3.1.3.5. Cultivos energéticos

La única finalidad de su plantación es la de producir biomasa para transformarla en combustible o carburante. En Europa los biocarburantes con mayor desarrollo son los ésteres de los aceites de colza y el etanol de la remolacha. También se están plantando cultivos leñosos de corta duración de sauces y chopos para aplicaciones térmicas.

Para que los cultivos leñosos sean rentables se debe cumplir:

- Alta productividad en biomasa con bajo coste de producción
- Posibilidad de empleo de maquinaria agrícola convencional
- Posibilidad de desarrollo en tierras marginales
- No degradación del medio ambiente
- Balance energético positivo
- Posibilidad de fácil recuperación de las tierras tras el uso

Dentro de los cultivos energéticos productores de biomasa lignocelulósica para su empleo como combustible hay que señalar el eucalipto, acacia, chopo o herbáceas como el cardo (*Cynara cardunculus*). Las ventajas de los cultivos energéticos respecto al aprovechamiento de residuos consisten en:

- Mayor producción por unidad de superficie
- Posibilidad de utilizar tierras retiradas por la PAC
- Posibilidad de controlar el coste de producción

Entre las desventajas:

- Necesidad de buscar nuevos cultivos
- Los agricultores no tienen experiencia en la materia
- Dependencia de las condiciones climáticas
- Producción estacional
- Dificultad para contratar cuando las tierras son de varios propietarios

### Elección del tipo de biomasa

Se pretende suministrar energía térmica a las instalaciones que tiene la Uva en Valladolid, por lo que el tipo de biomasa necesaria será sólida, procedente de restos de los aprovechamientos agrícolas y forestales o bien de cultivos energéticos.

El aprovechamiento de la biomasa residual deberá llevarse a cabo de forma responsable, puesto que se trata de residuos que no tienen una aplicación directa y que presentan un problema de acumulación e incluso de incendio o transmisión de enfermedades y plagas. Sin embargo, para poder cumplir los objetivos del Plan de Fomento de las Energías Renovables, no basta con el empleo de residuos como combustibles, sino que deberá completarse con los cultivos energéticos y la biomasa (70% de la cantidad obtenida a través de energías renovables).

### **3.2. CUANTIFICACIÓN DE LA BIOMASA EN CASTILLA Y LEÓN**

---

Conocer la cantidad de biomasa disponible en un territorio tan extenso como Castilla y León, con 94.526 km<sup>2</sup> es una tarea demasiado complicada y digna de un estudio de investigación aparte, y no deja de ser una estimación más o menos acertada debido a que las diferentes fuentes de datos existentes se basan a su vez en estimaciones estadísticas, como es el caso del Inventario Forestal Nacional (IFN), que mide una serie de variables dasométricas (densidades, estructuras diamétricas, volúmenes, crecimiento, etc.) y dendrométricas (ecuaciones de cubicación y valores unitarios) de las especies arboladas en una red de 90.000 parcelas permanentes distribuidas por todo el territorio nacional.

Además, cada fuente de datos se dirige a un determinado tipo de biomasa, así, el IFN sólo habla de especies arbóreas, mientras que si se necesita conocer la biomasa

procedente de los cultivos agrícolas habrá que acudir al registro de las hectáreas dedicadas a cultivos de la PAC, en el que no están todos los cultivos existentes.

La Fundación CARTIF, en colaboración con la Fundación Biodiversidad, llevó a cabo entre 2008 y 2010 un estudio del potencial de biomasa agroforestal en Castilla y León, con la intención de poner en marcha un proceso de cambio en la gestión de la biomasa como fuente de energía y potenciar socioeconómicamente la región (CARTIF, 2008).

El objetivo del estudio fue la determinación del potencial lignocelulósico en Castilla y León, con el fin de poder establecer sobre un mapa los puntos ideales para ubicar las instalaciones de aprovechamiento energético, buscando un aprovechamiento rentable y sostenible medioambientalmente.

Dicho trabajo se basó en un sistema de información geográfica (SIG), que a su vez se nutrió de una serie de fuentes para tratar de estimar la cantidad de biomasa existente. Se utilizó la cartografía digital del Proyecto CORINE Land Cover, que presenta los usos del suelo y las coberturas vegetales georreferenciadas de todo el territorio de la Unión Europea. También se utilizaron las bases de datos del 2º y 3º Inventario Forestal Nacional (IFN2 e IFN3), el Mapa Forestal de España, y la Cartografía de usos del suelo de Castilla y León. Estas fuentes coinciden en los resultados de potencial (Mcal/año) y densidad energética (Mca/ha y año) y son reconocidas como muy correctas por profesores de la ETSIIAA de Palencia, Escuela Técnica Superior de Montes de Madrid, técnicos de las Consejerías de Medio Ambiente, Fomento y Agricultura, instituciones como el IDEA y el EREN y empresas como TRAGSA.

El SIG toma como base las entidades locales y tiene en cuenta las vías de comunicación y accidentes geográficos además de la pendiente, que puede llegar a dificultar o impedir la extracción de la biomasa.

También tiene en cuenta la Red de Espacios Naturales, pues en estas zonas puede haber problemas a la hora de extraer biomasa debido a las leyes de protección existentes y a la presión de grupos ecologistas.

Una base de datos con las instalaciones ya existentes de biomasa y residuos urbanos indican zonas de fácil obtención, pero en las que ya existe una competencia y no se va a poder extraer tanta biomasa como se quisiera.

Tras considerar todas las restricciones, se estima que el porcentaje final de aprovechamiento de biomasa agroforestal en Castilla y León se encuentra entre el 5 – 10 % de la biomasa total existente.

Para el estudio se dividió el territorio en polígonos de pocas hectáreas con un único uso del suelo. Algunos usos se agruparon pues no tenían interés biomásico, y se procuró homogeneizar los nuevos usos para su comparación. Obtuvieron así un CORINE y una cartografía de usos del suelo modificados.

Cruzando los polígonos digitalizados según los usos del suelo con los municipios se obtuvo la superficie de los distintos usos del suelo en cada municipio.

Se estima una potencialidad global de biomasa agroforestal y posteriormente se determinó las especies productoras de residuos biomásicos con mayor viabilidad para su aprovechamiento energético.

Posteriormente se aplican unos parámetros de conversión energética para calcular las toneladas de residuo que se pueden obtener al año en cada hectárea, según la clase a la que pertenezca. Además se determina el poder calorífico inferior de cada combustible, y estos parámetros dan como resultado el potencial energético y la densidad energética de cada tesela y cada municipio en Castilla y León.

Todos estos datos se mapifican dando mayor intensidad de color a las zonas con mayor potencial energético (Mcal/año) y mayor intensidad energética (Mcal/ha y año), permitiendo localizar más fácilmente los puntos del territorio con mayor interés en cuanto a la explotación de la biomasa existente, como se puede observar en la imagen 5, para el caso del trigo.

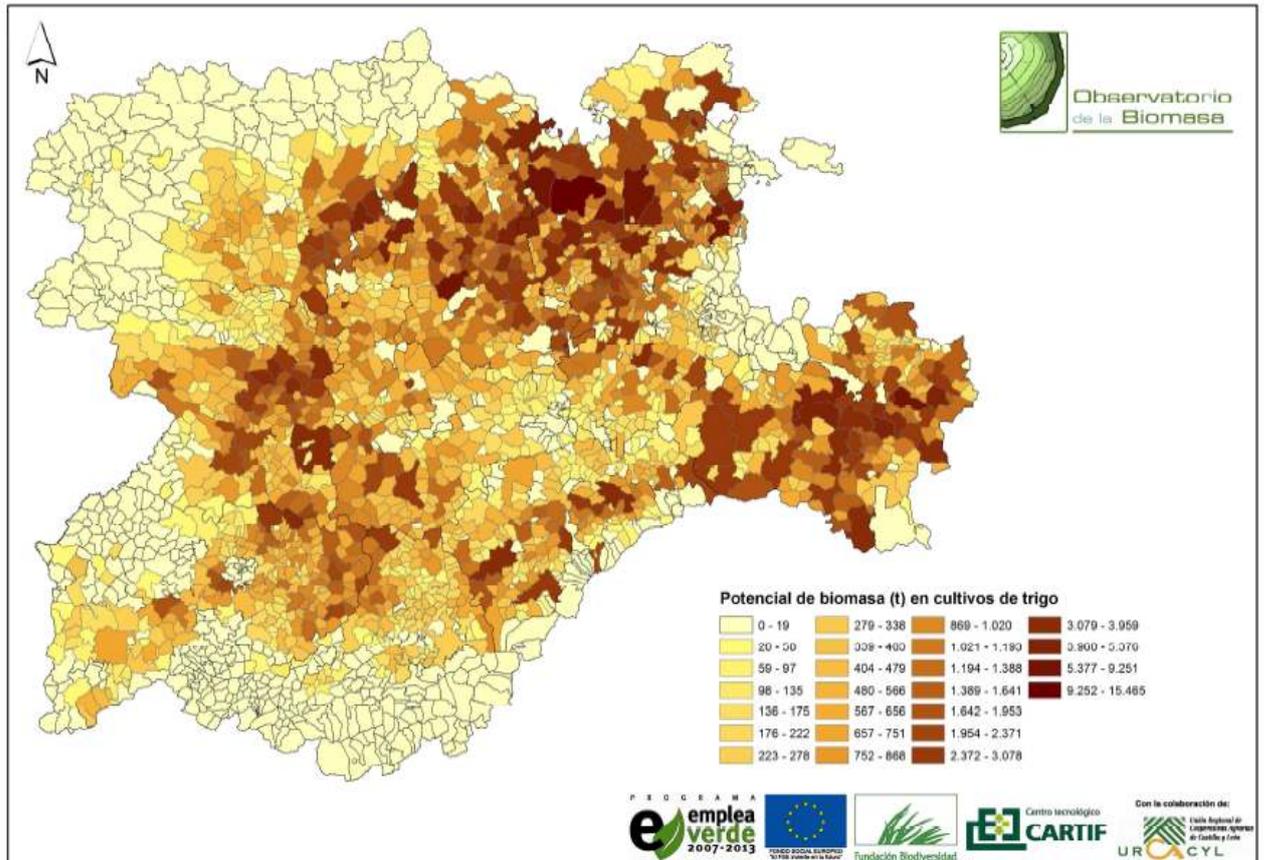
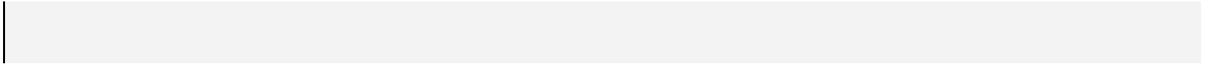


Imagen 5: Caracterización geográfica del potencial de biomasa sólida residual procedente del cultivo de trigo en Castilla y León. Fuente: CARTIF.

La conclusión del estudio revela que la región de Castilla y León tiene un gran potencial de aprovechamiento de los residuos lignocelulósicos, gracias a que actualmente no existen grandes plantas de biomasa. Además asegura una gran repercusión social y económica, si bien habrá que tener en cuenta otra serie de factores económicos y políticos y habrá que buscar una localización que no implique excesivos gastos previos a la entrada de biomasa en la planta.



## **4. NECESIDADES ENERGETICAS DE LA UVa**

---

### **4.1. INTRODUCCION**

---

La magnitud de la Universidad de Valladolid (UVa), con sus más de 50 edificios, y el desarrollo experimentado por los campus universitarios en los últimos años, ha provocado un importante incremento de los consumos energéticos de las instalaciones de los edificios universitarios, ya sean de alumbrado, ACS (agua caliente sanitaria), calefacción o aire acondicionado.

En el año 2012 el consumo total de los edificios de los distintos campus universitarios se sitúa en torno a los 4.700.000 € (UVa, 2014), lo que supone una de las mayores partidas de gasto de la UVa (SORIANoticias.com, 2014).

En la actualidad, el sistema de calefacción de la UVa se compone de salas de calderas en cada uno de los edificios, lo cual supone un importante coste económico y energético.

Como institución universitaria, dedicada al progreso intelectual y material de la sociedad y al fomento del desarrollo sostenible, es importante que la UVa tenga un papel ejemplarizante en la implantación de medidas de eficiencia energética. Ante esta perspectiva, la Universidad de Valladolid dispone de un Plan de sostenibilidad energética en sus campus universitarios, que se define a través de cinco ejes de actuación (Universidad de Valladolid, 2013):

- Mejorar la calidad y fiabilidad del suministro energético.
- Incrementar la eficiencia y reducir los costes del alumbrado.
- Incrementar la eficiencia y reducir los costes de las instalaciones de climatización.
- Mejoras y optimización de equipos e instalaciones térmicas.
- Integración de energías renovables en los edificios.

En cuanto al suministro de energía térmica a la UVa hay que señalar que actualmente existe un proyecto para mejorar la eficiencia energética de las instalaciones de calefacción y reducir la dependencia energética de fuentes de energía como el gas y el gasóleo y así mejorar la sostenibilidad de los edificios.

Se trata del proyecto DISTRICT HEATING, una red de distribución de energía térmica (calor) que transcurrirá por las vías urbanas y proporcionará ACS (Agua Caliente Sanitaria) y calefacción a 23 edificios de la Universidad de Valladolid así como a 3 edificios del Ayuntamiento y 4 de la Junta de Castilla y León (Junta de Castilla y León, 2013).

El listado de edificios con calefacción de distrito es el expuesto a continuación:

- Campus Miguel Delibes

- 1.- Apartamentos Cardenal Mendoza.
- 2.- Centro de Transferencia Tecnológica.
- 3.- Aulario Miguel Delibes.
- 4.- Edificio IOBA.
- 5.- Facultad de Ciencias.
- 6.- E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicación.
- 7.- E.T.S. de Ingeniería Informática.
- 8.- Edificio QUIFIMA.
- 9.- Gimnasio Universidad.
- 10.- Centro de Idiomas.
- 11.- Facultad de Educación y Trabajo Social.
- 12.- Edificio I+D.

- Campus Esgueva

- 13.- Edificio Servicio de Mantenimiento.
- 14.- escuela Universitaria de Empresariales.

- 15.- Facultad de Filosofía y Letras.
- 16.- Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales.
- 17.- Aulario.
- 18.- Escuela de Ingenierías Industriales. Sede Paseo del Cauce.
- 19.- E.I.I. Sede Mergelina.
- 20.- Residencia Universitaria Alfonso VIII.
- 21.- Colegio Santa Cruz Femenino.
- 22.- IBGM
- 23.- Facultad de Ciencias de la Salud.



Imagen 6: D1-D2: Apartamentos Cardenal Mendoza; D3: Centro de transferencia tecnológica; D4: Aulario Miguel Delibes; D5: Edificio IOBA; D6: Nueva facultad de Ciencias; D7: Teleco e Informática; Edificio Quifima; D9: edificio facultad Educación; D10: Centro de I+d. (Junta de Castilla y León, 2013).

○ Edificios del Ayuntamiento

- 1.- Polideportivo Miriam Blasco.
- 2.- Colegio García Lorca.
- 3.- Centro Cívico Esgueva.

○ Edificios de la Junta de Castilla y León.

- 1.- Residencia Río Esgueva.
- 2.- Centro de Atletismo de Alto Rendimiento.
- 3.- Piscinas climatizadas Río Esgueva.
- 4.- Pabellón Polideportivo Río Esgueva.



Imagen 7. A1: Polidep. Miriam Blasco; A2: Colegio G<sup>3</sup> Lorca; A3: Centro Cívico; E1: Servicio de Mt<sup>o</sup>; E2: Empresariales; E3: Filosofía y Letras; E4: Ciencias; E5: Edificio Alfonso VIII; E6: Colegio Sta Cruz; E7: Edificio IBGM; E8: Edif. Ciencias de la Salud; E13: Económicas; E14: Aulario Campos Esgueva; E15: ETSI Industriales. Fuente: (Junta de Castilla y León, 2013).

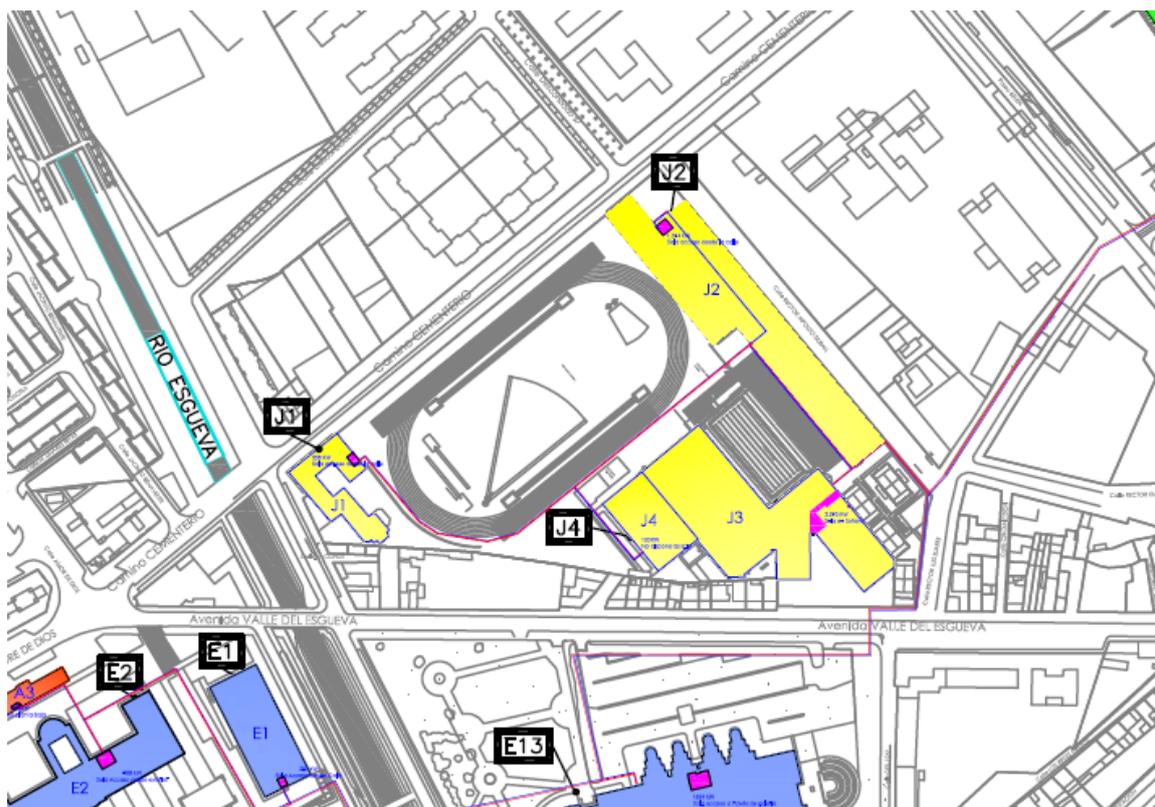


Imagen 8. J1: Residencia Río Esgueva; J2: Centro Atletismo ALto Rendimiento; J3: Piscinas climatizadas; J4: Pabellón Polideportivo Río Esgueva. Fuente (Junta de Castilla y León, 2013).

Desde la central de producción de calor (sala de calderas) se distribuirá energía térmica en forma de agua caliente a una temperatura de 90°, a través de un conducto principal que se divide en ramales aislados térmicamente bajo las calles, llegando a las salas de calderas de los edificios adheridos, en los que a través de un intercambiador de calor, el agua se incorpora a los circuitos propios: en este momento se está sustituyendo un combustible fósil por uno renovable, la biomasa.

El proyecto se desarrolla a través de un convenio específico de colaboración con la Consejería de Fomento y Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León y la Universidad de Valladolid con el objeto de conseguir objetivos de eficiencia energética y reducción de emisiones contaminantes a través de la implantación de sistemas de red de calefacción de distrito, basada en la utilización de biomasa forestal como combustible, restos de madera proveniente de los bosques de la región.

El consumo energético asociado a estos edificios ha sido en el año 2012 de cerca de 18.500.000 kWh lo que ha supuesto un coste económico en torno a 1.250.000 €, en gas y gasóleo. En el 2013 este coste económico se ha visto incrementado por la introducción de un tipo impositivo en función del uso que se realice del gas natural. Esto ha supuesto un

incremento considerable en las facturas de gas natural que puede llegar a suponer al cabo del año en torno a 75.000 €.

El District Heating se ha adjudicado a la UTE REBI-COFELY, que ya ha firmado el contrato y que ha empezado a desarrollar los primeros trabajos. Está previsto que para el curso académico 2014-2015 la red de calefacción entre en funcionamiento y suministre calefacción a los edificios de la UVa. Hasta que la red no entre en funcionamiento no se podrán conocer exactamente los ahorros generados por su uso, pero una previsión inicial sitúa los ahorros en torno al 30% para un año climatológico tipo.

La adjudicación de la licitación para la instalación de la central y la Red de Calor se produjo en septiembre de 2013 por un total de 7 millones de euros, de los que 65 se destinarán a la ejecución de obra y 2 a la gestión. La red se prevé operativa en 12 meses según (Soria Noticias.com, 2014).

La Central Térmica se ubicará en la parcela anexa al edificio Lucía situada en el Campus Miguel Delibes de la Universidad de Valladolid. La ubicación está específicamente seleccionada para aprovechar todas las ventajas, que la parcela ofrece para su integración en el entorno del Campus Universitario.

La planta contará con dos módulos, uno con la sala de calderas y otro con el silo de almacén de combustible con un sistema de aprovisionamiento automatizado, con una superficie aproximada de 1.400 m<sup>2</sup> entre los dos. La situación de la futura instalación cerca de los edificios con mayor consumo hará que las pérdidas de energía sean mínimas.

El edificio albergará tres calderas de 4,7 MW, con sus correspondientes ciclones, recogida de cenizas automático, filtro de mangas, chimeneas y equipos, cuadros de mandos; un silo de almacenamiento de astilla con dos sistemas independientes de suministro, con alimentación exterior por vertido desde una zona exterior a la nave habilitada para ello. Todos los equipos componentes de la central son totalmente automáticos y tendrán un sistema de telegestión y medición continua. Las bombas de impulsión se adaptan a la demanda para reducir el consumo eléctrico de la central. La planta finalmente generará un total de 14 MW térmicos trabajando a pleno rendimiento.

El district heating estará formado por dos redes de calor, una para los edificios de la UVa y otra para el resto, presentando una longitud de 12 km. La conexión del centro de

control con las subestaciones de intercambio térmico ubicadas en cada edificio mediante fibra óptica, permitirá la gestión automática de toda la instalación y el control detallado de los consumos individuales.

El Somacyl, la Sociedad Pública de Infraestructuras y Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León, será quien gestione el suministro de combustible y la facturación del servicio a los clientes como promotor del proyecto.

El ahorro económico previsto sobre la factura de gas y gasóleo anual será del 15% el primer año, y el 35% los 15 años de duración del proyecto, que supone un ahorro de 12 millones de euros en todo el periodo.

El consumo total previsto del conjunto de la Red es de 22.069.734 kWh anuales, de los cuales 17.187.869 kWh pertenecen al consumo de la UVA (77,87%), 515.180 kWh corresponden a edificios del Ayuntamiento de Valladolid (2,33%) y 4.366.685 kWh pertenecen a edificios de Deportes de la Junta de Castilla y León (19,80%).

El consumo total previsto de astilla para el conjunto del District Heating es de 7.886 toneladas anuales, de las cuales la UVA consumirá 6.140 toneladas anuales (77,87%), el ayuntamiento de Valladolid 183,74 toneladas anuales (2,33%) y la Junta, 1.561,43 toneladas anuales (19,80%).

Las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera actuales aproximadas alcanzan las 6.800 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales, de las cuales la UVA emite 5.446 t CO<sub>2</sub>/año, el ayuntamiento 170 t CO<sub>2</sub>/año, y la Junta de Castilla y León 1.195 t CO<sub>2</sub>/año; las totales evitadas a la atmósfera son 6.800 t CO<sub>2</sub> anuales, ya que el ciclo de emisiones de la biomasa es neutro.

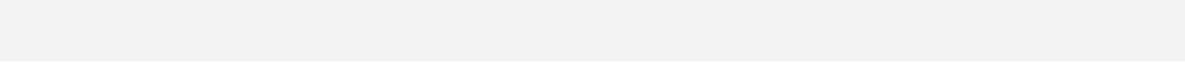
## **4.2. ANALISIS TECNICO DEL POTENCIAL DE BIOMASA**

---

En este apartado se pretende comprobar que el total de Mcal/año son suficientes para abastecer la planta de cogeneración.

La planta va a producir una potencia eléctrica de 14 MWe. El rendimiento medio aplicable al ciclo de producción térmica se estima normalmente en el 65 %, lo cual quiere decir que para alimentar la planta se necesitan las Mcal suficientes para producir 14/0,65 MWe = 21,54 MWe, que en unidades caloríficas suponen un gasto de 18.524,4 Mcal/h.

Suponiendo que aproximadamente de mayo a septiembre no se precisa de calefacción ni ACS, quedan siete meses durante los cuales se estima que la planta trabajará una media de 10 h diarias. Descontando los domingos, y fiestas como las navidades y la Semana Santa, la planta funcionará 178 días al año, o sea 1780 h, y la cantidad total de megacalorías necesarias para su adecuado abastecimiento serán de 32.973 Mcal/año, que considerando un poder calorífico inferior medio de la biomasa de 3.700 Mcal/t suponen 8.912 toneladas de residuos de biomasa para alimentar la caldera.



---

## **5. RED LOGISTICA**

---

### **5.1. CONCEPTOS DE LOGISTICA**

---

La logística para el funcionamiento de una planta de biomasa integra todas las actividades necesarias para su puesta en funcionamiento y su mantenimiento: desde la manipulación de la materia prima que la abastece hasta su almacenamiento, pasando por el necesario transporte entre el origen y su lugar de destino.

La materia prima es la biomasa, que debe ser recogida bien en el monte, bien en un almacén intermedio, y transportada hasta la planta. El transporte es una de las actividades que serán analizadas, así como el dimensionamiento de las superficies habilitadas para el almacenamiento de la materia prima.

El objetivo de la logística en este estudio supone conseguir que la biomasa esté en el lugar indicado, en el momento preciso y en las condiciones exigidas para su utilidad, todo ello con el menor coste posible.

Las actividades a realizar desde un punto de vista logístico se clasifican en tres etapas:

#### **5.1.1. Aproveccionamiento**

---

Son las operaciones necesarias para gestionar los residuos y trasladarlos desde los lugares donde se originan hasta los almacenes intermedios, y desde estos hasta la planta. Hay que tener en cuenta la compra de la materia prima, su recogida, tratamiento (astillado y prensado), transporte y depósito, así como los costes asociados a estas operaciones.

El objetivo es asegurar el suministro de los residuos en condiciones óptimas, en el momento oportuno y con el menor coste posible, para lo cual se necesita que las operaciones se realicen bajo un control y coordinación previamente planificados.

El coste total del transporte está influenciado por el tipo de medio de transporte que se utilice y de la densidad de la biomasa, ya que cuanto más cantidad se pueda cargar en la unidad transportadora menor será el coste del kg de biomasa transportada.

Entre los medios de transporte a elegir existen camiones tráiler con capacidades entre 8 y 20 t, según la densidad media de la carga, remolques de hasta 35 t, carretas tiradas por tractores y hasta la posibilidad de efectuar el transporte por ferrocarril, aunque esta última opción se desecha por ser cara e inviable en muchos casos por falta de infraestructuras.

### **5.1.2. Producción**

---

Tras asegurar el suministro de la biomasa puede comenzar la producción de energía eléctrica, controlando todas las actividades que forman parte de esta fase como la supervisión, el mantenimiento de las instalaciones y equipos y la planificación de la producción.

### **5.1.3. Distribución**

---

La electricidad producida se ha de verter a una red en unas condiciones óptimas de seguridad para su correcta distribución y posterior consumo.

Existen diferentes opciones logísticas de aprovisionamiento:

- Transporte directo campo – planta.
- Almacenaje del residuo en pequeños almacenes deslocalizados.
- Almacenaje en grandes almacenes cubiertos.

La alternativa ideal supone una combinación de las tres anteriores que garantice un stock interanual, reduzca los costes totales y minimice el riesgo de pérdida de materia prima como consecuencia de un incendio en algún almacén.

## **5.2. TIPOLOGIAS DE ORGANIZACIÓN Y FLUJOS**

---

Según la naturaleza de los flujos se distinguen:

### **Flujos físicos.**

Engloban tanto los de la materia que va del proveedor al cliente, como los flujos de los embalajes que retornan al proveedor, en caso que éste sea el propietario de los mismos.

**Flujos administrativos.**

Estos no deben frenar nunca a los flujos físicos, permitiendo el conocimiento en tiempo real de los mismos (sistemas de alerta), y además es preferible que la toma de datos manuales al principio de los flujos físicos esté limitada, para lo cual se buscarán estándares de etiquetado.

Según el recorrido de la materia existen otros dos tipos de flujos:

**Flujo directo.**

La materia llega directamente al cliente, sin pasar por almacenes intermedios. Puede ser a su vez interno, del camión al puesto de trabajo, o externo, del proveedor al puesto de trabajo. Con este flujo se consigue que las operaciones físicas y administrativas sean mínimas.

**Flujo indirecto.**

Las piezas pasan por un almacén antes de llegar al cliente final. Además existe un coste de carga y gestión del almacén.

Como la logística busca el Justo A Tiempo (JIT), se intentan desarrollar los flujos directos.

---

**5.3. LA LOGISTICA DE APROVISIONAMIENTO**

---

La base de la distribución en este caso se puede considerar como un problema de aprovisionamiento del Centro de Recogida y Abastecimiento de Biomasa, también llamado CRAB.

La función de la logística externa es responder a las peticiones del puesto de trabajo en la planta al menor coste.

Las principales actividades que desarrolla la logística externa son:

- Determinar la frecuencia de entrega.

- Conseguir que la descarga de la biomasa se realice lo más cerca posible del punto de consumo.

### **5.3.1. Clasificación de los modos de transporte.**

---

En función del tipo de vehículo utilizado:

#### **Unimodal**

- Utiliza sólo un vector de transporte.
- Está optimizado para recorridos regulares de los proveedores y entregas en proximidad.
- Se utiliza sobre todo para entregas por carretera, salvo que el cliente y el proveedor dispongan de una terminal férrea y sea viable económicamente.

#### **Multimodal**

- Utiliza distintos vectores de transporte.
- Está optimizado para entregas de proveedores lejanos.
- En general trata el aprovisionamiento por parte de proveedores alejados de containers transportados por vía marítima + carretera, o bien ferrocarril + carretera.

Las orientaciones modernas tienden a desarrollar el transporte multimodal para los proveedores situados a más de 500 km del cliente.

Según el tipo de flujo, la clasificación del tipo de transporte se puede dividir en flujos directos e indirectos.

#### **Flujos directos**

Dentro de los flujos directos se distinguen cinco tipos de transporte:

- Monoflujo: el camión va completo desde el proveedor hasta su cliente.

- Aprovechamiento múltiple: se va recogiendo la mercancía de los distintos proveedores hasta un solo cliente.
- Distribución múltiple: Un camión de un mismo proveedor descarga en varios clientes.
- Centro de agrupamiento: almacén intermedio entre los proveedores y los clientes, donde se reagrupan las mercancías de los distintos proveedores de una misma región. Con esta técnica se consigue evitar el estocaje, reducir el kilometraje y el tiempo de espera del conductor y reagrupar los lotes residuales sobre una plataforma.
- Centro de desagrupamiento: aquí se realizan las funciones de optimización de flujos y repartición de cargas hacia los destinos finales.

### **Flujos indirectos.**

Para este tipo de flujos se recurre a los llamados Centros de Preparación Logística, hasta la cual los proveedores llevan la mercancía de distintos clientes. Una vez allí se produce la disgregación o redistribución de la mercancía en distintos camiones hasta las fábricas de destino.

Con esto se reducen los kilómetros totales a recorrer por los camiones, y se agilizan los trámites a realizar siempre que llega mercancía al cliente:

- Recepción administrativa.
- Tratamiento de peticiones.
- Preparación de órdenes por partes.
- Etiquetado.
- Entrega.

Puesto que lo que se pretende es satisfacer a todos los clientes al mínimo coste, lo ideal sería que los proveedores estuvieran lo más cerca posible de sus clientes. Algunas empresas ya emplean los llamados parques de proveedores.

## **5.4. FACTORES DE LA ORGANIZACIÓN DEL TRANSPORTE**

---

Los factores que se deberán tener en cuenta a la hora de organizar un transporte son:

### **El volumen del producto.**

Los materiales voluminosos y diversificados deben estar organizados en un flujo directo monoflujo, pues no interesa realizar operaciones de carga y descarga. Sin embargo si la carga es de pequeño tamaño se recomienda la utilización de almacenes.

### **Los flujos externos con orden de prioridad.**

En estos casos se emplea el reagrupamiento, que podrá ser de dos tipos:

- De aprovisionamiento (varios proveedores y un cliente) o de distribución (un proveedor y varios clientes).
- Por región.

### **El cargador**

Es la persona que soporta el pago del transporte, que generalmente es el cliente, excepto en casos de entrega síncrona o si el proveedor puede proponer unos costes de transporte más ventajosos.

## **5.5. LOGISTICA DE TRANSPORTE EN LA ZONA DE ESTUDIO**

---

Según la clasificación de los medios de transporte vista en el punto 5.3.1. en este proyecto se van a aplicar:

Transporte multimodal, ya que aunque sólo se realizará el aprovisionamiento y distribución de biomasa por carretera, se utilizarán varios vectores de transporte.

Flujos directos, utilizando todas las posibilidades posibles. Se pueden obtener tanto rutas monoflujo directos, que serán las empleadas en el caso de biomasa muy pesada, como rutas indirectas que recojan la biomasa en distintos puntos y la distribuyan a diferentes

CRABs, ya sea a través de depósitos intermedios o directamente. En general se utilizará la opción de centro de reagrupamiento.

La logística del transporte en este caso particular se analizará en función de los datos de biomasa disponible para transportar, medios de transporte disponibles, distancias a los puntos ideales de abastecimiento y las alternativas propuestas: n° CRABs – planta.

Con estos datos iniciales se analizarán las distintas posibilidades para obtener una solución concreta.

## **5.6. ETAPAS DEL PROCESO**

---

Para la selección de biomasa se plantean las siguientes etapas:

- Características de la biomasa y su transporte.
- Distribución espacial de los CRABs.
- Características de los CRABs.
- Planteamiento de alternativas.
- Tratamiento de las distancias.

### **5.6.1. Características de la biomasa a recoger y su transporte.**

---

Los restos de biomasa a recoger están compuestos tanto de restos de biomasa forestal, procedentes de distintas especies de árboles, como restos agrícolas (trigo, maíz, girasol y varios cereales). La disposición geográfica y la cantidad de la biomasa también precisan de estudio.

Uno de los mayores condicionantes es la estacionalidad de la producción, menos importante en el ámbito forestal, mientras que en agrícola determina la distribución y logística de la biomasa a recoger.

La cantidad de biomasa disponible, sin distinguir su origen en la zona de estudio está reflejada en la tabla 4.

COD INE	MUNICIPIO	MASA (t/año)
47001	Adalia	4.151,21
47002	Aguasal	1.690,97
47003	Aguilar de Campos	226,79
47004	Alaejos	397,09
47005	Alcazarán	2.057,87
47006	Aldea de San Miguel	2.288,68
47007	Aldeamayor de San Martín	346,73
47008	Almenara de Adaja	2.608,51
47009	Amusquillo	236,16
47010	Arroyo	857,97
47011	Ataquines	253.044,39
47012	Bahabón	0,00
47013	Barcial de la Loma	12.931,40
47014	Barruelo	17.339,46
47015	Becilla de Valderaduey	0,00
47016	Benafarces	21.328,11
47017	Bercero	15.579,75
47018	Berceruelo	40,43
47019	Berrueces	5.224,12
47020	Bobadilla del Campo	33.094,59
47021	Bocigas	17.136,05
47022	Bocos de Duero	7.114,90
47023	Boecillo	27.053,18
47024	Bolaños de Campos	103,91
47025	Brahojos de Medina	44.402,15
47026	Bustillo de Chaves	762,24
47027	Cabezón	0,00
47028	Cabezón de Valderaduey	164,46
47029	Cabreros del Monte	1.728,50
47030	Campaspero	36.586,06
47031	El Campillo	896,04
47032	Camporredondo	2.831,83
47033	Canalejas de Peñafiel	6.128,07
47034	Canillas de Esgueva	889,50
47035	Carpio	77.355,86
47036	Casasola de Arión	6.862,56
47037	Castrejón	3.300,66
47038	Castrillo de Duero	21.868,14
47039	Castrillo-Tejeriego	2.936,38
47040	Castrobol	0,00
47041	Castrodeza	2.380,13
47042	Castromembibre	3.533,28
47043	Castromonte	223,43

47044	Castronuevo de Esgueva	10.643,88
47045	Castroño	26,38
47046	Castroponce	3.098,58
47047	Castroverde de Cerrato	190.436,12
47048	Ceinos	1.392,15
47049	Cervillego de la Cruz	27.559,69
47050	Cigales	0,00
47051	Ciguñuela	118,97
47052	Cistérniga	4.207,62
47053	Cogeces de Iscar	5.062,39
47054	Cogeces del Monte	235,28
47055	Corcos	0,00
47056	Corrales de Duero	21.607,01
47056	Corrales de Duero	267,46
47057	Cubillas de Santa Marta	0,00
47058	Cuenca de Campos	52.838,06
47059	Curiel	271,29
47059	Curiel	16.949,44
47060	Encinas de Esgueva	1.516,46
47061	Esguevillas de Esgueva	896,07
47062	Fombellida	30,75
47063	Fompedraza	9.030,11
47064	Fontihoyuelo	884,39
47065	Fresno el Viejo	2.401,39
47066	Fuensaldaña	4.147,06
47067	Fuente el Sol	10.993,02
47068	Fuente-Olmedo	2.881,04
47069	Gallegos de Hornija	1.280,77
47070	Gatón de Campos	0,00
47071	Geria	6.285,60
47073	Herrín de Campos	1.100,01
47074	Hornillos	19.023,42
47075	Íscar	30.846,46
47076	Laguna de Duero	2.998,55
47077	Langayo	2.303,05
47078	Lomoviejo	0,00
47079	Llano de Olmedo	554,77
47080	Manzanillo	7.164,13
47081	Marzales	113,09
47082	Matapozuelos	395,22
47083	Matilla de los Caños	111,04
47084	Mayorga	564,55
47084	Mayorga	0,00
47084	Mayorga	0,00

47085	Medina del Campo	1.052,80
47086	Medina de Rioseco	957,32
47086	Medina de Rioseco	89,96
47087	Megeces	100,04
47088	Melgar de Abajo	0,00
47089	Melgar de Arriba	26.495,97
47090	Mojados	1.497,17
47091	Monasterio de Vega	0,00
47092	Montealegre	17.557,41
47093	Montemayor de Pililla	6.385,20
47094	Moral de la Reina	481,61
47095	Moraleja de las Panaderas	1.149,99
47096	Morales de Campos	16.862,37
47097	Mota del Marqués	26.309,16
47098	Mucientes	0,00
47099	La Mudarra	2.870,64
47100	Muriel	8.073,02
47101	Nava del Rey	12.388,56
47102	Nueva Villa de las Torres	135.974,86
47103	Olivares de Duero	19.036,31
47104	Olmedo	27.405,09
47105	Olmos de Esgueva	6.916,84
47106	Olmos de Peñafiel	549,98
47109	Palazuelo de Vedija	89,04
47110	La Parrilla	679,58
47111	La Pedraja de Portillo	3.724,92
47112	Pedrajas de San Esteban	7.176,12
47113	Pedrosa del Rey	12.879,30
47114	Peñafiel	9.047,89
47114	Peñafiel	0,00
47115	Peñaflor de Hornija	4.678,44
47116	Pesquera de Duero	163,18
47117	Piña de Esgueva	78,52
47118	Piñel de Abajo	468,18
47119	Piñel de Arriba	3.024,47
47121	Pollos	19.230,11
47122	Portillo	7.884,03
47123	Pozal de Gallinas	8.837,52
47124	Pozaldez	15.759,11
47125	Pozuelo de la Orden	13.116,84
47126	Puras	17.596,73
47127	Quintanilla de Arriba	259,00
47128	Quintanilla del Molar	2.647,34
47129	Quintanilla de Onésimo	15.152,17

47130	Quintanilla de Trigueros	386,07
47131	Rábano	19.628,12
47132	Ramiro	42.541,74
47133	Renedo	90,98
47134	Roales	1.054,57
47135	Robladillo	713,74
47137	Roturas	4.600,01
47137	Roturas	15.063,31
47138	Rubí de Bracamonte	17.083,50
47139	Rueda	18.879,65
47140	Saelices de Mayorga	1.248,60
47141	Salvador	659,21
47141	Salvador	1.428,47
47142	San Cebrián de Mazote	178,60
47143	San Llorente	15.441,65
47143	San Llorente	20.323,23
47144	San Martín de Valvení	0,00
47145	San Miguel del Arroyo	7.553,29
47146	San Miguel del Pino	1.211,40
47147	San Pablo de la Moraleja	3.795,19
47148	San Pedro de Latarce	11.830,78
47149	San Pelayo	826,98
47150	San Román de Hornija	5.241,11
47151	San Salvador	27.049,96
47152	Santa Eufemia del Arroyo	18.455,31
47153	Santervás de Campos	123,08
47154	Santibáñez de Valcorba	9.219,70
47155	Santovenia de Pisuerga	1.035,38
47156	San Vicente del Palacio	2.131,75
47157	Sardón de Duero	6.864,05
47158	La Seca	1.148,06
47159	Serrada	1.251,62
47160	Siete Iglesias de Trabancos	494,82
47161	Simancas	3.943,64
47162	Tamariz de Campos	2.926,38
47163	Tiedra	13.444,62
47164	Tordehumos	29,41
47165	Tordesillas	5.474,28
47165	Tordesillas	1.044,22
47166	Torrecilla de la Abadesa	4.559,30
47166	Torrecilla de la Abadesa	13.566,21
47167	Torrecilla de la Orden	1.723,97
47168	Torrecilla de la Torre	22.559,73
47169	Torre de Esgueva	2.845,36

47169	Torre de Esgueva	653,14
47170	Torre de Peñafiel	197,30
47170	Torre de Peñafiel	1.240,10
47171	Torrelobatón	8.304,17
47171	Torrelobatón	10.296,66
47172	Torrescárcela	4.502,38
47173	Traspinedo	7.636,17
47174	Trigueros del Valle	0,00
47175	Tudela de Duero	8.418,37
47175	Tudela de Duero	1.458,76
47176	La Unión de Campos	0,00
47177	Urones de Castroponce	0,00
47178	Urueña	486,47
47179	Valbuena de Duero	15,36
47180	Valdearcos	159,67
47181	Valdenebro de los Valles	7.036,65
47182	Valdestillas	7.305,14
47183	Valdunquillo	1.528,56
47184	Valoria la Buena	127,34
47185	Valverde de Campos	690,58
47186	Valladolid	7.953,51
47186	Valladolid	600,33
47186	Valladolid	208,10
47187	Vega de Ruiponce	60,41
47188	Vega de Valdetronco	6.502,73
47189	Velascálvaro	6.991,09
47190	Velilla	4.408,29
47191	Velliza	16.074,97
47192	Ventosa de la Cuesta	2.472,45
47193	Viana de Cega	17.205,37
47194	Viloria	15.379,10
47195	Villabáñez	478,32
47196	Villabaruz de Campos	0,00
47197	Villabrágima	16,53
47198	Villacarralón	113,97
47199	Villacid de Campos	0,00
47200	Villaco	186,16
47203	Villafrades de Campos	424,99
47204	Villafranca de Duero	2.351,10
47205	Villafrechós	2.942,70
47206	Villafuerte	49,12
47207	Villagarcía de Campos	617,41
47208	Villagómez la Nueva	26.408,78
47209	Villalón de Campos	34,54

47210	Villalar de los Comuneros	3.468,91
47211	Villalba de la Loma	3.354,21
47212	Villalba de los Alcores	0,00
47213	Villalbarba	31.633,17
47213	Villalbarba	1.124,66
47214	Villalón de Campos	1.375,16
47215	Villamuriel de Campos	1.122,65
47216	Villón de Tordesillas	6.028,09
47217	Villanubla	1.696,52
47218	Villanueva de Duero	12,15
47219	Villanueva de la Condesa	208,84
47220	Villanueva de los Caballeros	29.781,98
47221	Villanueva de los Infantes	2.308,42
47222	Villanueva de San Mancio	11.000,93
47223	Villardefrades	72,65
47224	Villarmentero de Esgueva	190,94
47225	Villasexmir	5.798,18
47226	Villavaquerín	1.833,60
47227	Villavellid	174.696,14
47228	Villaverde de Medina	367,21
47229	Villavicencio de los Caballeros	2.890,53
47230	Wamba	406,40
47231	Zaratán	6.026,36
47232	La Zarza	67.403,83
<b>TOTAL</b>		<b>2.386.592,96</b>

Tabla 4: Distribución de la biomasa por municipios en la provincia de Valladolid. Fuente: CARTIF

La biomasa se considerará homogénea, a pesar de estar compuesta por restos agrícolas y forestales. Se considerará una densidad media de 166 kg/m<sup>3</sup> ya que los restos forestales presentan una proporción mucho mayor. La tabla 5 muestra la densidad de distintos tipos de biomasa.

Muestra	Granulometría	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Mix residuos forestales	Heterogénea	250
Paja	Homogénea	100
Cañote	Homogénea	100

Tabla 5: Granulometría y densidad de la biomasa. Fuente: (Fernández, 2005).

La humedad relativa, que influye en el cálculo del poder calorífico inferior (PCI), influye directamente en la masa a transportar, de forma que a mayor humedad, más agua se estará transportando con la consiguiente pérdida de dinero. Se considerará la humedad relativa medida en campo como un valor aceptable: en el caso de los residuos forestales se les supone un proceso de secado natural en el monte, y en el de los residuos agrícolas se va

a aceptar ya que la variabilidad de las condiciones atmosféricas y el estado de crecimiento hacen muy difícil conocer la humedad de este material. Aún y así sería conveniente realizar un secado posterior a la recolección en las zonas de almacenaje mediante secaderos, que podrían estar alimentados con la energía procedente de la propia planta.

La estacionalidad de la biomasa repercute en un almacenaje adaptado al periodo del año y la especie en concreto. Los restos agrícolas se pueden clasificar según sus fechas de recolección, generalmente entre febrero (maíz) y Julio (cereales).

Según la ubicación y cantidad de los restos existentes pueden plantearse diferentes opciones para su transporte hasta los CRABs o la planta. Si existieran grandes diferencias entre las cantidades de biomasa forestal y agrícola, se podrían transportar en distintos medios. Esta opción es la idónea si además las zonas de recogida de ambos tipos están separadas.

Sin embargo esta opción no es viable si el municipio tiene cantidades variables de restos agrícolas y forestales, por lo que habrá que estudiar cada caso en particular.

Debido a que la producción forestal es mayor que la agrícola, se utilizará un medio de transporte más adaptado a las cargas forestales.

Se parte de la base simplificativa que la masa total del municipio es independiente de su procedencia forestal o agrícola (tabla 4).

### **5.6.2. Distribución espacial de los CRABs**

---

La localización de estos almacenes intermedios debe estar cerca tanto de los puntos de recogida como de entrega. Además deberán situarse en puntos de fácil acceso y comunicación.

La ubicación idónea es aquella en la que la distancia entre los puntos de recogida o acumulación y la posición de los CRABs y la planta es mínima, condicionada además por la biomasa disponible en cada municipio.

Para resolver el problema de minimización se parte de los datos de biomasa por municipios de la tabla 4 y de las coordenadas de los centroides de cada municipio, obtenidas con la herramienta informática ArcGis 9.3.

Se plantearán dos alternativas distintas, entre las que se elegirá la que de menores costes de transporte (punto 5.6.4. Planteamiento de alternativas).

### **5.6.3. Características de los CRABs**

---

Una vez conocida la localización se procede a determinar sus dimensiones, basadas en distintos factores:

- El tiempo de residencia de la biomasa en el CRAB.
- Tipo de biomasa a almacenar.
- Número de CRABs.

**Tiempo de residencia:** Se trata del factor más importante, pues el tamaño será más grande cuanto mayor sea el tiempo de estancia.

El tiempo de residencia debe permitir el secado de los residuos para conseguir una buena combustión en la caldera, y se ve condicionado por los flujos de entrada desde los puntos de acumulación y los de salida hacia la planta de destino.

**Número de CRABs:** Está relacionado con los parámetros anteriores, pero acarrea además un coste de almacenamiento que aumenta conforme aumenta el número.

Habrá que buscar una solución que cumpla el mínimo coste de almacén junto con las dimensiones adecuadas para almacenar toda la biomasa que necesita la planta.

Para conjugar los parámetros anteriores se plantean una serie de hipótesis:

**Tipo de biomasa a almacenar.** La forestal se supone que permanecerá en el monte durante un tiempo para su secado natural, mientras que la agrícola será recogida por los proveedores y llevada a los CRABs.

En el caso del almacén anexo a la planta, la biomasa estará 2 o 3 días, asegurando así la alimentación de la caldera en caso de imprevistos que impidan el suministro desde

los CRABs, como huelgas de transporte, climatología adversa o incendios. Como ya se ha explicado en el punto 4.1., la planta necesita para su funcionamiento 18.524,4 Mcal/h, que divididas por un PCI promedio de la biomasa de 3.700 Mcal/t suponen **5 t/h** de biomasa.

Como se verá en el siguiente punto, la densidad media de todos los tipos de biomasa a almacenar se estima en 166 kg/m<sup>3</sup>, por lo que el dimensionamiento del almacén de la planta para el caso más desfavorable de 4 días será de 1.205 m<sup>3</sup>. Si se considera una nave con una altura de 5 m, el área de dicha nave será de 241 m<sup>2</sup>, que supone una planta de 15x16 m.

En los CRABs la permanencia de la biomasa será función de los flujos de entrada y salida en los mismos, asegurando un secado de la misma. Así mismo, los flujos de salida de los CRABs serán los mismos que los de entrada en la planta, presentando una flexibilidad de 2 o 3 días, lo que supone 5 t/h x 10 h/día = 50 - 150 t/día.

El flujo de entrada se tratará que sea lo más constante posible, a pesar de la estacionalidad de los recursos. Los restos forestales se pueden considerar más o menos constantes en el año, teniendo en cuenta los periodos de secado en el monte, mientras que las labores de mantenimiento (desbroces, limpiezas, podas...) se realizan a lo largo de todo el año. La cantidad de biomasa forestal se acumulará totalmente en los CRABs durante los 6 meses de recogida, mientras que los otros 6 meses, correspondientes al invierno y los periodos de lluvia, el flujo de entrada en los mismos será nulo, evitando así recoger material demasiado húmedo.

Sin embargo los restos agrícolas debido a la facilidad con la que absorben la humedad ambiente y a que son considerados un subproducto por los agricultores deberán ser recogidos al poco tiempo de ser producidos.

También se tendrá en cuenta el período de mantenimiento de la planta, que supone que una vez al año, durante aproximadamente un mes no produce energía térmica, por lo que los flujos de salida de los CRABs serán nulos.

#### **5.6.4. Planteamiento de alternativas**

---

La planta de biomasa se ubicará en Valladolid junto al edificio Sofía, con el objetivo de minimizar las pérdidas de energía, al situarlo junto a las instalaciones de la Uva

que presentan un mayor consumo de energía. Además las infraestructuras en la zona son suficientes como para lograr un correcto suministro a la planta.

Las alternativas se plantean a la hora de elegir el número y la ubicación de los almacenes intermedios con los que se quiere garantizar un suministro constante a la planta.

Por razones de seguridad ante las consecuencias de un posible incendio en la planta, se decide instalar uno o varios almacenes intermedios o CRABs para acopiar la biomasa y asegurar el suministro en la planta. Los CRAB's son almacenes independientes de la planta, en la cual ya existe una zona para el almacenamiento de la biomasa entrante.

El paso siguiente supone determinar el número de CRAB's. Se podrían colocar 1, 2 o hasta 3, según los cálculos de los potenciales, pero la construcción de 3 implica un aumento de los costes de instalación y mantenimiento (Sánchez Gatón, 2004), por lo que es una opción a desestimar. Un posterior estudio en profundidad nos dará la solución más óptima.

Para facilitar el proceso de elección de alternativas primero se han seleccionado los municipios de la zona de Valladolid con mayor potencial biomásico y que pueden ofrecer la cantidad de residuos de biomasa que precisa la futura central. De esta forma se obtienen aquellos municipios con un potencial de generar biomasa superior a 5.000 t/año, un total de 88 municipios, sobre los que se analizarán dos alternativas:

- Alternativa 1: Un almacén en la planta y un CRAB.
- Alternativa 2: Un almacén en la planta y dos CRABs.

Para la optimización del proceso de abastecimiento a la planta hay que minimizar la suma de todas las distancias desde los 88 municipios seleccionados hasta la ubicación desconocida del CRAB. Para ello se han obtenido las coordenadas de los centros geométricos de los municipios, para después plantear una función suma de las distancias desde las coordenadas municipales, hasta el punto de localización de los almacenes intermedios de la planta (supuesto  $X_i$  e  $Y_i$ ), que se minimizará mediante la función Solver de la hoja de cálculo Excel.

$$\sum m_i \cdot \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$$

Siendo:

- $m_i$ : número de toneladas por año de biomasa potencial en cada municipio.
- $x_i$ : coordenada x del centroide de cada municipio.
- $y_i$ : coordenada y del centroide de cada municipio.

Mediante este cálculo se obtiene un punto de coordenadas X,Y, que corresponderá a la localización más óptima de los almacenes para cada una de las alternativas que se plantean.

Una vez localizada la ubicación de la planta y los almacenes intermedios habrá que considerar el resto de factores que influyen en sus ubicaciones reales.

#### 5.6.4.1. Alternativa 1: Un almacén en la planta y un CRAB.

Esta alternativa considera la colocación de un único almacén intermedio que acopie toda la biomasa para abastecer a la planta, y se ubicará en las cercanías de los municipios que más biomasa pueden aportar. La existencia de un solo CRAB supone riesgo de interrupción del proceso de abastecimiento ante el peligro de un posible incendio.

La tabla 6 muestra los 88 municipios seleccionados con los que se calcula la ubicación del CRAB en la alternativa 1.

CODMUN	MUNICIPIO	MASA (t/año)	CODMUN	MUNICIPIO	MASA (t/año)
47011	Ataquines	253.044,39	47123	Pozal de Gallinas	8.837,52
47013	Barcial de la Loma	12.931,40	47124	Pozaldez	15.759,11
47014	Barruelo	17.339,46	47125	Pozuelo de la Orden	13.116,84
47016	Benafarces	21.328,11	47126	Puras	17.596,73
47017	Bercero	15.579,75	47129	Quintanilla de Onésimo	15.152,17
47019	Berrueces	5.224,12	47131	Rábano	19.628,12
47020	Bobadilla del Campo	33.094,59	47132	Ramiro	42.541,74
47021	Bocigas	17.136,05	47137	Roturas	15.063,31
47022	Bocos de Duero	7.114,90	47138	Rubí de Bracamonte	17.083,50
47023	Boecillo	27.053,18	47139	Rueda	18.879,65
47025	Brahojos de Medina	44.402,15	47143	San Llorente	15.441,65
47030	Campaspero	36.586,06	47143	San Llorente	20.323,23
47033	Canalejas de Peñafiel	6.128,07	47145	San Miguel del Arroyo	7.553,29
47035	Carpio	77.355,86	47148	San Pedro de Latarce	11.830,78

47036	Casasola de Arión	6.862,56	47150	San Román de Hornija	5.241,11
47038	Castrillo de Duero	21.868,14	47151	San Salvador	27.049,96
47044	Castronuevo de Esgueva	10.643,88	47152	Santa Eufemia del Arroyo	18.455,31
47047	Castroverde de Cerrato	190.436,12	47154	Santibáñez de Valcorba	9.219,70
47049	Cervillego de la Cruz	27.559,69	47157	Sardón de Duero	6.864,05
47053	Cogeces de Iscar	5.062,39	47163	Tiedra	13.444,62
47056	Corrales de Duero	21.607,01	47165	Tordesillas	5.474,28
47058	Cuenca de Campos	52.838,06	47166	Torrezilla de la Abadesa	13.566,21
47059	Curiel	16.949,44	47168	Torrezilla de la Torre	22.559,73
47067	Fuente el Sol	10.993,02	47171	Torrelobatón	8.304,17
47071	Geria	6.285,60	47171	Torrelobatón	10.296,66
47074	Hornillos	19.023,42	47173	Traspinedo	7.636,17
47075	Íscar	30.846,46	47175	Tudela de Duero	8.418,37
47080	Manzanillo	7.164,13	47181	Valdenebro de los Valles	7.036,65
47089	Melgar de Arriba	26.495,97	47182	Valdestillas	7.305,14
47092	Montealegre	17.557,41	47186	Valladolid	7.953,51
47093	Montemayor de Pililla	6.385,20	47188	Vega de Valdetronco	6.502,73
47096	Morales de Campos	16.862,37	47189	Velascálvaro	6.991,09
47097	Mota del Marqués	26.309,16	47191	Velliza	16.074,97
47100	Muriel	8.073,02	47193	Viana de Cega	17.205,37
47101	Nava del Rey	12.388,56	47194	Viloria	15.379,10
47102	Nueva Villa de las Torres	135.974,86	47208	Villagámez la Nueva	26.408,78
47103	Olivares de Duero	19.036,31	47213	Villalbarba	31.633,17
47104	Olmedo	27.405,09	47216	Villón de Tordesillas	6.028,09
47105	Olmos de Esgueva	6.916,84	47220	Villanueva de Caballeros	29.781,98
47112	Pedrajas de S Esteban	7.176,12	47222	Villanueva de San Mancio	11.000,93
47113	Pedrosa del Rey	12.879,30	47225	Villasexmir	5.798,18
47114	Peñafiel	9.047,89	47227	Villavellid	174.696,14
47121	Pollos	19.230,11	47231	Zaratán	6.026,36
47122	Portillo	7.884,03	47232	La Zarza	67.403,83
<b>TOTAL</b>					<b>2.200.644,28</b>

Tabla 6: Municipios seleccionados para las alternativas 1 y 2. Fuente: CARTIF.

La imagen 9 muestra los municipios seleccionados:

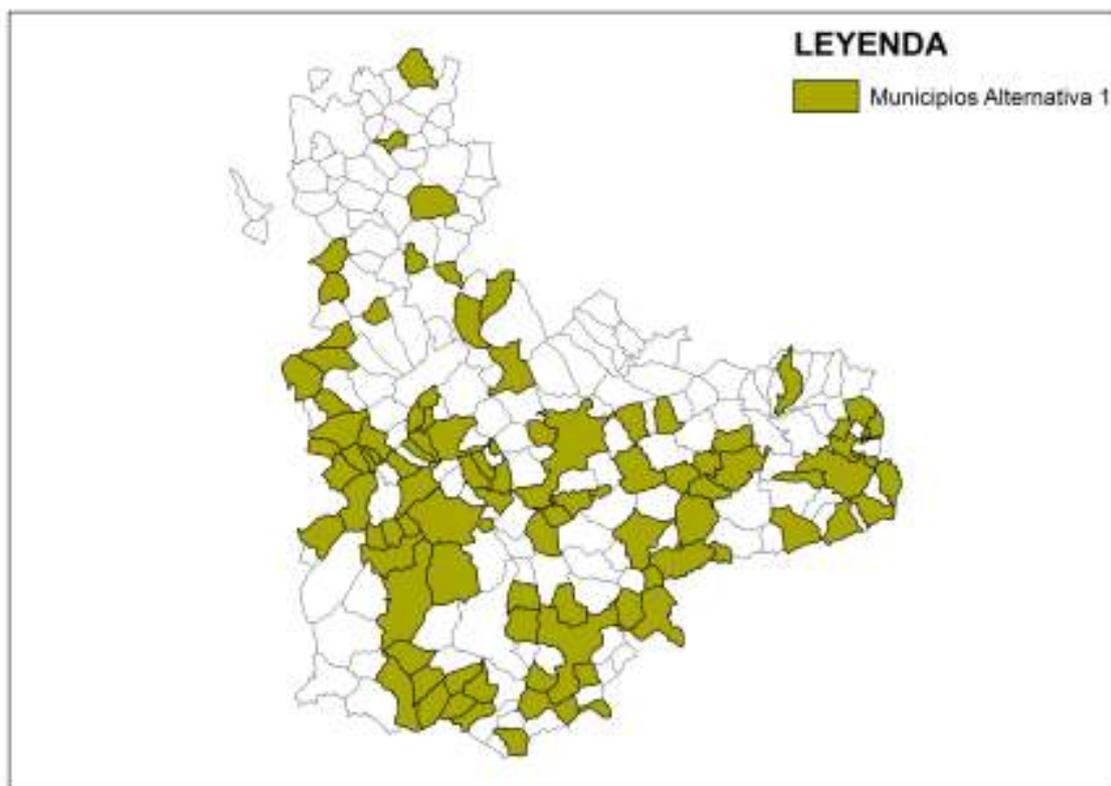


Imagen 9: Municipios seleccionados con un potencial biomásico superior a 5.000 t/año. Fuente: elaboración propia.

Se opera como se ha descrito anteriormente minimizando la distancia entre los centroides de los municipios y la ubicación del CRAB, obteniéndose las siguientes coordenadas (tabla 7):

ALTERNATIVA 1		
COORD	PLANTA	CRAB
X	358.105	344.858
Y	4.613.796	4.589.451

Tabla 7: Coordenadas de la planta y el CRAB para la alternativa 1. Fuente: Elaboración propia.

Las coordenadas del CRAB corresponden al término municipal de Ventosa de la Cuesta, con código INE 47192. Su localización se muestra en la imagen 10.

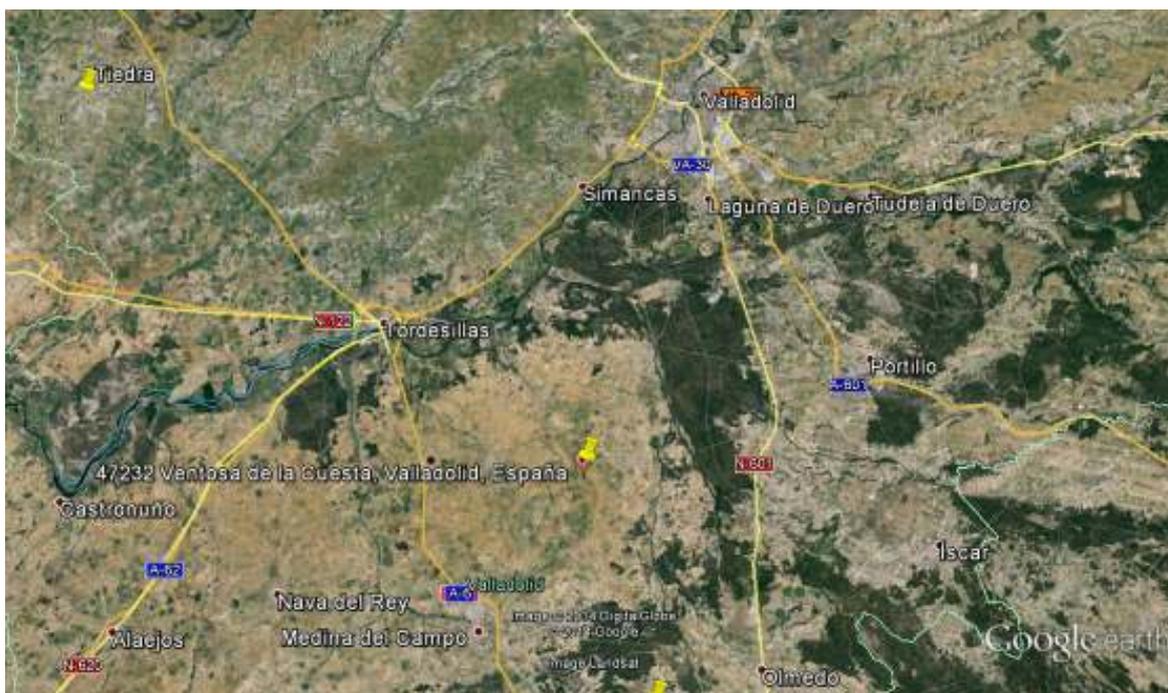


Imagen 10: Localización de Medina del Campo. ALternativa 1. Fuente: Google Earth.

En el almacén se debe realizar una labor de mantenimiento y control de los elementos que lo componen y del residuo almacenado. Al tratarse de un solo CRAB, deberá dimensionarse para dar servicio a toda la biomasa necesaria para la planta durante un año.

Ya se ha visto anteriormente que la planta está previsto que trabaje 1.780 h con un consumo medio de 5 t/h, lo que supone que el CRAB debe poder albergar 8.900 t de biomasa con una densidad de  $166 \text{ kg/m}^3$ , con un volumen total de  $53.615 \text{ m}^3$ . Si se supone una altura del almacén de 10 m, entonces necesitará de una superficie de  $5.361 \text{ m}^2$  (73m x 73 m).

Además se requiere una edificación anexa dedicada a oficinas para la gestión y control del CRAB, mantenimiento, recepción y servicios, que ocupará una superficie de  $150 \text{ m}^2$ .

#### 5.6.4.2. Alternativa 2: Un almacén en la planta y dos CRABs.

La segunda alternativa divide la zona en dos subzonas con superficies similares, separadas por un eje imaginario noreste - suroeste. La planta y su almacén se ubican Valladolid y los dos CRAB en las otras subzonas.

ALTERNATIVA 2			
ZONA DEL CRAB 1		ZONA DEL CRAB 2	
COD INE	MUNICIPIO	COD INE	MUNICIPIO
47013	Barcial de la Loma	47011	Ataquines
47014	Barruelo	47020	Bobadilla del Campo
47016	Benafarces	47021	Bocigas
47017	Bercero	47022	Bocos de Duero
47019	Berrueces	47025	Brajos de Medina
47023	Boecillo	47030	Campaspero
47036	Casasola de Arion	47033	Canalejas de Penafiel
47058	Cuenca de Campos	47035	Carpio
47071	Geria	47038	Castrillo de Duero
47089	Melgar de Arriba	47044	Castronuevo de Esgueva
47092	Montealegre	47047	Castroverde de Cerrato
47096	Morales de Campos	47049	Cervilego de la Cruz
47097	Mota del Marques	47053	Cogeces de Iscar
47101	Nava del Rey	47056	Corrales de Duero
47113	Pedrosa del Rey	47059	Curiel
47121	Pollos	47067	Fuente el Sol
47125	Pozuelo de la Orden	47074	Hornillos
47139	Rueda	47075	Isca
47148	San Pedro de Latarce	47080	Manzanillo
47150	San Roman de Hornija	47093	Montemayor de Pililla
47151	San Salvador	47100	Muriel
47152	Santa Eufemia del Arroyo	47102	Nueva Villa de las Torres
47163	Tiedra	47103	Olivares de Duero
47165	Tordesillas	47104	Olmedo
47166	Torrecilla de la Abadesa	47105	Olmos de Esgueva
47168	Torrecilla de la Torre	47112	Pedrajas de San Esteban
47171	Torrelobaton	47114	Penafiel
47181	Valdenebro de los Valles	47122	Portillo
47182	Valdestillas	47123	Pozal de Gallinas
47186	Valladolid	47124	Pozaldez
47188	Vega de Valdetronco	47126	Puras
47191	Velliza	47129	Quintanilla de Onesimo
47193	Viana de Cega	47131	Rabano
47208	Villagomez la Nueva	47132	Ramiro
47213	Villalbarba (Villafeliz)	47137	Roturas (Castellares)
47216	Villan de Tordesillas	47138	Rubi de Bracamonte
47220	Villanueva de los Caballeros	47143	San Llorente
47222	Villanueva de San Mancio	47145	San Miguel del Arroyo
47225	Villasexmir	47154	Santibanez de Valcorba
47227	Villavellid	47157	Sardon de Duero

47231	Zaratan	47173	Traspinedo
		47175	Tudela de Duero
		47189	Velascalvaro
		47194	Viloria
		47232	La Zarza

Tabla 8: División de municipios por zonas en la alternativa 2. Fuente: elaboración propia.

La imagen 11 muestra las dos subzonas para las cuales se calculará la ubicación de los CRABs correspondientes.

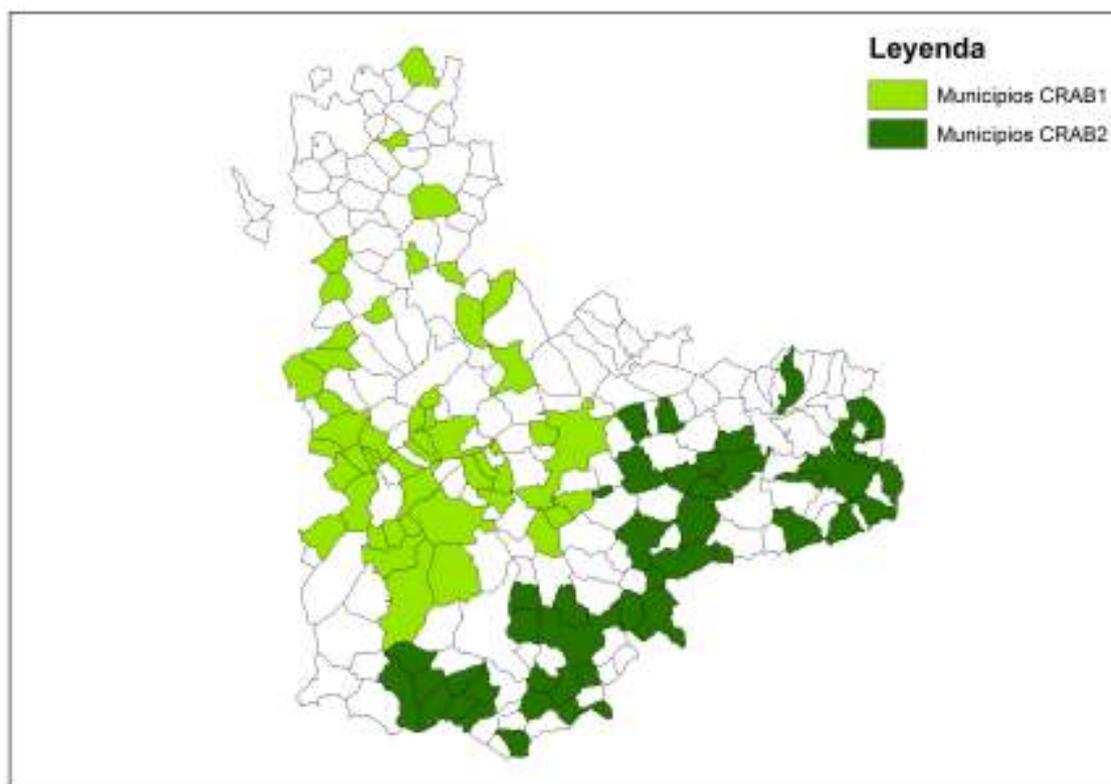


Imagen 11: Subzonas de la alternativa 2 para el cálculo de las coordenadas de los CRABs.

Se opera como en el caso de la alternativa 1, buscando el emplazamiento óptimo para cada una de las dos subzonas, siendo el resultado el expuesto en la tabla 9:

ALTERNATIVA 2		
COORD	PLANTA	CRAB
X	317264	351853
Y	4617647	4570143

Tabla 9: Coordenadas UTM para la ubicación de dos CRABs en la alternativa 2.

El CRAB 1 se localiza en el Municipio de Tiedra con código INE: 47163 (Imagen 12), mientras que el CRAB 2 lo hará en el municipio de La Zarza, de código INE 47232 (imagen 13).

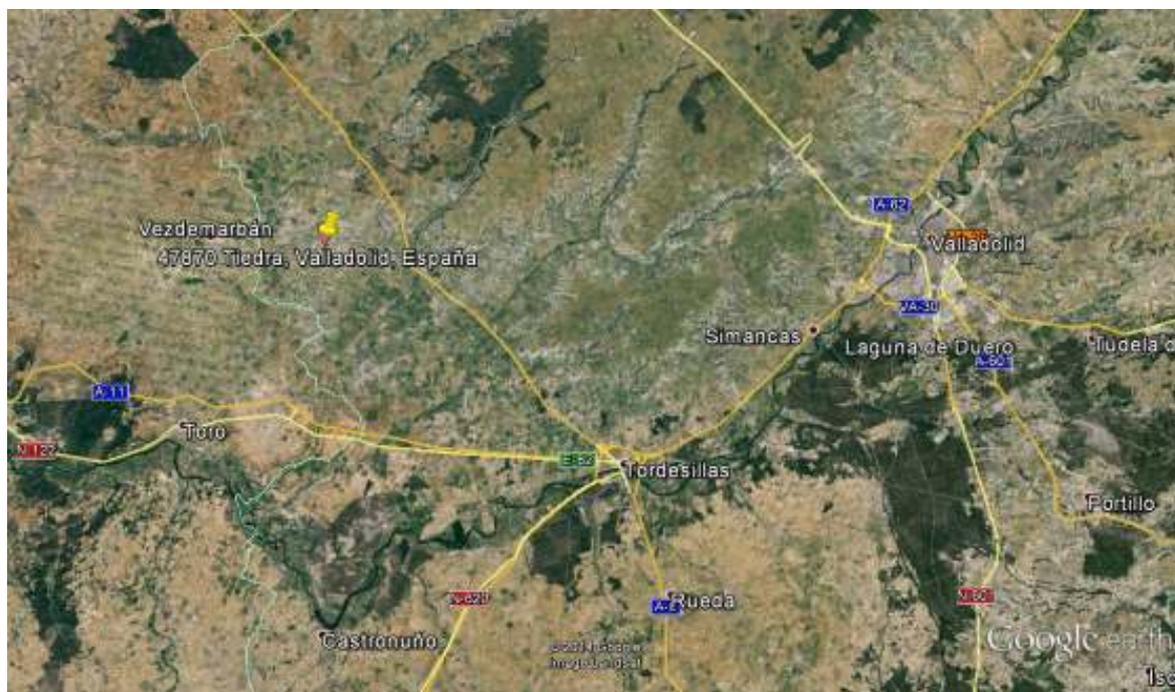


Imagen 12: Localización del municipio de Tiedra. ALternativa 2. Fuente: Google Earth.

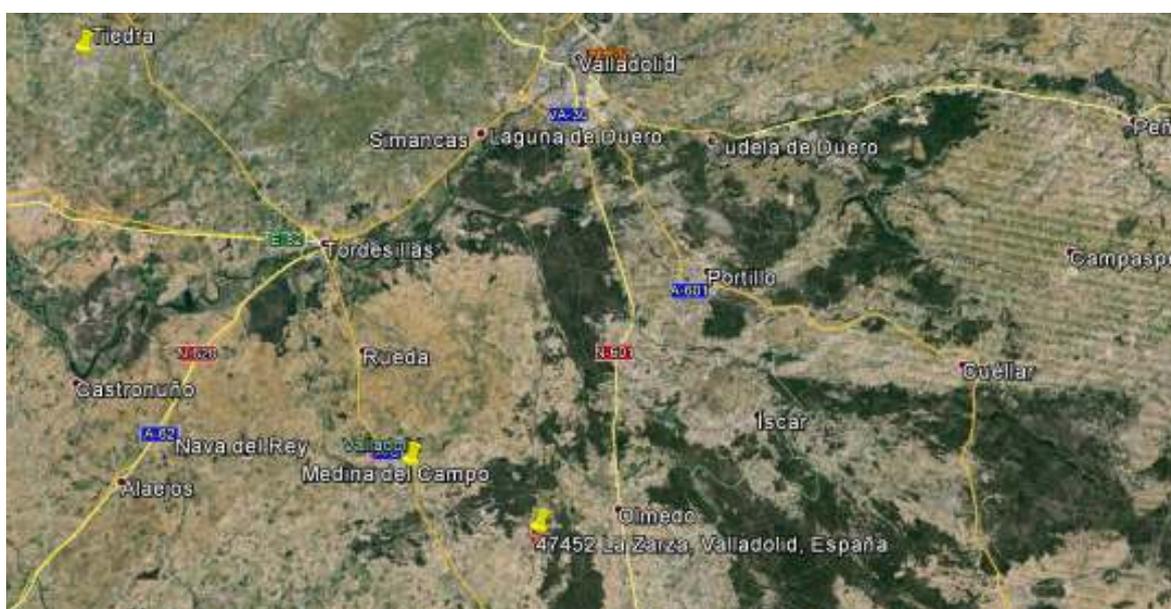


Imagen 13: Municipio de La Zarza. ALternativa 2. Fuente Google Earth.

Anteriormente en este mismo punto se ha comentado que en el caso de un solo almacén, este tendrá que almacenar la totalidad de biomasa que necesita la planta: 8.900 t, por lo que en el caso de dos almacenes, y dado que en las dos subzonas disponen de

biomasa más que suficiente para suministrar a los almacenes, se puede optar por dos almacenes de iguales dimensiones para albergar cada uno un cantidad de 4.450 t. De nuevo, suponiendo una densidad media de  $166 \text{ kg/m}^3$ , cada CRAB deberá tener una capacidad de  $27.108 \text{ m}^3$ , y si se plantean dos almacenes de 10 m de altura cada uno, deberán tener una superficie de  $2.710 \text{ m}^2$ , unos  $45 \times 60 \text{ m}$ .

#### 5.6.4.3. Ubicaciones para las dos alternativas.

Tras realizar los oportunos cálculos ayudados por la herramienta informática Excel y su función Solver, las coordenadas de localización de los CRABs para las dos alternativas se encuentran en la tabla 10.

	ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2		
COORD	PLANTA	CRAB	PLANTA	CRAB 1	CRAB 2
X	358105	344858	358105	317264	351853
Y	4613796	4589451	4613796	4617647	4570143
MUNICIPIO	Valladolid	Ventosa de la Cuesta	Valladolid	Tiedra	La Zarza

Tabla 10: Coordenadas UTM de localización de la planta y los CRABs para las dos alternativas. Fuente: elaboración propia.

La Imagen 14 muestra la localización de los CRABs y la planta para cada una de las alternativas.

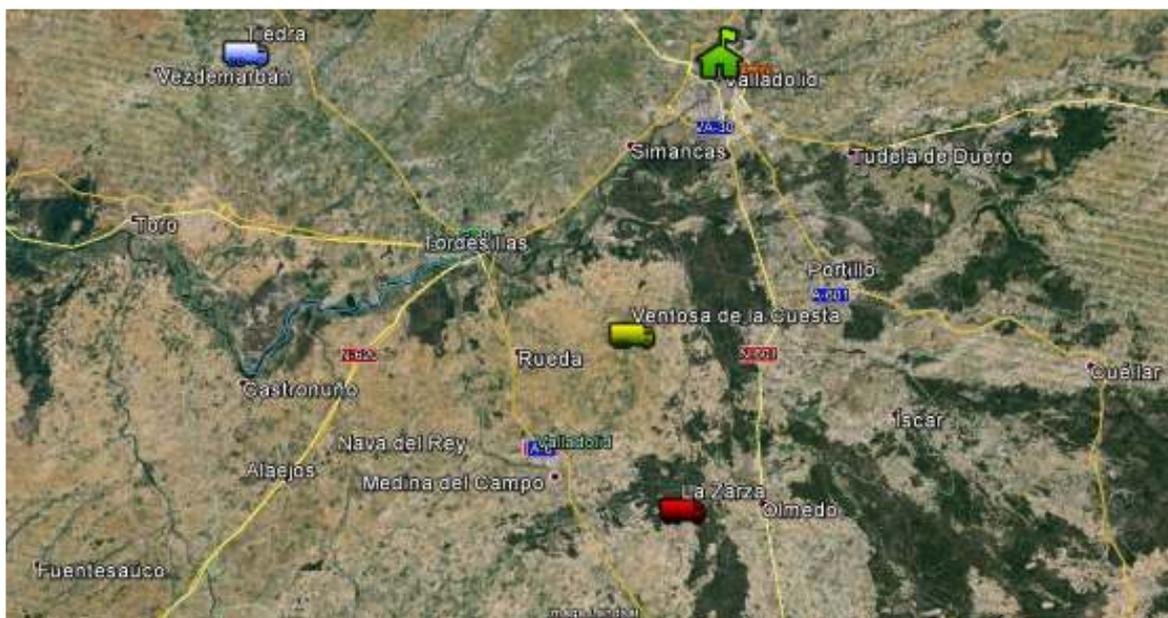


Imagen 14: Localización espacial de las alternativas: Ventosa de la Cuesta (Alt. 1); Tiedra (CRAB1) y La Zarza (CRAB2) para la alternativa 2. Fuente: Google Earth.

#### 5.6.4.4. Selección de la alternativa.

De cara a elegir la mejor alternativa se van a comparar los costes derivados del transporte para las dos alternativas. Estos resultados son analizados e interpretados con ayuda de criterios propios de decisión, y una vez abordada se estudia con más profundidad la solución seleccionada, adecuándola a la situación real y concreta de la planta a instalar.

En el punto 5.7. Cálculo de los Costes de transporte se analizan los gastos que suponen transportar toda la biomasa explotable en los municipios seleccionados para cada una de las dos alternativas, cuyo valor económico se recoge en la tabla 11.

COMPARACION DE ALTERNATIVAS	
ALTERNATIVA 1	18.013.726,41
ALTERNATIVA 2	17.657.880,81

Tabla 11: Comparativa económica en euros del coste de transporte de toda la biomasa explotable en la totalidad de los municipios seleccionados. Fuente: elaboración propia.

La alternativa 2 supone un coste inferior en 355.845,60 € lo cual es un factor importante a la hora de decantarse por ella. Además, se tiene en cuenta el lucro cesante que se produciría en caso de incendio del CRAB de Ventosa de la Cuesta (alternativa 1), que provocaría unos daños muy costosos en cuanto a energía no suministrada a los edificios de la UVA, Ayuntamiento de Valladolid y Junta de Castilla y León, además de los costes que se generarían por el alquiler de otra nave para suplir a la quemada.

Se concluye que la mejor opción es la alternativa 2: instalar dos almacenes intermedios CRABs como máximo y de dimensiones similares, de forma que si uno de ellos se incendia o sufre cualquier percance, el otro podrá abastecer a la planta durante 6 meses, tiempo suficiente para abastecer a la planta.

Por otra parte se debe remarcar que se está estudiando el transporte de 2.176.898,46 t de biomasa, lo cual no es real en este caso, puesto que la planta necesita un suministro de 8.900 t al año, una cantidad muy inferior a la estudiada.

De esta forma se repite el análisis de costes buscando en cada alternativa los municipios más cercanos a la ubicación del almacén, y considerando un transporte total de 8.900 t de biomasa desde los puntos de recogida hasta el CRAB correspondiente, y desde el CRAB hasta la planta. En la tabla 12 se observa que los municipios que intervienen en el

proceso son muy pocos, sin embargo habrá que tener en cuenta el resto de municipios estudiados, ya que la biomasa explotable en un determinado municipio puede ser difícil de obtener en un momento dado, o bien se puede optar por ampliar la capacidad de la planta, por lo que habrá que contar con la biomasa del resto de municipios por orden de cercanía.

COD MUN	MUNICIPIO	t TOTAL	km TOTAL	TIPO	€/h	km/h	t/viaje	COSTE
47182	Valdestillas	7305,00	9,42	Tractor	36	60	8	10.318,29
47124	Pozaldez	1595,00	10,08	Camión	36	60	14	1.378,14
47192	Ventosa de la Cuesta-Planta	8900,00	45,00	Camión	36	60	14	34.328,57
<b>COSTES TOTALES ALTERNATIVA 1</b>								<b>46.025,00</b>
47163	Tiedra	4450,00	7,61	Tractor	24	40	8	5.080,81
47232	La Zarza	4450,00	0,01	Tractor	24	40	8	7,95
47163	Tiedra-Planta	4450,00	57,90	Camión	36	60	14	22.084,71
47232	La Zarza-Planta	4450,00	56,50	Camión	36	60	14	21.550,71
<b>COSTES TOTALES ALTERNATIVA 2</b>								<b>48.724,18</b>

Tabla 12: Comparativa económica de los costes de transporte para las dos alternativas. Fuente: elaboración propia.

La diferencia entre ambas alternativas es de 2.699,18 € a favor de la alternativa 1, pero aludiendo de nuevo a la posibilidad de incendio continua siendo mejor la segunda alternativa.

### 5.6.5. Características de los transportes.

Se parte de la hipótesis de que la biomasa se encuentra ubicada en los centroides hallados para cada municipio mediante el programa ArcGis, independientemente de cuál sea su origen.

La elección del medio de transporte (camiones, tractores, remolques) depende de la cantidad de biomasa que se vaya a recoger, y de las distancias, que aunque sean pequeñas, están a su vez condicionadas por el número de viajes a realizar. Bajo los anteriores condicionantes surgen dos alternativas: transporte largo o corto.

El transporte largo se utilizará para distancias mayores de 100 km, que en el caso de la provincia de Valladolid es difícil que se den, y sigue una política de transporte individual de especies de biomasa. Esta alternativa presenta un menor coste en el alquiler del camión independientemente de las horas de uso, pero supone una pérdida de rentabilidad si no se consigue llenar el camión.

El transporte corto se utiliza en distancias menores de 100 km., y se divide en dos tipos: camiones y tractores, estos últimos para distancias menores de 10 km y pendientes superiores al 6%. Habría que analizar además el número de cabezas tractoras y remolques que harán falta para agilizar los tiempos de espera entre carga y descarga.

Dada la distribución de los municipios y la superficie total de la zona, se optará por el transporte corto en sus dos modalidades. Se escogerá entre dos tipos de recogida posible, sólo con camión, o con camión y tractores. La diferencia está en el coste por km y dependerá de la ubicación de los CRABs, ya obtenida anteriormente.

La tabla 13 muestra las características de ambos tipos de transporte:

	CAPACIDAD DE CARGA (t)	PRECIO (€/h)	VEL MEDIA (km/h)
CAMION	14	36	60
TRACTOR	8	24	40

Tabla 13: Características de los medios de transporte. Fuente: Fernández, 2005.

En el caso de los camiones los costes del transporte dependen del tiempo de disponibilidad de los mismos, y está influenciado por la velocidad en el trasiego desde el CRAB a la planta. Dichos costes han sido contrastados con los datos de la aplicación informática ACOTRAM (Ministerio de Fomento, 2014).

#### 5.6.6. Cálculo de las distancias

En un principio no se conoce con exactitud la distancia a recorrer por carreteras, caminos y pistas forestales para llegar hasta los puntos de recogida de la biomasa. Estos puntos dependerán del tipo de biomasa, que puede encontrarse en una zona más o menos llana y adecuadamente empacada, o bien esparcida por una zona forestal con pendiente y árboles en pie.

En el caso de especies agrícolas se presupone que habrá una recogida y empacado previos realizado por el agricultor, por lo que sólo se tendrá en cuenta la distancia de transporte desde el punto de recogida hasta el punto final.

Para el caso de biomasa forestal, se va a considerar por una parte la distancia de recogida desde los puntos de recolección hasta un punto de acumulación junto a una pista, y por otra parte la distancia de transporte desde dicho punto de acumulación hasta su punto de destino (CRAB o planta).

Para facilitar el cálculo de estas distancias se plantean una serie de hipótesis.

- A nivel de municipio se supondrá que toda la masa se encuentra en un único punto de acumulación, que será el centroide.
- Mediante Excel se obtendrán las distancias relativas existentes entre los centroides, los CRABs y la planta. Como estas distancias no son reales, se modificarán con unos factores de corrección para reflejar los tramos de carretera y pistas no tenidas en cuenta.

#### **5.6.6.1. Factores de corrección de la distancia.**

Estos factores se verán influenciados por la geografía, el tamaño del municipio y la distribución de las carreteras principales. Sin embargo la provincia de Valladolid se caracteriza por tener pendientes bajas salvo en las faldas de los cerros, y una buena red de pistas agrícolas, forestales y carreteras, por lo que se decide aplicar un factor de corrección general del 30% para corregir el hecho de que las distancias se están midiendo desde los centros geográficos como líneas rectas.

Los resultados obtenidos se muestran en el punto 6.3. Cálculo de las distancias (tablas 25, 26 y 27).

## **5.7. CALCULO DE LOS COSTES**

---

Tras considerar todos los factores que intervienen en la recogida del residuo y en su transporte hasta la planta, se ha decidido equiparar os distintos tipos de residuo a recoger (forestales, paja de cereales, cañote de maíz y girasol) en cuestión de costes relativos de tratamiento y transporte. La facilidad de recogida en terreno y la maquinaria disponible que se empleará para ello son factores muy similares, por lo que el coste relativo de cada uno de ellos es muy parecido.

Una vez obtenidos los datos de distancia, se elige el medio de transporte en función de los km a recorrer por el mismo. Se ha establecido que para distancias menores de 10 km se utilizará un tractor, con una capacidad de carga de 8 t, mientras que para las distancias mayores de 10 km la biomasa será transportada en camión, con una capacidad de 14 t. Los costes de cada medio y su velocidad media se especifican en la tabla 13.

El número total de transportes a realizar se calcula dividiendo la masa total a transportar entre la capacidad del tractor o del camión. Como se consideran velocidades medias y se ha estimado un coste por hora promedio ya que el viaje de ida se realiza cargado, pero el de vuelta va descargado, se multiplicará el resultado por dos (ida y vuelta)

Por otra parte, el coste de cada viaje resulta de dividir la distancia entre la velocidad media, multiplicado a su vez por el coste horario del medio de transporte:

$$\text{Coste de 1 viaje} = D_i / V * C$$

Siendo:

- $D_i$ : distancia corregida desde los municipios hasta el CRAB correspondiente, o desde el CRAB a la planta, en km.
- $V$ : velocidad media del medio de transporte en km/h
- $C$ : coste horario del medio de transporte en €/h

Por último, el coste del transporte se obtendrá tras multiplicar el número de viajes por el coste de cada viaje. Estos costes se encuentran recogidos en las tablas 26 a 30 en el capítulo de cálculos. A estos costes de transporte desde cada municipio a su lugar preasignado de descarga, hay que añadir los costes de transporte de la biomasa desde el CRAB a la planta, como se puede ver en las tablas 14 y 15.

ALTERNATIVA 1		
ORIGEN	DESTINO	COSTE
MUNICIPIOS	CRAB	9.617.118,06
CRAB	PLANTA	8.396.608,35
<b>TOTAL</b>		<b>18.013.726,41</b>

Tabla 14: Costes totales para la alternativa 1.

ALTERNATIVA 2		
ORIGEN	DESTINO	COSTE
MUNICIPIOS	CRAB1	2.076.170,70
MUNICIPIOS	CRAB2	4.942.037,98
CRAB 1	PLANTA	4.022.555,93
CRAB 2	PLANTA	6.617.116,21
<b>TOTAL</b>		<b>17.657.880,81</b>

Tabla 15: Costes totales para la alternativa 2.

Tal y como se explicó en el punto 5.6.4.4., siendo los dos costes bastante parecidos e incluso menor en la alternativa 2, es más interesante la segunda alternativa, pues no hay que olvidar que se pretende almacenar combustible, y un posible incendio en un único almacén puede provocar una parada del proceso productivo de la planta de biomasa, con las consecuencias económicas para la UVa, Ayuntamiento y Junta de Castilla y León, y de malestar de los usuarios de la red de calor, mientras que en el caso de existir dos almacenes intermedios, uno de ellos puede seguir suministrando la biomasa necesaria a la planta, en tanto que se procede a la reparación del CRAB dañado y a su suministro. De esta forma se opta como alternativa idónea la segunda, que localiza dos CRABs en las coordenadas indicadas en las tablas 16 y 17.

ALTERNATIVA 2			
COORD	PLANTA	CRAB 1	CRAB 2
X (UTM)	358.105	317.264	351.853
Y (UTM)	4.613.796	4.617.647	4.570.143
MUNICIPIO	Valladolid	Tiedra	La Zarza

Tabla 16: Alternativa elegida para ubicar la planta y los CRABs en coordenadas UTM. Fuente: elaboración propia.

ALTERNATIVA 2			
COORD	PLANTA	CRAB 1	CRAB 2
X	41,66	41,69	41,27
Y	-4,70	-5,20	-4,77
MUNICIPIO	Valladolid	Tiedra	La Zarza

Tabla 17: Alternativa elegida para ubicar la planta y los CRABs en coordenadas geográficas. Fuente: elaboración propia.

Una vez obtenidas estas coordenadas teóricas será necesario ajustar la posición de la planta y los CRAB a puntos cercanos tanto a carreteras como a corrientes de agua. En la imagen 15 se puede ver los municipios en los que se ubicarán la planta y los CRABs.

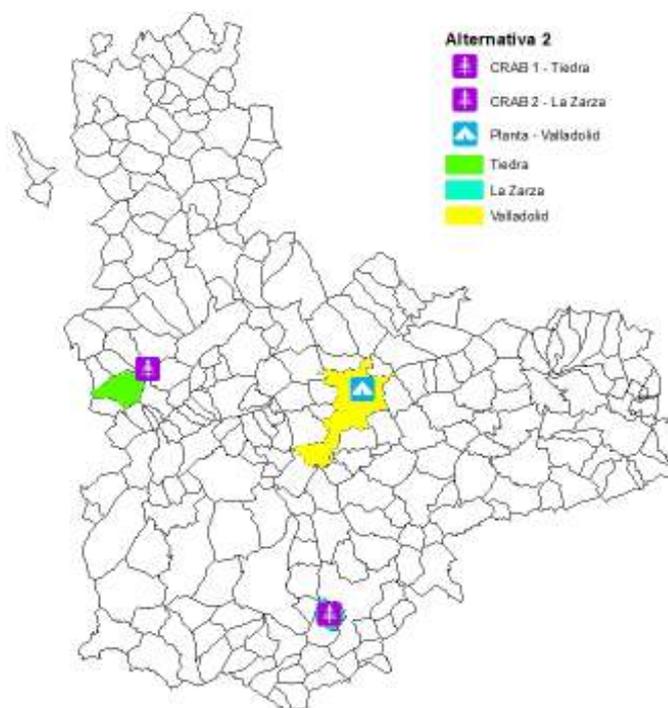


Imagen 15: Municipios de la alternativa dos con la ubicación de los CRABs y planta de biomasa.

La ruta a realizar por los camiones desde el CRAB 1 hasta la planta se representa en la imagen 16:

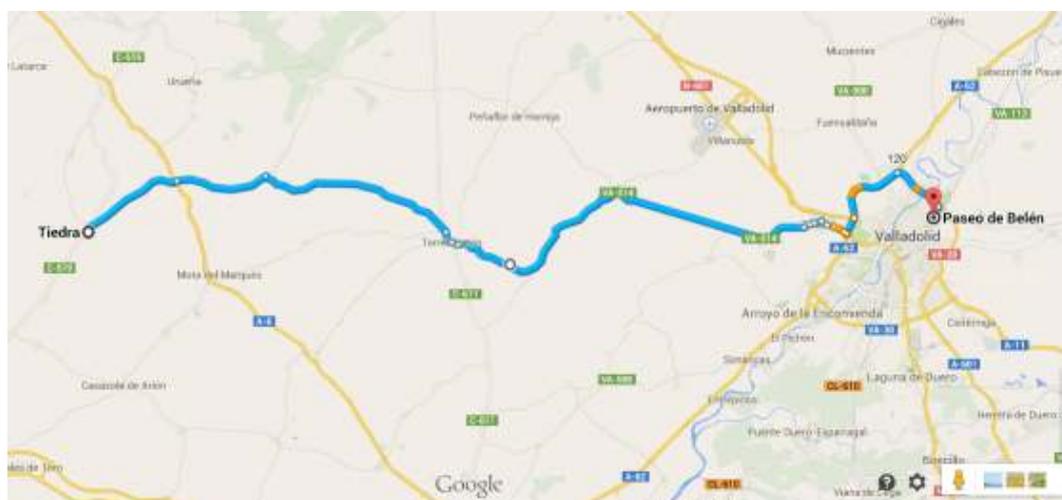


Imagen 16: Ruta óptima CRAB 1 (Tiedra) - planta de biomasa (57,9 km). Fuente: Google Maps.

Mientras que la distancia a recorrer desde el CRAB2 hasta la planta se muestra en la imagen 17.

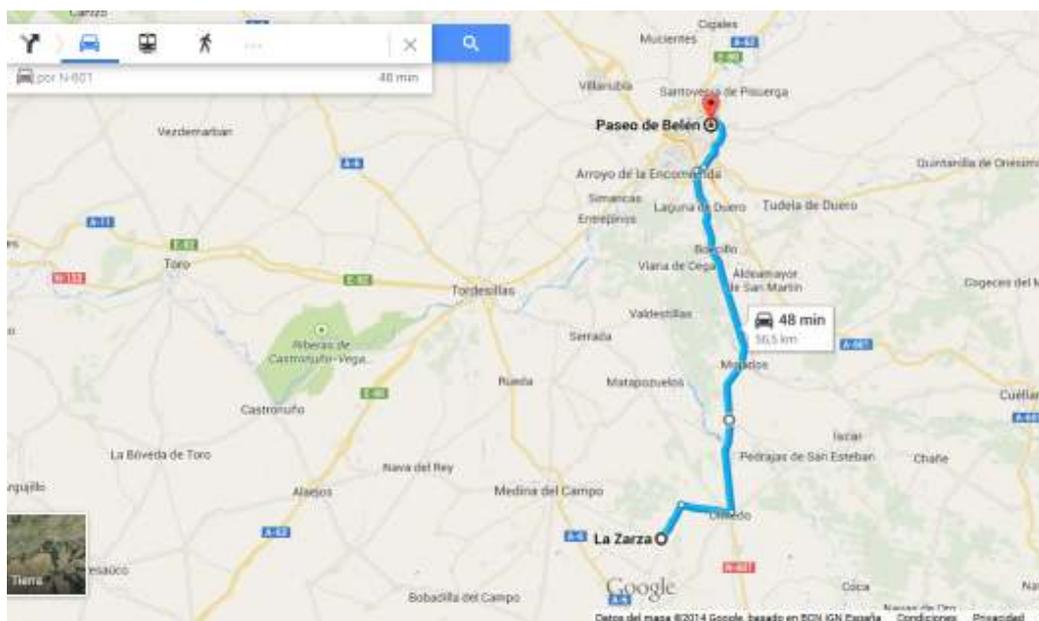


Imagen 17: Ruta óptima del CRAB 2 (La Zarza) -Planta biomasa (56,5 km). Fuente: elaboración propia.

---

## 6. CALCULOS

---

### 6.1. INTRODUCCION

---

En el presente capítulo se detallan los cálculos realizados para la determinación numérica de una serie de parámetros que facilitarán la elección de la alternativa más idónea de entre las planteadas en el apartado 5.6.4. Planteamiento de alternativas.

Para cada una de las alternativas se calculan las coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) de las posibles ubicaciones de los CRABs.

### 6.2. CALCULO DE LAS COORDENADAS

---

La metodología de cálculo para ubicar de forma óptima la localización de los CRABs se ha realizado a través del modelo matemático de optimización por mínimos cuadrados. Este modelo asume como incógnitas las coordenadas X e Y de la localización exacta que optimiza en transporte de la biomasa desde los puntos de recogida hasta el destino considerado. Se pretende que la suma de los km recorridos por los camiones que transportan la biomasa sea el menor posible, y esto depende del destino de los trayectos.

El método de optimización por mínimos cuadrados pondera el peso relativo de cada una de las fuentes del recurso para ubicar el punto óptimo, es decir, el punto (X, Y) está más cercano a las fuentes con más recurso, pues la cantidad de residuo a transportar es mayor, resultando el coste unitario de transporte menor. Podría considerarse el punto (X, Y) como el centro de gravedad equivalente a un conjunto de masas puntuales ideales con pesos iguales a la cantidad de residuo aportado por cada una de ellas.

Ya se comentó anteriormente cómo se habían obtenido los centroides de los municipios con mayor potencial energético mediante el programa informático ArcGis. A partir de estas coordenadas se calculan las distancias entre los pares de coordenadas correspondientes a la del municipio y a la desconocida, supuesta incógnita. Se calculan las distancias entre las coordenadas X de los municipios y la X del almacén intermedio. Operando de igual forma con la otra incógnita, Y, se construye una función suma dependiente de las dos variables, X e Y. La tabla 18 muestra los cálculos realizados para la alternativa 1.

## CALCULOS

CODMUN	NOMBRE	X_CENTROID	Y_CENTROID	T/AÑO	Di	Di*(t/año)
47011	Ataques	351340	4561175	253044,39	29009,33	7340647749,05
47013	Barcial de la Loma	310993	4646839	12931,40	66635,15	861685658,56
47014	Barruelo	326576	4616080	17339,46	32300,88	560079652,62
47016	Benafarces	309254	4610449	21328,11	41334,94	881596316,23
47017	Bercero	326878	4602771	15579,75	22376,59	348621762,32
47019	Berrueces	326381	4646291	5224,12	59767,90	312234626,80
47020	Bobadilla del Campo	329872	4561253	33094,59	31932,87	1056804962,12
47021	Bocigas	358863	4567187	17136,05	26302,41	450719377,50
47022	Bocos de Duero	411967	4608208	7114,90	69680,86	495772209,18
47023	Boecillo	356597	4600257	27053,18	15955,29	431641410,19
47025	Braojos de Medina	328512	4565751	44402,15	28790,34	1278352849,58
47030	Campaspero	398240	4594951	36586,06	53664,41	1963369306,23
47033	Canalejas de Penafiel	407058	4595970	6128,07	62540,51	383252421,80
47035	Carpio	323775	4563666	77355,86	33307,09	2576498561,90
47036	Casasola de Arion	312447	4605635	6862,56	36227,19	248611149,82
47038	Castrillo de Duero	416018	4604286	21868,14	72689,75	1589589886,59
47044	Castronuevo de Esgueva	367760	4615541	10643,88	34715,79	369510739,41
47047	Castroverde de Cerrato	397103	4622769	190436,12	61964,63	11800304438,86
47049	Cervilejo de la Cruz	334582	4561161	27559,69	30098,49	829505128,39
47053	Cogeces de Iscar	371456	4585688	5062,39	26862,68	135989450,48
47056	Corrales de Duero	413523	4614763	21607,01	73181,68	1581237020,02
47058	Cuenca de Campos	329603	4657227	52838,06	69471,71	3670750704,21
47059	Curiel	407789	4610659	16949,44	66408,36	1125584489,32
47067	Fuente el Sol	337693	4559467	10993,02	30828,15	338894576,15
47071	Geria	342982	4604572	6285,60	15237,04	95773900,43
47074	Hornillos	355560	4580110	19023,42	14204,98	270227387,55
47075	Isar	372281	4578327	30846,46	29593,11	912842701,46
47080	Manzanillo	399922	4604716	7164,13	57140,59	409362468,41
47089	Melgar de Arriba	326850	4682563	26495,97	94837,52	2512812110,86
47092	Montealegre	341901	4639742	17557,41	50377,96	884506563,36
47093	Montemayor de Pililla	379317	4596871	6385,20	35248,66	225069791,91
47096	Morales de Campos	319350	4636343	16862,37	53381,04	900130793,86
47097	Mota del Marques	318542	4611274	26309,16	34187,55	899445853,15
47100	Muriel	345206	4554570	8073,02	34882,65	281608328,47
47101	Nava del Rey	325032	4581745	12388,56	21271,07	263518028,02
47102	Nueva Villa de las Torres	325545	4570647	135974,86	26955,26	3665237888,35
47103	Olivares de Duero	386569	4611806	19036,31	47323,80	900870543,54
47104	Olmedo	356331	4572836	27405,09	20191,11	553339200,35
47105	Olmos de Esgueva	373911	4616266	6916,84	39536,25	273465983,01
47112	Pedrajas de San Esteban	366975	4579661	7176,12	24186,69	173566550,95
47113	Pedrosa del Rey	315794	4600112	12879,30	30957,80	398714839,93

## CALCULOS

47114	Penafiel	406529	4605797	9047,89	63800,35	577258474,21
47121	Pollos	322203	4589871	19230,11	22659,08	435736473,21
47122	Portillo	369119	4593305	7884,03	24565,04	193671618,62
47123	Pozal de Gallinas	346931	4576589	8837,52	13027,87	115134078,61
47124	Pozaldez	346935	4581980	15759,11	7754,20	122199321,13
47125	Pozuelo de la Orden	312309	4631490	13116,84	53167,04	697383728,99
47126	Puras	361058	4560699	17596,73	33001,61	580720414,43
47129	Quintanilla de Onesimo	387630	4606695	15152,17	46117,10	698774360,06
47131	Rabano	412915	4598655	19628,12	68676,38	1347988579,20
47132	Ramiro	350154	4566193	42541,74	23853,22	1014757488,58
47137	Roturas (Castellares)	411552	4612354	15063,31	70516,78	1062215934,64
47138	Rubi de Bracamonte	338935	4564632	17083,50	25515,93	435901376,75
47139	Rueda	333379	4586259	18879,65	11914,69	224945261,32
47143	San Llorente	410561	4617556	20323,23	71461,57	1452330137,15
47145	San Miguel del Arroyo	376907	4589190	7553,29	32049,88	242082094,69
47148	San Pedro de Latarce	305275	4623943	11830,78	52502,69	621147891,85
47150	San Roman de Hornija	309180	4594016	5241,11	35969,05	188517736,79
47151	San Salvador	326968	4609883	27049,96	27157,48	734608927,86
47152	Santa Eufemia del Arroyo	311163	4640818	18455,31	61432,43	1133754526,74
47154	Santibanez de Valcorba	381743	4602464	9219,70	39113,04	360610442,70
47157	Sardon de Duero	381791	4607498	6864,05	41106,33	282156070,18
47163	Tiedra	312626	4614074	13444,62	40561,19	545329658,49
47165	Tordesillas	334112	4597446	5474,28	13394,10	73323114,71
47166	Torrecilla de la Abadesa	325316	4595598	13566,21	20486,18	277919876,30
47168	Torrecilla de la Torre	328934	4615955	22559,73	30920,00	697546909,29
47171	Torrelobaton (Monte de San Lorenzo)	333306	4612533	10296,66	25811,54	265772743,91
47173	Traspinedo	376781	4604936	7636,17	35480,34	270933874,59
47175	Tudela de Duero (Herrera de Duero)	368546	4605951	8418,37	28868,07	243022157,58
47181	Valdenebro de los Valles	336752	4634759	7036,65	46027,53	323879737,28
47182	Valdestillas	350702	4593731	7305,14	7243,57	52915344,49
47186	Valladolid	355149	4609910	7953,51	22901,42	182146814,44
47188	Vega de Valdetronco	323994	4607118	6502,73	27339,35	177780289,98
47189	Velascalvaro	335307	4566450	6991,09	24905,16	174114196,84
47191	Velliza	337586	4605506	16074,97	17625,28	283325804,18
47193	Viana de Cega	353108	4597727	17205,37	11685,59	201054943,61
47194	Viloria	384324	4590347	15379,10	39475,99	607105256,91
47208	Villagomez la Nueva	322460	4668920	26408,78	82565,21	2180446341,34
47213	Villalbarba (Villafeliz)	315392	4608390	31633,17	35027,78	1108039630,06
47216	Villan de Tordesillas	339530	4607095	6028,09	18431,04	111103958,26
47220	Villanueva de los Caballeros	310297	4627439	29781,98	51357,28	1529521371,72
47222	Villanueva de San Mancio	333046	4643783	11000,93	55601,29	611665949,33
47225	Villasexmir	328175	4611273	5798,18	27468,75	159268680,43
47227	Villavellid	310641	4618901	174696,14	45145,58	7886758581,01

47231	Zaratan	350418	4613199	6026,36	24390,23	146984295,95
47232	La Zarza	351844	4570140	67403,83	20535,65	1384181447,05
<b>TOTAL</b>				<b>2.176.898,46</b>	<b>3284170,00</b>	<b>86267783296,37</b>

Tabla 18: Cálculos para la localización óptima del CRAB en la alternativa 1.

Después de minimizar la función objetivo  $\sum Di*(t/año) = 0$ , las coordenadas para la ubicación del almacén en la alternativa 1 son las siguientes:

<b>ALTERNATIVA 1</b>		
<b>COORD</b>	<b>PLANTA</b>	<b>CRAB</b>
X	358.105	344.858
Y	4.613.796	4.589.451
<b>MUNICIPIO</b>	Ventosa de la Cuesta	

Tabla 19: Coordenadas de localización del CRAB en la alternativa 1.

Se realizan los mismos cálculos para la alternativa 2, tras haber dividido los municipios en dos subzonas, aproximadamente con la misma superficie: tablas 20 y 21.

CODMUN	NOMBRE	X_CENTROID	Y_CENTROID	T/AÑO	Di	Di*(t/año)
47013	Barcial de la Loma	310993	4646839	12931,40	29857,83	386103444,47
47014	Barruelo	326576	4616080	17339,46	9442,57	163728969,16
47016	Benafarces	309254	4610449	21328,11	10769,45	229692079,06
47017	Bercero	326878	4602771	15579,75	17712,24	275952378,12
47019	Berrueces	326381	4646291	5224,12	30059,57	157034775,63
47023	Boecillo	356597	4600257	27053,18	43005,50	1163435614,90
47036	Casasola de Arion	312447	4605635	6862,56	12942,22	88816718,86
47058	Cuenca de Campos	329603	4657227	52838,06	41458,40	2190581613,30
47071	Geria	342982	4604572	6285,60	28850,59	181343189,28
47089	Melgar de Arriba	326850	4682563	26495,97	65619,67	1738656685,28
47092	Montealegre	341901	4639742	17557,41	33092,91	581025869,22
47096	Morales de Campos	319350	4636343	16862,37	18811,74	317210461,74
47097	Mota del Marques	318542	4611274	26309,16	6500,03	171010236,33
47101	Nava del Rey	325032	4581745	12388,56	36732,90	455067794,63
47113	Pedrosa del Rey	315794	4600112	12879,30	17596,77	226634130,55
47121	Pollos	322203	4589871	19230,11	28211,86	542516984,29
47125	Pozuelo de la Orden	312309	4631490	13116,84	14703,00	192856960,83
47139	Rueda	333379	4586259	18879,65	35283,16	666133705,58
47148	San Pedro de Latarce	305275	4623943	11830,78	13541,88	160211016,81
47150	San Roman de Hornija	309180	4594016	5241,11	24975,84	130901116,42
47151	San Salvador	326968	4609883	27049,96	12427,51	336163780,59
47152	Santa Eufemia del Arroyo	311163	4640818	18455,31	23960,63	442200802,30
47163	Tiedra	312626	4614074	13444,62	5855,15	78720232,08
47165	Tordesillas	334112	4597446	5474,28	26304,59	143998801,53
47166	Torrecilla de la Abadesa	325316	4595598	13566,21	23473,32	318444058,49

## CALCULOS

47168	Torrecilla de la Torre	328934	4615955	22559,73	11791,66	266016599,13
47171	Torrelobaton (Monte de San Lorenzo)	333306	4612533	10296,66	16837,11	173366014,54
47181	Valdenebro de los Valles	336752	4634759	7036,65	25934,13	182489473,74
47182	Valdestillas	350702	4593731	7305,14	41110,33	300316847,10
47186	Valladolid	355149	4609910	7953,51	38666,62	307535526,41
47188	Vega de Valdetronco	323994	4607118	6502,73	12496,09	81258620,19
47191	Velliza	337586	4605506	16074,97	23672,28	380531107,37
47193	Viana de Cega	353108	4597727	17205,37	41007,06	705541528,71
47208	Villagomez la Nueva	322460	4668920	26408,78	51535,34	1360985232,73
47213	Villalbarba (Villafeliz)	315392	4608390	31633,17	9444,69	298765606,58
47216	Villan de Tordesillas	339530	4607095	6028,09	24639,53	148529250,71
47220	Villanueva de los Caballeros	310297	4627439	29781,98	12017,63	357908787,31
47222	Villanueva de San Mancio	333046	4643783	11000,93	30530,92	335868557,09
47225	Villasexmir	328175	4611273	5798,18	12636,14	73266564,74
47227	Villavellid	310641	4618901	174696,14	6741,02	1177630862,94
47231	Zaratan	350418	4613199	6026,36	33450,68	201585810,47
<b>TOTAL</b>				<b>810.532,28</b>	<b>1003700,53</b>	<b>17690037809,18</b>

Tabla 20: Cálculos para la localización óptima del CRAB 1 en la alternativa 2.

CODMUN	NOMBRE	X_CENTROID	Y_CENTROID	t/AÑO	Di	Di*(t/año)
47011	Ataquines	351340	4561175	253044,39	8982,40	2272945528,83
47020	Bobadilla del Campo	329872	4561253	33094,59	23710,34	784684008,43
47021	Bocigas	358863	4567187	17136,05	7607,91	130369527,49
47022	Bocos de Duero	411967	4608208	7114,90	71152,57	506243292,97
47025	Brahojos de Medina	328512	4565751	44402,15	23750,31	1054564967,78
47030	Campaspero	398240	4594951	36586,06	52604,44	1924589178,75
47033	Canalejas de Penafiel	407058	4595970	6128,07	60948,08	373493866,93
47035	Carpio	323775	4563666	77355,86	28815,06	2229013465,11
47038	Castrillo de Duero	416018	4604286	21868,14	72683,85	1589461005,87
47044	Castroverde de Esgueva	367760	4615541	10643,88	48104,49	512018498,08
47047	Castroverde de Cerrato	397103	4622769	190436,12	69405,39	13217293420,16
47049	Cervillego de la Cruz	334582	4561161	27559,69	19466,64	536494690,27
47053	Cogeces de Iscar	371456	4585688	5062,39	25018,85	126655264,31
47056	Corrales de Duero	413523	4614763	21607,01	76119,56	1644715815,68
47059	Curiel	407789	4610659	16949,44	69068,31	1170669169,64
47067	Fuente el Sol	337693	4559467	10993,02	17733,30	194942539,55
47074	Hornillos	355560	4580110	19023,42	10634,37	202302139,86
47075	Isca	372281	4578327	30846,46	22006,72	678829518,64
47080	Manzanillo	399922	4604716	7164,13	59211,18	424196442,32
47093	Montemayor de Pililla	379317	4596871	6385,20	38323,43	244702825,91
47100	Muriel	345206	4554570	8073,02	16931,91	136691694,08
47102	Nueva Villa de las Torres	325545	4570647	135974,86	26312,57	3577847557,52
47103	Olivares de Duero	386569	4611806	19036,31	54231,40	1032365809,69

47104	Olmedo	356331	4572836	27405,09	5225,75	143212123,11
47105	Olmos de Esgueva	373911	4616266	6916,84	51126,52	353634034,90
47112	Pedrajas de San Esteban	366975	4579661	7176,12	17868,41	128225802,13
47114	Penafiel	406529	4605797	9047,89	65274,19	590593606,91
47122	Portillo	369119	4593305	7884,03	28889,68	227767222,76
47123	Pozal de Gallinas	346931	4576589	8837,52	8110,34	71675296,61
47124	Pozaldez	346935	4581980	15759,11	12818,13	202002313,01
47126	Puras	361058	4560699	17596,73	13187,93	232064334,78
47129	Quintanilla de Onesimo	387630	4606695	15152,17	51147,62	774997749,50
47131	Rabano	412915	4598655	19628,12	67391,01	1322759160,55
47132	Ramiro	350154	4566193	42541,74	4299,56	182910897,11
47137	Roturas (Castellares)	411552	4612354	15063,31	73114,92	1101352487,59
47138	Rubi de Bracamonte	338935	4564632	17083,50	14044,08	239922121,49
47143	San Llorente	410561	4617556	20323,23	75463,08	1533653734,12
47145	San Miguel del Arroyo	376907	4589190	7553,29	31472,43	237720454,62
47154	Santibanez de Valcorba	381743	4602464	9219,70	44023,76	405885715,89
47157	Sardon de Duero	381791	4607498	6864,05	47871,85	328594980,48
47173	Traspinedo	376781	4604936	7636,17	42801,73	326841322,63
47175	Tudela de Duero (Herrera de Duero)	368546	4605951	8418,37	39508,17	332594474,62
47189	Velascalvaro	335307	4566450	6991,09	16952,81	118518603,04
47194	Viloria	384324	4590347	15379,10	38243,88	588156600,27
47232	La Zarza	351844	4570140	67403,83	9,16	617281,47
<b>TOTAL</b>				<b>1366366,18</b>	<b>1651668,12</b>	<b>44008790545,47</b>

Tabla 21: Cálculos para la localización óptima del CRAB 2 en la alternativa 2.

A continuación se indican las coordenadas de los dos CRABs de la alternativa 2 (tabla 22):

ALTERNATIVA 2		
PLANTA	CRAB 1	CRAB 2
358105	317.264	351.853
4613796	4.617.647	4.570.143
MUNICIPIO	Tiedra	La Zarza

Tabla 22: Coordenadas de los CRABs de la alternativa 2.

### 6.3. CALCULO DE LAS DISTANCIAS

Se parte de las distancias obtenidas con Excel, que son distancias rectas que no consideran la sinuosidad de las carreteras, y que además parten de los centroides municipales, por lo que se aplica un factor de corrección del 30% para buscar la mayor similitud con la realidad. Las tablas siguientes (23-25) muestran las distancias corregidas desde cada municipio hasta su CRAB en función de la alternativa.

COD INE	MUNICIPIO	km CENTROIDE	FACTOR CORRECCION	km TOTAL
47011	Ataquines	29,01	1,3	37,71
47013	Barcial de la Loma	66,64	1,3	86,63
47014	Barruelo	32,30	1,3	41,99
47016	Benafarces	41,33	1,3	53,74
47017	Bercero	22,38	1,3	29,09
47019	Berrueces	59,77	1,3	77,70
47020	Bobadilla del Campo	31,93	1,3	41,51
47021	Bocigas	26,30	1,3	34,19
47022	Bocos de Duero	69,68	1,3	90,59
47023	Boecillo	15,96	1,3	20,74
47025	Braojos de Medina	28,79	1,3	37,43
47030	Campaspero	53,66	1,3	69,76
47033	Canalejas de Penafiel	62,54	1,3	81,30
47035	Carpio	33,31	1,3	43,30
47036	Casasola de Arion	36,23	1,3	47,10
47038	Castrillo de Duero	72,69	1,3	94,50
47044	Castronuevo de Esgueva	34,72	1,3	45,13
47047	Castroverde de Cerrato	61,96	1,3	80,55
47049	Cervillego de la Cruz	30,10	1,3	39,13
47053	Cogeces de Iscar	26,86	1,3	34,92
47056	Corrales de Duero	73,18	1,3	95,14
47058	Cuenca de Campos	69,47	1,3	90,31
47059	Curiel	66,41	1,3	86,33
47067	Fuente el Sol	30,83	1,3	40,08
47071	Geria	15,24	1,3	19,81
47074	Hornillos	14,20	1,3	18,47
47075	Iskar	29,59	1,3	38,47
47080	Manzanillo	57,14	1,3	74,28
47089	Melgar de Arriba	94,84	1,3	123,29
47092	Montealegre	50,38	1,3	65,49
47093	Montemayor de Pililla	35,25	1,3	45,82
47096	Morales de Campos	53,38	1,3	69,40
47097	Mota del Marques	34,19	1,3	44,44
47100	Muriel	34,88	1,3	45,35
47101	Nava del Rey	21,27	1,3	27,65
47102	Nueva Villa de las Torres	26,96	1,3	35,04
47103	Olivares de Duero	47,32	1,3	61,52
47104	Olmedo	20,19	1,3	26,25
47105	Olmos de Esgueva	39,54	1,3	51,40
47112	Pedrajas de San Esteban	24,19	1,3	31,44
47113	Pedrosa del Rey	30,96	1,3	40,25
47114	Penafiel	63,80	1,3	82,94
47121	Pollos	22,66	1,3	29,46
47122	Portillo	24,57	1,3	31,93

47123	Pozal de Gallinas	13,03	1,3	16,94
47124	Pozaldez	7,75	1,3	10,08
47125	Pozuelo de la Orden	53,17	1,3	69,12
47126	Puras	33,00	1,3	42,90
47129	Quintanilla de Onesimo	46,12	1,3	59,95
47131	Rabano	68,68	1,3	89,28
47132	Ramiro	23,85	1,3	31,01
47137	Roturas (Castellares)	70,52	1,3	91,67
47138	Rubi de Bracamonte	25,52	1,3	33,17
47139	Rueda	11,91	1,3	15,49
47143	San Llorente	71,46	1,3	92,90
47145	San Miguel del Arroyo	32,05	1,3	41,66
47148	San Pedro de Latarce	52,50	1,3	68,25
47150	San Roman de Hornija	35,97	1,3	46,76
47151	San Salvador	27,16	1,3	35,30
47152	Santa Eufemia del Arroyo	61,43	1,3	79,86
47154	Santibanez de Valcorba	39,11	1,3	50,85
47157	Sardon de Duero	41,11	1,3	53,44
47163	Tiedra	40,56	1,3	52,73
47165	Tordesillas	13,39	1,3	17,41
47166	Torrecilla de la Abadesa	20,49	1,3	26,63
47168	Torrecilla de la Torre	30,92	1,3	40,20
47171	Torrelobaton	25,81	1,3	33,56
47173	Traspinedo	35,48	1,3	46,12
47175	Tudela de Duero	28,87	1,3	37,53
47181	Valdenebro de los Valles	46,03	1,3	59,84
47182	Valdestillas	7,24	1,3	9,42
47186	Valladolid	22,90	1,3	29,77
47188	Vega de Valdetrongo	27,34	1,3	35,54
47189	Velascalvaro	24,91	1,3	32,38
47191	Velliza	17,63	1,3	22,91
47193	Viana de Cega	11,69	1,3	15,19
47194	Viloria	39,48	1,3	51,32
47208	Villagomez la Nueva	82,57	1,3	107,33
47213	Villalbarba (Villafeliz)	35,03	1,3	45,54
47216	Villan de Tordesillas	18,43	1,3	23,96
47220	Villanueva de los Caballeros	51,36	1,3	66,76
47222	Villanueva de San Mancio	55,60	1,3	72,28
47225	Villasexmir	27,47	1,3	35,71
47227	Villavellid	45,15	1,3	58,69
47231	Zaratan	24,39	1,3	31,71
47232	La Zarza	20,54	1,3	26,70

Tabla 23: Distancias corregidas entre los puntos de recogida y el CRAB de Medina del Campopara la alternativa 1.

COD INE	MUNICIPIO	km CENTROIDE	FACTOR CORRECCION	km TOTAL
47013	Barcial de la Loma	29,86	1,3	38,82
47014	Barruelo	9,44	1,3	12,28
47016	Benafarces	10,77	1,3	14,00
47017	Bercero	17,71	1,3	23,03
47019	Berrueces	30,06	1,3	39,08
47023	Boecillo	43,01	1,3	55,91
47036	Casasola de Arion	12,94	1,3	16,82
47058	Cuenca de Campos	41,46	1,3	53,90
47071	Geria	28,85	1,3	37,51
47089	Melgar de Arriba	65,62	1,3	85,31
47092	Montealegre	33,09	1,3	43,02
47096	Morales de Campos	18,81	1,3	24,46
47097	Mota del Marques	6,50	1,3	8,45
47101	Nava del Rey	36,73	1,3	47,75
47113	Pedrosa del Rey	17,60	1,3	22,88
47121	Pollos	28,21	1,3	36,68
47125	Pozuelo de la Orden	14,70	1,3	19,11
47139	Rueda	35,28	1,3	45,87
47148	San Pedro de Latarce	13,54	1,3	17,60
47150	San Roman de Hornija	24,98	1,3	32,47
47151	San Salvador	12,43	1,3	16,16
47152	Santa Eufemia del Arroyo	23,96	1,3	31,15
47163	Tiedra	5,86	1,3	7,61
47165	Tordesillas	26,30	1,3	34,20
47166	Torrecilla de la Abadesa	23,47	1,3	30,52
47168	Torrecilla de la Torre	11,79	1,3	15,33
47171	Torrelobaton	16,84	1,3	21,89
47181	Valdenebro de los Valles	25,93	1,3	33,71
47182	Valdestillas	41,11	1,3	53,44
47186	Valladolid	38,67	1,3	50,27
47188	Vega de Valdetronco	12,50	1,3	16,24
47191	Velliza	23,67	1,3	30,77
47193	Viana de Cega	41,01	1,3	53,31
47208	Villagomez la Nueva	51,54	1,3	67,00
47213	Villalbarba (Villafeliz)	9,44	1,3	12,28
47216	Villan de Tordesillas	24,64	1,3	32,03
47220	Villanueva de los Caballeros	12,02	1,3	15,62
47222	Villanueva de San Mancio	30,53	1,3	39,69
47225	Villasexmir	12,64	1,3	16,43
47227	Villavellid	6,74	1,3	8,76
47231	Zaratan	33,45	1,3	43,49

Tabla 24: Distancias corregidas desde cada municipio de la alternativa 2 hasta el CRAB 1 en Tiedra. Fuente: elaboración propia.

COD INE	MUNICIPIO	km CENTROIDE	FACTOR CORRECCION	km TOTAL
47011	Ataquines	8,98	1,3	11,68
47020	Bobadilla del Campo	23,71	2,3	54,53
47021	Bocigas	7,61	3,3	25,11
47022	Bocos de Duero	71,15	4,3	305,96
47025	Brahojos de Medina	23,75	5,3	125,88
47030	Campaspero	52,60	6,3	331,41
47033	Canalejas de Penafiel	60,95	7,3	444,92
47035	Carpio	28,82	8,3	239,16
47038	Castrillo de Duero	72,68	9,3	675,96
47044	Castroverde de Esgueva	48,10	10,3	495,48
47047	Castroverde de Cerrato	69,41	11,3	784,28
47049	Cervillego de la Cruz	19,47	12,3	239,44
47053	Cogeces de Iscar	25,02	13,3	332,75
47056	Corrales de Duero	76,12	14,3	1088,51
47059	Curiel	69,07	15,3	1056,75
47067	Fuente el Sol	17,73	16,3	289,05
47074	Hornillos	10,63	17,3	183,97
47075	Ischar	22,01	18,3	402,72
47080	Manzanillo	59,21	19,3	1142,78
47093	Montemayor de Pililla	38,32	20,3	777,97
47100	Muriel	16,93	21,3	360,65
47102	Nueva Villa de las Torres	26,31	22,3	586,77
47103	Olivares de Duero	54,23	23,3	1263,59
47104	Olmedo	5,23	24,3	126,99
47105	Olmos de Esgueva	51,13	25,3	1293,50
47112	Pedrajas de San Esteban	17,87	26,3	469,94
47114	Penafiel	65,27	27,3	1781,99
47122	Portillo	28,89	28,3	817,58
47123	Pozal de Gallinas	8,11	29,3	237,63
47124	Pozaldez	12,82	30,3	388,39
47126	Puras	13,19	31,3	412,78
47129	Quintanilla de Onesimo	51,15	32,3	1652,07
47131	Rabano	67,39	33,3	2244,12
47132	Ramiro	4,30	34,3	147,48
47137	Roturas (Castellares)	73,11	35,3	2580,96
47138	Rubi de Bracamonte	14,04	36,3	509,80
47143	San Llorente	75,46	37,3	2814,77
47145	San Miguel del Arroyo	31,47	38,3	1205,39
47154	Santibanez de Valcorba	44,02	39,3	1730,13
47157	Sardon de Duero	47,87	40,3	1929,24
47173	Traspinedo	42,80	41,3	1767,71
47175	Tudela de Duero	39,51	42,3	1671,20
47189	Velascalvaro	16,95	43,3	734,06
47194	Viloria	38,24	44,3	1694,20
47232	La Zarza	0,01	45,3	0,41

Tabla 25: Distancias corregidas desde los municipios de la alternativa 2 hasta el CRAB 2 en La Zarza. Fuente: elaboración propia.

### 6.3.1. COSTES

Para el cálculo de los costes asociados a las distancias se parte del tipo de vehículo utilizado, que dependerá a su vez de la distancia a recorrer, de los costes horarios y de la capacidad de transporte del vehículo utilizado. Los cálculos, explicados en el punto 5.7 Cálculo de costes, se resumen en las tablas 26, 27 y 28.

Para la alternativa 1:

COD MUN	MUNICIPIO	t TOTAL	km TOTAL	TIPO	€/h	km/h	t/viaje	COSTE
47011	Ataquines	253.044,39	37,71	Camión	36	60	14	817.957,89
47013	Barcial de la Loma	12.931,40	86,63	Camión	36	60	14	96.016,40
47014	Barruelo	17.339,46	41,99	Camión	36	60	14	62.408,88
47016	Benafarces	21.328,11	53,74	Camión	36	60	14	98.235,02
47017	Bercero	15.579,75	29,09	Camión	36	60	14	38.846,42
47019	Berrueces	5.224,12	77,70	Camión	36	60	14	34.791,86
47020	Bobadilla del Campo	33.094,59	41,51	Camión	36	60	14	117.758,27
47021	Bocigas	17.136,05	34,19	Camión	36	60	14	50.223,02
47022	Bocos de Duero	7.114,90	90,59	Camión	36	60	14	55.243,19
47023	Boecillo	27.053,18	20,74	Camión	36	60	14	48.097,19
47025	Braojos de Medina	44.402,15	37,43	Camión	36	60	14	142.445,03
47030	Campaspero	36.586,06	69,76	Camión	36	60	14	218.775,44
47033	Canalejas de Penafiel	6.128,07	81,30	Camión	36	60	14	42.705,27
47035	Carpio	77.355,86	43,30	Camión	36	60	14	287.095,55
47036	Casasola de Arion	6.862,56	47,10	Camión	36	60	14	27.702,39
47038	Castrillo de Duero	21.868,14	94,50	Camión	36	60	14	177.125,73
47044	Castroverde de Esgueva	10.643,88	45,13	Camión	36	60	14	41.174,05
47047	Castroverde de Cerrato	190.436,12	80,55	Camión	36	60	14	1.314.891,07
47049	Cervillejo de la Cruz	27.559,69	39,13	Camión	36	60	14	92.430,57
47053	Cogeces de Iscar	5.062,39	34,92	Camión	36	60	14	15.153,11
47056	Corrales de Duero	21.607,01	95,14	Camión	36	60	14	176.194,98
47058	Cuenca de Campos	52.838,06	90,31	Camión	36	60	14	409.026,51
47059	Curiel	16.949,44	86,33	Camión	36	60	14	125.422,27
47067	Fuente el Sol	10.993,02	40,08	Camión	36	60	14	37.762,54
47071	Geria	6.285,60	19,81	Camión	36	60	14	10.671,95
47074	Hornillos	19.023,42	18,47	Camión	36	60	14	30.111,05
47075	Iskar	30.846,46	38,47	Camión	36	60	14	101.716,76
47080	Manzanillo	7.164,13	74,28	Camión	36	60	14	45.614,68
47089	Melgar de Arriba	26.495,97	123,29	Camión	36	60	14	279.999,06
47092	Montealegre	17.557,41	65,49	Camión	36	60	14	98.559,30

## CALCULOS

47093	Montemayor de Pililla	6.385,20	45,82	Camión	36	60	14	25.079,21
47096	Morales de Campos	16.862,37	69,40	Camión	36	60	14	100.300,29
47097	Mota del Marques	26.309,16	44,44	Camión	36	60	14	100.223,97
47100	Muriel	8.073,02	45,35	Camión	36	60	14	31.379,21
47101	Nava del Rey	12.388,56	27,65	Camión	36	60	14	29.363,44
47102	Nueva Villa de las Torres	135.974,86	35,04	Camión	36	60	14	408.412,22
47103	Olivares de Duero	19.036,31	61,52	Camión	36	60	14	100.382,72
47104	Olmedo	27.405,09	26,25	Camión	36	60	14	61.657,80
47105	Olmos de Esgueva	6.916,84	51,40	Camión	36	60	14	30.471,92
47112	Pedrajas de San Esteban	7.176,12	31,44	Camión	36	60	14	19.340,27
47113	Pedrosa del Rey	12.879,30	40,25	Camión	36	60	14	44.428,23
47114	Penafiel	9.047,89	82,94	Camión	36	60	14	64.323,09
47121	Pollos	19.230,11	29,46	Camión	36	60	14	48.553,49
47122	Portillo	7.884,03	31,93	Camión	36	60	14	21.580,55
47123	Pozal de Gallinas	8.837,52	16,94	Camión	36	60	14	12.829,23
47124	Pozaldez	15.759,11	10,08	Camión	36	60	14	13.616,50
47125	Pozuelo de la Orden	13.116,84	69,12	Camión	36	60	14	77.708,47
47126	Puras	17.596,73	42,90	Camión	36	60	14	64.708,85
47129	Quintanilla de Onesimo	15.152,17	59,95	Camión	36	60	14	77.863,43
47131	Rabano	19.628,12	89,28	Camión	36	60	14	150.204,44
47132	Ramiro	42.541,74	31,01	Camión	36	60	14	113.072,98
47137	Roturas (Castellares)	15.063,31	91,67	Camión	36	60	14	118.361,20
47138	Rubi de Bracamonte	17.083,50	33,17	Camión	36	60	14	48.571,87
47139	Rueda	18.879,65	15,49	Camión	36	60	14	25.065,33
47143	San Llorente	20.323,23	92,90	Camión	36	60	14	161.831,07
47145	San Miguel del Arroyo	7.553,29	41,66	Camión	36	60	14	26.974,86
47148	San Pedro de Latarce	11.830,78	68,25	Camión	36	60	14	69.213,62
47150	San Roman de Hornija	5.241,11	46,76	Camión	36	60	14	21.006,26
47151	San Salvador	27.049,96	35,30	Camión	36	60	14	81.856,42
47152	Santa Eufemia del Arroyo	18.455,31	79,86	Camión	36	60	14	126.332,65
47154	Santibanez de Valcorba	9.219,70	50,85	Camión	36	60	14	40.182,31
47157	Sardon de Duero	6.864,05	53,44	Camión	36	60	14	31.440,25
47163	Tiedra	13.444,62	52,73	Camión	36	60	14	60.765,30
47165	Tordesillas	5.474,28	17,41	Camión	36	60	14	8.170,29
47166	Torrecilla de la Abadesa	13.566,21	26,63	Camión	36	60	14	30.968,21
47168	Torrecilla de la Torre	22.559,73	40,20	Camión	36	60	14	77.726,66
47171	Torrelobaton	10.296,66	33,56	Camión	36	60	14	29.614,68
47173	Traspinedo	7.636,17	46,12	Camión	36	60	14	30.189,77
47175	Tudela de Duero	8.418,37	37,53	Camión	36	60	14	27.079,61
47181	Valdenebro de los Valles	7.036,65	59,84	Camión	36	60	14	36.089,46
47182	Valdestillas	7.305,14	9,42	Tractor	36	60	8	10.318,49
47186	Valladolid	7.953,51	29,77	Camión	24	40	14	20.296,36
47188	Vega de Valdetronco	6.502,73	35,54	Camión	36	60	14	19.809,80
47189	Velascalvaro	6.991,09	32,38	Camión	36	60	14	19.401,30

## CALCULOS

47191	Velliza	16.074,97	22,91	Camión	36	60	14	31.570,59
47193	Viana de Cega	17.205,37	15,19	Camión	36	60	14	22.403,27
47194	Viloria	15.379,10	51,32	Camión	36	60	14	67.648,87
47208	Villagomez la Nueva	26.408,78	107,33	Camión	36	60	14	242.964,02
47213	Villalbarba (Villafeliz)	31.633,17	45,54	Camión	36	60	14	123.467,27
47216	Villan de Tordesillas	6.028,09	23,96	Camión	36	60	14	12.380,16
47220	Villanueva de los Caballeros	29.781,98	66,76	Camión	36	60	14	170.432,38
47222	Villanueva de San Mancio	11.000,93	72,28	Camión	36	60	14	68.157,06
47225	Villasexmir	5.798,18	35,71	Camión	36	60	14	17.747,08
47227	Villavellid	174.696,14	58,69	Camión	36	60	14	878.810,24
47231	Zaratan	6.026,36	31,71	Camión	36	60	14	16.378,25
47232	La Zarza	67.403,83	26,70	Camión	36	60	14	154.237,36
47002	CRAB -Planta de biomasa (Va)	2.176.898,46	45,00	Camión	36	60	14	8.396.608,35
<b>TOTAL</b>								<b>18.013.726,41</b>

Tabla 26: Costes totales de transporte para la alternativa 1. Fuente: elaboración propia.

Para la alternativa 2: tablas 27 y 28.

COD MUN	MUNICIPIO	t TOTAL	km TOTAL	TIPO	€/h	km/h	t/viaje	COSTE
47013	Barcial de la Loma	12.931,40	38,82	Camión	36	60	14	43.022,96
47014	Barruelo	17.339,46	12,28	Camión	36	60	14	18.244,09
47016	Benafarces	21.328,11	14,00	Camión	36	60	14	25.594,26
47017	Bercero	15.579,75	23,03	Camión	36	60	14	30.748,98
47019	Berrueces	5.224,12	39,08	Camión	36	60	14	17.498,16
47023	Boecillo	27.053,18	55,91	Camión	36	60	14	129.639,97
47036	Casasola de Arion	6.862,56	16,82	Camión	36	60	14	9.896,72
47058	Cuenca de Campos	52.838,06	53,90	Camión	36	60	14	244.093,38
47071	Geria	6.285,60	37,51	Camión	36	60	14	20.206,81
47089	Melgar de Arriba	26.495,97	85,31	Camión	36	60	14	193.736,03
47092	Montealegre	17.557,41	43,02	Camión	36	60	14	64.742,88
47096	Morales de Campos	16.862,37	24,46	Camión	36	60	14	35.346,31
47097	Mota del Marques	26.309,16	8,45	Tractor	24	40	14	19.055,43
47101	Nava del Rey	12.388,56	47,75	Camión	36	60	14	50.707,55
47113	Pedrosa del Rey	12.879,30	22,88	Camión	36	60	14	25.253,52
47121	Pollos	19.230,11	36,68	Camión	36	60	14	60.451,89
47125	Pozuelo de la Orden	13.116,84	19,11	Camión	36	60	14	21.489,78
47139	Rueda	18.879,65	45,87	Camión	36	60	14	74.226,33
47148	San Pedro de Latarce	11.830,78	17,60	Camión	36	60	14	17.852,08
47150	San Roman de Hornija	5.241,11	32,47	Camión	36	60	14	14.586,12
47151	San Salvador	27.049,96	16,16	Camión	36	60	14	37.458,25
47152	Santa Eufemia del Arroyo	18.455,31	31,15	Camión	36	60	14	49.273,80
47163	Tiedra	13.444,62	7,61	Tractor	24	40	8	15.350,45

## CALCULOS

47165	Tordesillas	5.474,28	34,20	Camión	36	60	14	16.045,58
47166	Torrecilla de la Abadesa	13.566,21	30,52	Camión	36	60	14	35.483,77
47168	Torrecilla de la Torre	22.559,73	15,33	Camión	36	60	14	29.641,85
47171	Torrelobaton (Monte de San Lorenzo)	10.296,66	21,89	Camión	36	60	14	19.317,93
47181	Valdenebro de los Valles	7.036,65	33,71	Camión	36	60	14	20.334,54
47182	Valdestillas	7.305,14	53,44	Camión	36	60	14	33.463,88
47186	Valladolid	7.953,51	50,27	Camión	36	60	14	34.268,24
47188	Vega de Valdetronco	6.502,73	16,24	Camión	36	60	14	9.054,53
47191	Velliza	16.074,97	30,77	Camión	36	60	14	42.402,04
47193	Viana de Cega	17.205,37	53,31	Camión	36	60	14	78.617,48
47208	Villagomez la Nueva	26.408,78	67,00	Camión	36	60	14	151.652,64
47213	Villalbarba (Villafeliz)	31.633,17	12,28	Camión	36	60	14	33.291,02
47216	Villan de Tordesillas	6.028,09	32,03	Camión	36	60	14	16.550,40
47220	Villanueva de los Caballeros	29.781,98	15,62	Camión	36	60	14	39.881,26
47222	Villanueva de San Mancio	11.000,93	39,69	Camión	36	60	14	37.425,35
47225	Villasexmir	5.798,18	16,43	Camión	36	60	14	8.163,99
47227	Villavellid	174.696,14	8,76	Tractor	24	40	8	229.638,02
47231	Zaratan	6.026,36	43,49	Camión	36	60	14	22.462,42
47163	Tiedra - Planta Valladolid	810.532,28	57,90	Camión	36	60	14	4.022.555,93
<b>TOTAL</b>								<b>6.098.726,62</b>

Tabla 27: Costes totales de transporte para la alternativa 2, desde los municipios hasta el CRAB 1. Fuente: elaboración propia.

COD MUN	MUNICIPIO	t TOTAL	km TOTAL	TIPO	€/h	km/h	t/viaje	COSTE
47011	Ataquines	253.044,39	11,68	Camión	36	60	14	253.271,07
47020	Bobadilla del Campo	33.094,59	30,82	Camión	36	60	14	87.436,22
47021	Bocigas	17.136,05	9,89	Tractor	24	40	8	25.422,06
47022	Bocos de Duero	7.114,90	92,50	Camión	36	60	14	56.409,97
47025	Brahojos de Medina	44.402,15	30,88	Camión	36	60	14	117.508,67
47030	Campaspero	36.586,06	68,39	Camión	36	60	14	214.454,22
47033	Canalejas de Penafiel	6.128,07	79,23	Camión	36	60	14	41.617,89
47035	Carpio	77.355,86	37,46	Camión	36	60	14	248.375,79
47038	Castrillo de Duero	21.868,14	94,49	Camión	36	60	14	177.111,37
47044	Castroverde de Esgueva	10.643,88	62,54	Camión	36	60	14	57.053,49
47047	Castroverde de Cerrato	190.436,12	90,23	Camión	36	60	14	1.472.784,12
47049	Cervilego de la Cruz	27.559,69	25,31	Camión	36	60	14	59.780,84
47053	Cogeces de Iscar	5.062,39	32,52	Camión	36	60	14	14.113,02
47056	Corrales de Duero	21.607,01	98,96	Camión	36	60	14	183.268,33
47059	Curiel	16.949,44	89,79	Camión	36	60	14	130.445,99
47067	Fuente el Sol	10.993,02	23,05	Camión	36	60	14	21.722,17
47074	Hornillos	19.023,42	13,82	Camión	36	60	14	22.542,24

## CALCULOS

47075	Iscar	30.846,46	28,61	Camión	36	60	14	75.641,00
47080	Manzanillo	7.164,13	76,97	Camión	36	60	14	47.267,60
47093	Montemayor de Pililla	6.385,20	49,82	Camión	36	60	14	27.266,89
47100	Muriel	8.073,02	22,01	Camión	36	60	14	15.231,36
47102	Nueva Villa de las Torres	135.974,86	34,21	Camión	36	60	14	398.674,44
47103	Olivares de Duero	19.036,31	70,50	Camión	36	60	14	115.035,05
47104	Olmedo	27.405,09	6,79	Tractor	24	40	8	27.926,36
47105	Olmos de Esgueva	6.916,84	66,46	Camión	36	60	14	39.404,94
47112	Pedrajas de San Esteban	7.176,12	23,23	Camión	36	60	14	14.288,02
47114	Penafiel	9.047,89	84,86	Camión	36	60	14	65.809,00
47122	Portillo	7.884,03	37,56	Camión	36	60	14	25.379,78
47123	Pozal de Gallinas	8.837,52	10,54	Camión	36	60	14	7.986,68
47124	Pozaldez	15.759,11	16,66	Camión	36	60	14	22.508,83
47126	Puras	17.596,73	17,14	Camión	36	60	14	25.858,60
47129	Quintanilla de Onesimo	15.152,17	66,49	Camión	36	60	14	86.356,89
47131	Rabano	19.628,12	87,61	Camión	36	60	14	147.393,16
47132	Ramiro	42.541,74	5,59	Tractor	24	40	8	35.667,62
47137	Roturas (Castellares)	15.063,31	95,05	Camión	36	60	14	122.722,13
47138	Rubi de Bracamonte	17.083,50	18,26	Camión	36	60	14	26.734,18
47143	San Llorente	20.323,23	98,10	Camión	36	60	14	170.892,84
47145	San Miguel del Arroyo	7.553,29	40,91	Camión	36	60	14	26.488,85
47154	Santibanez de Valcorba	9.219,70	57,23	Camión	36	60	14	45.227,27
47157	Sardon de Duero	6.864,05	62,23	Camión	36	60	14	36.614,87
47173	Traspinedo	7.636,17	55,64	Camión	36	60	14	36.419,46
47175	Tudela de Duero	8.418,37	51,36	Camión	36	60	14	37.060,53
47189	Velascalvaro	6.991,09	22,04	Camión	36	60	14	13.206,36
47194	Viloria	15.379,10	49,72	Camión	36	60	14	65.537,45
47232	La Zarza	67.403,83	0,01	Tractor	24	40	8	120,37
47232	La Zarza – Planta de Valladolid	1.366.366,18	56,50	Camión	36	60	14	6.617.116,21
<b>TOTAL</b>								<b>11.559.154,19</b>

Tabla 28: Costes intermedios de transporte para la alternativa 2, desde los municipios hasta el CRAB 2. Fuente: A continuación, las tablas 29 y 30 muestran los resultados de las dos alternativas.

ALTERNATIVA 1		
ORIGEN	DESTINO	COSTE
MUNICIPIOS	CRAB	9.617.118,06
CRAB	PLANTA	8.396.608,35
<b>TOTAL</b>		<b>18.013.726,41</b>

Tabla 29: Resumen costes totales de transporte de la alternativa 1. Fuente: elaboración propia.

ALTERNATIVA 2		
ORIGEN	DESTINO	COSTE
MUNICIPIOS	CRAB1	2.076.170,70
MUNICIPIOS	CRAB2	4.942.037,98
CRAB 1	PLANTA	4.022.555,93
CRAB 2	PLANTA	6.617.116,21
<b>TOTAL</b>		<b>17.657.880,81</b>

Tabla 30: Resumen costes totales de transporte de la alternativa 2. Fuente: elaboración propia.

Los costes de las tablas 26-30 se refieren al transporte de toda la biomasa explotable existente en los municipios seleccionados con más de 5.000 t/año.

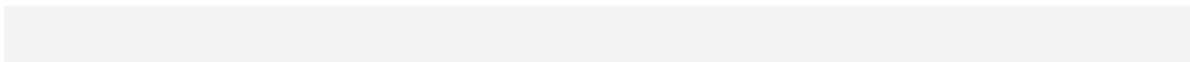
Sin embargo, como ya se ha comentado con anterioridad, la planta de biomasa necesitará tan sólo 8.900 t anuales para su funcionamiento, por lo que los costes serán mucho menores. Por ello se han elegido para cada alternativa aquellos municipios más cercanos a la ubicación de los CRABs y se han replanteado los costes para el caso de:

- Un CRAB en Ventosa de la Cuesta con capacidad para 8.900 t (53.532 m3).
- Dos CRABs en Tiedra y La Zarza de 27.108 m3 cada uno.

La tabla 31 recoge los costes de transporte asociados a las dos alternativas, con almacenes intermedios dimensionados para albergar la biomasa que precisa la planta. En cualquier caso, si se necesita un mayor aporte de biomasa, bien porque la planta vaya a funcionar más horas de las previstas, bien porque se vaya a ampliar la red de calor a más usuarios, o en caso de que por cualquier circunstancia no se pueda recoger la biomasa de los municipios indicados a continuación, se recogería del resto de municipios seleccionados según su cercanía a los almacenes intermedios.

COD MUN	MUNICIPIO	t TOTAL	km TOTAL	TIPO	€/h	km/h	t/viaje	COSTE
47182	Valdestillas	7305,00	9,42	Tractor	36	60	8	10.318,29
47124	Pozaldez	1595,00	10,08	Camión	36	60	14	1.378,14
47192	Ventosa de la Cuesta-Planta	8900,00	45,00	Camión	36	60	14	34.328,57
<b>COSTES TOTALES ALTERNATIVA 1</b>								<b>46.025,00</b>
47163	Tiedra	4450,00	7,61	Tractor	24	40	8	5.080,81
47232	La Zarza	4450,00	0,01	Tractor	24	40	8	7,95
47163	Tiedra-Planta	4450,00	57,90	Camión	36	60	14	22.084,71
47232	La Zarza-Planta	4450,00	56,50	Camión	36	60	14	21.550,71
<b>COSTES TOTALES ALTERNATIVA 2</b>								<b>48.724,18</b>

Tabla 31: Resumen de costes de transporte para las dos alternativas considerando la biomasa que precisa la planta (8.900 t). Fuente: elaboración propia.



---

## 7. CONCLUSIONES

---

La utilización de biomasa para generar energía térmica o eléctrica no es una idea reciente, sino que ha sido la fuente de energía principal durante miles de años, hasta finales del siglo XVIII.

La energía de la biomasa deriva de materia vegetal como la madera de los bosques, restos de los aprovechamientos selvícolas o tratamientos de podas, clareos y claras, destocados, residuos de procesos agrícolas y de industrias agroforestales, etc.

Más allá de los beneficios ambientales del bosque, el aprovechamiento de las plantaciones forestales así como de los residuos agrícolas, supone una alternativa productiva de gran valor social, que permite cohesionar zonas rurales degradadas y revitalizar el campo.

Además de ser un recurso natural y renovable, representa una alternativa energética para el cumplimiento las exigencias internacionales para la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y la lucha contra el cambio climático.

España posee unas condiciones únicas que la pueden situar como referente mundial en el desarrollo forestal sostenible. La biomasa es un recurso propio y renovable, beneficioso para la naturaleza y que puede equilibrar su dependencia energética de otros países, mejorando la seguridad de suministro al reducir las importaciones de petróleo y sus derivados, así como de gas natural, recursos de los que España carece.

Sin embargo, a pesar de que nuestro país tiene una amplia experiencia en el diseño, instalación y explotación de nuevas tecnologías, el marco regulatorio actual no ha conseguido consolidar este sector, por lo que se necesita un cambio en el ámbito retributivo y mejoras en las normativas para dar impulso a los proyectos futuros y consolidar los ya instalados.

Cabe resaltar la importancia del Programa para la implantación de calderas de biomasa en edificios públicos que promueve la Consejería de Fomento y Medio Ambiente. La finalidad del mismo de mejorar la eficiencia energética supondrá un ahorro entre un 20 y un 30 % en costes de combustible, así como un ejemplo a seguir en la implantación de energías renovables en la región, en este caso la biomasa con fines térmicos.

Los beneficios ambientales como la reducción de los gases de efecto invernadero, la reducción de combustible en los montes frente a posibles incendios, la disminución del riesgo de plagas, etc., se suman a la puesta en valor de un recurso autóctono, poco aprovechado pero que va a suponer una importante fuente de actividad y de creación de empleo en el mundo rural, ayudando a mejorar nuestras masas forestales.

Castilla y León es la primera comunidad autónoma con mayores recursos de biomasa y la mayor comunidad en superficie forestal (el 51 % del territorio autonómico). Además se considera un referente nacional en la generación de energía a partir de biomasa, ocupando la segunda posición en el conjunto de España en producción de biomasa térmica, sólo superada por Andalucía, y muy por delante del resto de comunidades produciendo el triple que la siguiente que es Cataluña.

En cuanto a la caracterización del potencial biomásico existente en la comunidad de Castilla y León, cabe destacar la gran aportación del estudio realizado por Cartif junto con la Fundación Biodiversidad sobre el potencial de biomasa sólida en Castilla y León, punto de partida del estudio logístico del presente proyecto y base para futuros proyectos de instalaciones de plantas de biomasa en la Comunidad, así como la concienciación por parte de la Administración y la ciudadanía de la gran importancia de los recursos autóctonos y su gestión sostenible.

Partiendo del mencionado estudio sobre potencial biomásico enfocado en la provincia de Valladolid, se ha planteado un análisis de la localización óptima de centros de recogida y abastecimiento de residuos biomásicos o CRABs, enfocado a dos alternativas diferentes, y se ha concluido que la alternativa más idónea consiste en instalar dos CRABs de aproximadamente 27.000 m<sup>3</sup> de capacidad que acopiarán la biomasa que precisa la planta para su funcionamiento. Dichos almacenes se localizarán en los municipios de Tiedra y La Zarza, pertenecientes a la provincia de Valladolid.

La decisión de construir dos almacenes, además de fundamentarse en un menor coste de transporte, trata de evitar los posibles daños económicos y personales para los usuarios de los edificios pertenecientes al District Heating, que se producirían en caso de incendiarse un CRAB y no disponer de otro almacén para suministrar a la planta. No hay que olvidar, que aunque la planta dispone de un almacén anexo a sus instalaciones, este

será de menor capacidad, y está enfocado a cubrir la demanda de los 3 o 4 días próximos de cara a posibles circunstancias que impidan el suministro regular desde los CRABs.

De esta forma, si ocurriera cualquier tipo de accidente que inutilice uno de los CRABs, el otro continuará con el suministro de la planta durante un tiempo suficiente para arreglar el primer almacén, o encontrar una solución al problema.

Como conclusión final voy a recalcar el gran potencial que tiene Castilla y León para el aprovechamiento de residuos lignocelulósicos: el 5 – 10% de la biomasa total existente se podría utilizar con fines energéticos, gracias a que aún no existen grandes plantas. Se deberá incentivar la competitividad de la generación de energía mediante biomasa, ya que es uno de los sectores con mayor potencial de creación de empleo, y para ello la Administración deberá favorecer la utilización de energías renovables mediante la aplicación de tipos reducidos de IVA a los recursos de la biomasa.



---

## **8. ESTUDIO ECONOMICO**

---

### **8.1. INTRODUCCIÓN**

---

El presente trabajo fin de máster (TFM) tiene como objetivo la localización óptima de uno o más almacenes intermedios donde se acopiará la biomasa necesaria para abastecer una planta de energía térmica ubicada en Valladolid.

Se trata por tanto de un TFM de localización geográfica de uno o más Centros de Recogida y Abastecimiento de Biomasa (CRABs), con la premisa de minimizar los costes asociados de transporte, por lo que al evaluar los costes de desarrollo, no hará falta considerar el coste de nuevos equipos ni de los almacenes, sino el coste de los materiales y de las horas empleadas en el diseño y elaboración de cada una de las fases de estudio y diseño. Por lo tanto, a diferencia de otros proyectos industriales de tipo mecánico, electrónico o eléctrico, éste no representa un aporte sustancial de material.

En este apartado se expondrán los puntos fundamentales de la gestión del trabajo, con una breve exposición del personal involucrado en el desarrollo del estudio.

#### **8.1.1. Jerarquía en un proyecto de logística de aprovisionamiento**

---

Las personas que generalmente intervienen en la realización de un proyecto de este tipo pueden ser clasificadas de acuerdo a alguno de estos cometidos:

- Consultor senior.
- Consultor junior.
- Administrativo.

Dichas personas establecen unas relaciones entre ellas de acuerdo a una determinada jerarquía existente, tal y como se muestra en la Imagen 18.

El consultor senior será el responsable de la idea del proyecto. También realiza la planificación del proyecto, al igual que su presupuesto económico. Por otra parte, es el encargado de coordinar a las diferentes personas que intervienen en la realización del mismo. Se encargará de dar el Visto Bueno a la localización.

El consultor junior es el que se encarga de plantear las distintas alternativas del proyecto, realizar el análisis de las mismas y elegir la alternativa idónea. También elaborará los planos necesarios y explicativos de las alternativas.

El contacto con su superior, el consultor senior, así como el buen conocimiento del campo en el que se inserta el contenido del proyecto, resulta fundamental para que el producto final resulte del agrado de éstos.

El administrativo se encarga de la recopilación de información; es decir, realiza las entrevistas con el personal de Cartif para obtener la información elaborada por esta Fundación sobre la biomasa disponible en la provincia de Valladolid, el tipo de planta de biomasa que se va a construir para abastecer de energía térmica a los edificios de la UVA, Ayuntamiento de Valladolid y Junta de Castilla y León, así como información general sobre biomasa, fuentes de suministro y normativa nacional y europea al respecto. Una vez organizada toda esta información, la pondrá a disposición del consultor junior para que realice su análisis. Además, el administrativo realizará la confección de la memoria.

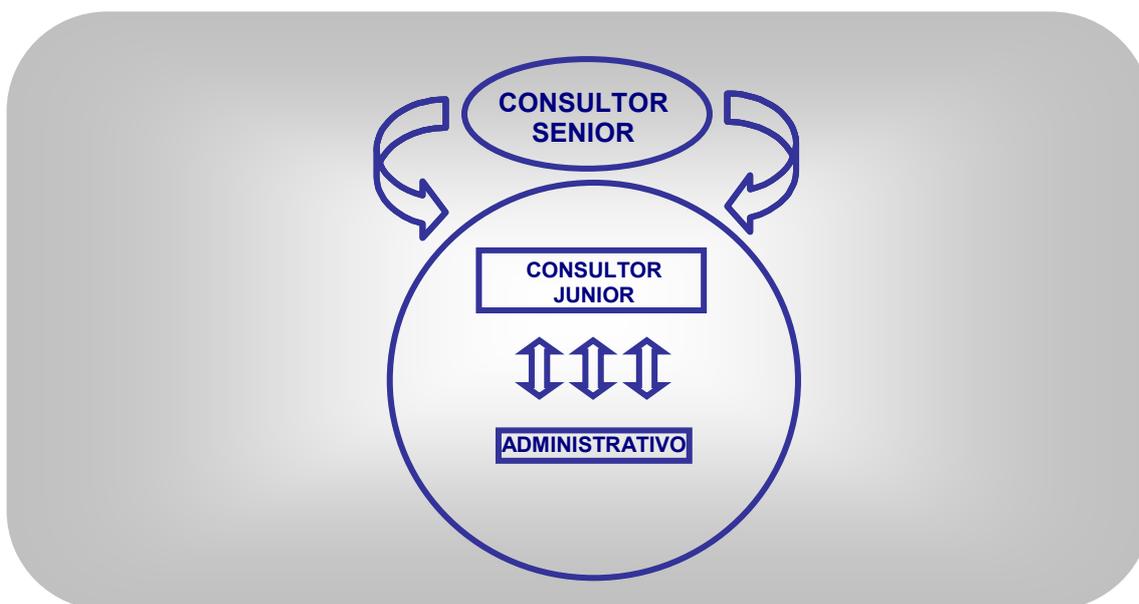


Imagen 18: Organización del proyecto.

## 8.2. FASES DE DESARROLLO

En primer lugar, se van a exponer las características de los documentos que forman el diseño de la localización de los Centros de Recogida y Abastecimiento de Biomasa o CRABs, los cuales hacen que la gestión de este tipo de proyectos deba presentar una orientación diferente al resto.

Una primera particularidad es que la localización de los CRABs se diseña, es decir, no se fabrica en un sentido clásico. Los costes de la planificación se encuentran en las horas de ingeniería empleadas, y no en la fabricación física de los almacenes.

La segunda diferencia se encuentra en la vida útil del producto. La distribución de los almacenes conforma un documento en sí. Una vez que se han detectado y corregido los errores que puedan existir, o se plantea la recogida de biomasa en otros municipios diferentes, puede seguir funcionando, la vida útil de ésta es ilimitada. Pero realmente, las revisiones y correcciones que se realizan tienen un coste.

Los posibles cambios de ubicación de los mismos, si se llegaran a producir, deberán estudiarse y acometerse antes de la construcción de los mismos, ya que llevan asociados unos costes de compra de terrenos y de instalación muy elevados.

La determinación de las fases que conlleva el desarrollo de un trabajo de este tipo, puede variar según el punto de vista de la persona que lo esté analizando; sin embargo, estas etapas pueden ajustarse a la división mostrada en la Imagen 19.

La explicación de cada etapa se expone a continuación:

- Necesidad y decisión de elaboración del TFM. En esta etapa, se lleva a cabo un análisis general del sistema. Una vez conocida la próxima construcción de una planta de biomasa en Valladolid, se decide elaborar el estudio de la logística de aprovisionamiento de la misma. Se busca el personal adecuado para analizar la ubicación de unos almacenes para acopiar la biomasa que alimentará la planta, que estarán cerca de los municipios con mayor cantidad de biomasa disponible. Sobre la base de los datos obtenidos se formulan distintas alternativas, se establecen las pautas generales y se determina lo que hay que hacer (planificar tareas) y quién tiene que hacerlo (asignar recursos) para la localización óptima de los CRABs.
- Presentación y difusión del TFM. El consultor senior realiza una presentación al consultor junior y al administrativo, solicitando su colaboración en el presente proyecto de logística de aprovisionamiento.
- Recopilación de información. Una vez explicada la metodología a seguir en este proyecto y repartidas las tareas, se procede a la recopilación de información necesaria

para la elaboración del proyecto, como estudios ya elaborados sobre la biomasa disponible en la provincia de Valladolid, características de la planta que se va a construir, etc. Se procede también a la recopilación de datos tales como bibliografía, y la existencia de otros estudios de logística similares.

- **Análisis, búsqueda y selección.** Se plantean dos alternativas: un almacén y dos almacenes. Con la información obtenida se procede a estudiar la biomasa existente en los municipios de Valladolid, se seleccionan aquellos con mayor cantidad de biomasa disponible, y se busca la localización óptima que cumpla que la suma de distancias desde los distintos municipios hasta un supuesto almacén sea mínima. Se calculan los costes de transporte asociados a cada una de las alternativas y finalmente se procede a la evaluación y selección de las soluciones desarrolladas.
- **Escritura del TFM.** Una vez elegida la alternativa más idónea, se procede a su escritura mediante la elaboración de una memoria explicativa de los pasos seguidos para la elección de la solución final.

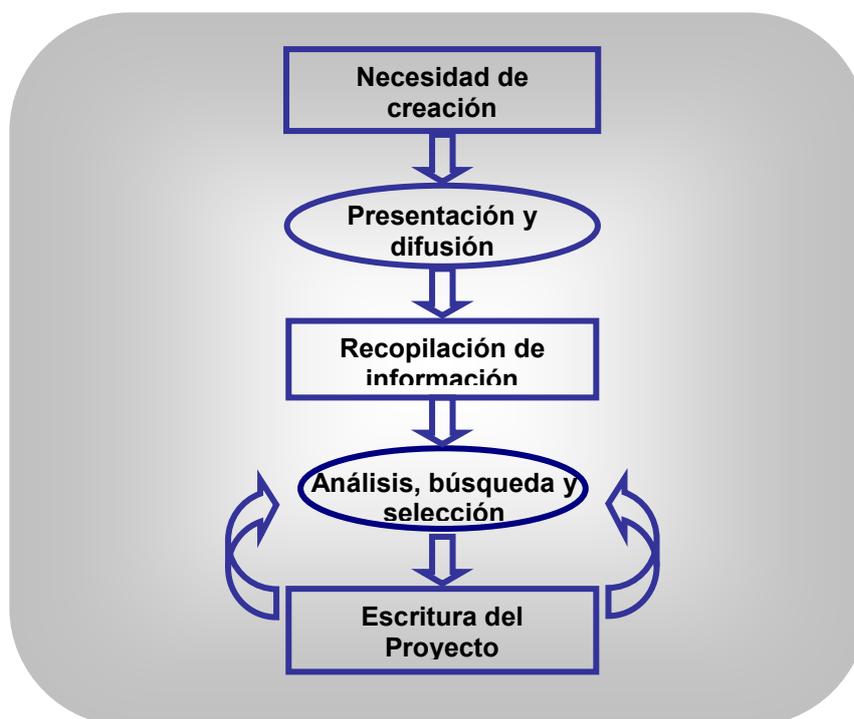


Imagen 19: Desarrollo del proyecto.

### 8.3. ESTUDIO ECONÓMICO

En este apartado se va a desarrollar el estudio económico propiamente dicho, relacionándolo con las diferentes etapas de la realización del TFM. Se realizará el cálculo de todas las Secciones, desglosando cada una de ellas más adelante.

Se llevará una contabilidad por actividades, en la que se valorara los costes de cada actividad realizada hasta la obtención del TFM. De esta forma, será posible analizar la influencia de cada uno de los procesos que intervienen con relación al coste total del producto. Para realizar el estudio, se procederá de la siguiente manera:

- Cálculo de las horas efectivas anuales y de las tasas por hora de los salarios.
- Cálculo de las amortizaciones del equipo.
- Coste por hora y por persona de los materiales calificados como consumibles.
- Coste por hora y por persona de los costes indirectos.
- Horas de personal dedicadas a cada una de las etapas.

#### 8.3.1. Horas efectivas anuales y tasas horarias de personal

Todos estos valores quedan reflejados en las Tablas 32 (días efectivos) y 33 (semanas efectivas).

Concepto	Días / horas
Año medio: (365,25)	365,25
Sábados y domingos: (365 * 2/7)	-104,36
Días efectivos de vacaciones:	-20
Días festivos reconocidos:	-12
Media de días perdidos por enfermedad	-15
Cursillos de formación, etc.:	-4
Total estimado días efectivos:	210
<b>Total horas/año efectivas (8 horas/día):</b>	<b>1680</b>

Tabla 32: Días efectivos anuales.

Concepto	Días / horas
Año medio (semanas):	52
Vacaciones y festivos:	-5
Enfermedad:	-2
Cursos de formación:	-1
<b>Total semanas:</b>	<b>44</b>

Tabla 33: Semanas efectivas anuales.

Para el desarrollo del TFM se considera un Ingeniero de Montes, el cual actúa como consultor senior. El encargado de realizar el planteamiento y análisis de las alternativas, así como el estudio de sus costes de transporte será un Ingeniero Industrial. Para el desarrollo de la documentación, se ha contratado a un Auxiliar Administrativo, que es el encargado de generar los informes correspondientes y ayuda en la confección de documentos. El coste horario y semanal de cada uno de estos profesionales queda reflejado en la Tabla 34.

Concepto	Ingeniero de Montes	Ingeniero Industrial	Administrativo
Sueldo	23.139 €	23.139 €	11.119 €
Seguridad Social (35%)	8.099 €	8.099 €	3.892 €
<b>Total:</b>	<b>31.238 €</b>	<b>31.238 €</b>	<b>15.011 €</b>
<b>Coste horario:</b>	<b>18,59 €</b>	<b>18,59 €</b>	<b>8,94 €</b>
<b>Coste Semanal:</b>	<b>709,95 €</b>	<b>709,95 €</b>	<b>341,16 €</b>

Tabla 34: Costes del equipo de profesionales.

### 8.3.2. Cálculo de las amortizaciones para el equipo informático utilizado

Para el equipo informático se considera un período de amortización de 5 años, con cuota lineal. El equipo se puede separar en dos grupos diferentes: un equipo destinado a realizar las tareas de recopilación de información y diseño de la distribución propiamente dicho, y que se denomina equipo de desarrollo y, por otra parte, el equipo de edición con el que se gestionan los documentos una vez definidos los mismos.

El coste de cada uno de estos equipos queda reflejado en las Tablas 35 y 36 respectivamente.

Concepto		Coste	Cantidad	Coste total
Portátil Intel Pentium 4GB RAM		400 €	1	400 €
Software de desarrollo	Microsoft Windows 7	150 €	1	150 €
	Microsoft Word (v.97)	90 €	1	90 €
	Microsoft Excel (v.97)	90 €	1	90 €
<b>Total a amortizar:</b>				<b>730 €</b>
		Tipo	Número	Amortización
		Diaria	2,00 €	0,40 €
		Semanal	14,04 €	2,75 €
		Horaria	0,25 €	0,05 €

Tabla 35: Costes del equipo de desarrollo.

Concepto		Coste	Cantidad	Coste total
Intel Core i7 8 GB RAM		600 €	1	600 €
Impresora Escáner Canon MG3150		50 €	1	50 €
Software de desarrollo:	Microsoft Windows 7	150 €	1	150 €
	Microsoft Word (v.97)	90 €	1	90 €
	ArcGis 9.3.	0	1	0 €
	Microsof Excel (v.97)	120 €	1	120 €
<b>Total a amortizar:</b>				<b>1.010 €</b>
		Tipo	Número	Amortización
		Diaria	2,77 €	0,55 €
		Semanal	19,42 €	3,81 €
		Horaria	0,35 €	0,07 €

Tabla 36: Costes del equipo de edición.

### 8.3.3. Coste del material consumible

Para consumibles (papeles de impresora, CD's, etc.), se ha calculado su consumo medio, por persona y hora de trabajo. Para cada uno de los equipos se obtienen los siguientes resultados (Tabla 37).

Concepto	Coste
Papeles de impresora	60 €
Suministros para impresora	270 €
CD's	60 €
Otros	300 €
<b>Coste anual total por persona:</b>	<b>690 €</b>
<b>Coste horario por persona:</b>	<b>0,24 €</b>

Tabla 37: Costes del material consumible.

#### 8.3.4. Costes indirectos

Aquí se considerarán gastos que hacen referencia a consumos de electricidad, teléfono, calefacción, alquileres, etc. Las tasas de coste calculadas por persona y hora para cada uno de estos conceptos se muestran en la Tabla 38.

Concepto	Coste
Teléfono	300 €
Alquileres	1.440 €
Electricidad	120 €
Otros	330 €
<b>Coste anual por persona:</b>	<b>2.190 €</b>
<b>Coste horario por persona:</b>	<b>0,75 €</b>

Tabla 38: Costes indirectos.

#### 8.3.5. Horas de personal dedicadas a cada fase del trabajo

Mediante la realización de un estudio de tiempos y la revisión de otros estudios de tiempos para proyectos realizados en el departamento con características similares al presente, se determinó que la dedicación del personal en cada una de las etapas fue como se reseña en la Tabla 39.

Personal	Etapas				
	1	2	3	4	5
Consultor senior	10	5	5	5	5
Consultor junior	3	5	40	40	5
Aux. administrativo	2	5	240	10	64
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>285</b>	<b>55</b>	<b>74</b>

Tabla 39: Horas dedicadas por persona al proyecto.

## 8.4. COSTES ASIGNADOS A CADA FASE DEL TFM

Para asignar los costes calculados para los recursos a cada fase del trabajo fin de máster (TFM), se tendrán en cuenta las horas que cada persona dedica a cada etapa y las tasas horarias de salarios y amortización, así como los costes estimados para el material consumible y los costes indirectos.

### 8.4.1. Fase 1: decisión de elaboración del TFM

En esta etapa intervienen el Consultor senior, el consultor junior y el auxiliar administrativo. El consultor senior concreta cuáles son los objetivos que se desean alcanzar, define las líneas de actuación que se deben tomar y en colaboración con el consultor junior, define las líneas de actuación y orienta la actuación de los integrantes del equipo que intervienen en esta etapa:

El auxiliar administrativo se encarga de las tareas de redacción de documentos y mecanografía requeridas en esta etapa.

El tiempo empleado se detalló en la Tabla 5.8, resultando un total de 15 horas. En base a esto, los costes en esta fase se reparten según se indica en la Tabla 40.

Concepto		Horas	C.H.	Coste total
Personal	Consultor senior	10	18,59	185,90 €
	Consultor junior	3	18,59	55,77 €
	Aux. Administrativo	2	8,94	17,88 €
Amortización	Equipo de desarrollo	2	0,05 €	0,10 €
	Equipo de edición			
Material consumible	Varios	15	0,24 €	3,54 €
Costes indirectos		15	0,75 €	11,25 €
<b>COSTE TOTAL:</b>				<b>274,44 €</b>

Tabla 40: Costes asociados a la Fase 1.

### 8.4.2. Fase 2: presentación y difusión del TFM

En esta etapa se realiza una presentación a los Responsables de los Departamentos, solicitando su colaboración en el presente diseño de la distribución en planta. Se da a

conocer el equipo que trabajará con los departamentos en la diseño de la distribución. Los costes en esta etapa se resumen en la Tabla 41.

Concepto		Horas	C.H.	Coste total
Personal	Consultor senior	5	18,59	92,95 €
	Consultor junior	5	18,59	92,95 €
	Aux. Administrativo	5	8,94	44,70 €
Amortización	Equipo de desarrollo	5	0,05 €	0,25 €
	Equipo de edición	10	0,07 €	0,69 €
Mat. consumible	Varios	5	0,24 €	1,18 €
Costes indirectos		5	0,75 €	3,75 €
<b>COSTE TOTAL:</b>				<b>236,47 €</b>

Tabla 41: Costes asociados a la Fase 2.

#### 8.4.3. Fase 3: recopilación de información

En esta etapa el Auxiliar Administrativo recopila toda la información. El coste de sus honorarios y el del Ingeniero Industrial representan la mayor parte del total del coste.

En base al estudio de tiempos de la Tabla 34 y a las tasas horarias de personal, amortización, material consumible y resto de costes indirectos, los costes de esta fase se establecen y quedan como se muestra en la Tabla 42.

Concepto		Horas	C.H.	Coste total
Personal	Consultor senior	5	18,59	92,95 €
	Consultor junior	40	18,59	743,60 €
	Aux. Administrativo	240	8,94	2.145,60 €
Amortización	Equipo de desarrollo	150	0,05 €	7,50 €
	Equipo de edición	50	0,07 €	3,46 €
Mat consumible	Varios	465	0,24 €	109,88 €
Costes indirectos		465	0,75 €	348,75 €
<b>COSTE TOTAL:</b>				<b>3.451,74 €</b>

Tabla 42: Costes asociados a la Fase 3.

#### 8.4.4. Fase 4: análisis, búsqueda y selección

Es la etapa más crítica, en la que se plantean y analizan las dos alternativas sobre la localización de los CRABs, para finalmente tomar las decisiones de localización óptima, y

por tanto, es imprescindible la colaboración de todo el personal involucrado en el desarrollo de este proyecto. Los costes asignados a esta fase se muestran en la Tabla 43.

Concepto		Horas	C.H.	Coste total
Personal	Consultor senior	5	18,59	92,95 €
	Consultor junior	40	18,59	743,60 €
	Aux. Administrativo	10	8,94	89,40 €
Amortización	Equipo de desarrollo	10	0,12 €	1,20 €
	Equipo de edición	40	0,20 €	8,00 €
Material consumible	Varios	55	0,31 €	17,05 €
Costes indirectos		55	0,32 €	17,60 €
<b>COSTE TOTAL:</b>				<b>969,80 €</b>

Tabla 43: Costes correspondientes a la Fase 4.

#### 8.4.5. Fase 5: escritura, difusión e implantación

En esta etapa se procede a la escritura de la memoria en la que se recogen las alternativas, sus costes de transporte asociados, la selección de la alternativa idónea, la metodología empleada, etc., labor encomendada al ingeniero industrial con ayuda del Auxiliar Administrativo. Una vez escritos se procederá a la revisión y aprobación final de los documentos. Esta tarea la realizará el consultor senior. Los costes asignados en esta fase se muestran en la Tabla 44.

Concepto		Horas	C.H.	Coste total
Personal	Consultor senior	5	18,59	<b>92,95 €</b>
	Consultor junior	5	18,59	<b>92,95 €</b>
	Aux. Administrativo	64	8,94	<b>572,16 €</b>
Amortización	Equipo de desarrollo	64	0,12 €	<b>7,68 €</b>
	Equipo de edición	10	0,20 €	<b>2,00 €</b>
Material consumible	Varios	74	0,31 €	<b>22,94 €</b>
Costes indirectos		74	0,32 €	<b>23,68 €</b>
<b>COSTE TOTAL:</b>				<b>814,36 €</b>

Tabla 44: Costes correspondientes a la Fase 5.

---

## 8.5. CÁLCULO DEL COSTE TOTAL

---

El coste total se obtiene como suma de los costes totales de cada una de las cinco fases del proyecto, que se detallaron en el anterior apartado. Los costes totales desglosados para cada una de las fases se muestran en la Tabla 45.

Actividad		Euros
Decisión de elaboración del proyecto	15	274,44 €
Presentación y difusión	15	236,47 €
Recopilación de información	285	3.452 €
Análisis, búsqueda y selección	55	969,80 €
Escritura del proyecto	74	814,36 €
<b>TOTAL</b>	<b>444</b>	<b>23.737,21 €</b>

Tabla 45: Costes totales de cada fase.

---

## 9. Bibliografía

---

- AENOR. (20 de 5 de 2013). *AENOR*. Obtenido de Especificación Técnica Europea CEN/TS 14588:  
[http://www.industria.ccoo.es/comunes/recursos/99906/doc168971\\_Potencialidad\\_energetica\\_de\\_la\\_biomasa.pdf](http://www.industria.ccoo.es/comunes/recursos/99906/doc168971_Potencialidad_energetica_de_la_biomasa.pdf)
- APPA. (5 de 5 de 2014). *APPA*. Obtenido de Asociación de productores de energías renovables: [http://www.appa.es/descargas/ESTUDIO\\_AFI-APPA.PDF](http://www.appa.es/descargas/ESTUDIO_AFI-APPA.PDF)
- Centro Tecnológico CARTIF y Fundación Biodiversidad. (2008). *Observatorio para la dinamización de la biomasa sólida*. Programa Emplea Verde 2007-2013. FondoSocial Europeo.
- ENCE. (20 de 5 de 2013). Obtenido de <http://www.ence.es/>
- J. d. (5 de 06 de 2014). *Portal de Comunicación*. Obtenido de <http://www.comunicacion.jcyl.es/web/jcyl/Comunicacion/es/Plantilla100DetalleFeed/1281372051501/NotaPrensa/1284296438345/Comunicacion>
- Junta de Castilla y León. (10 de 12 de 2013). *Portal de comunicación*. Obtenido de <http://www.comunicacion.jcyl.es/web/jcyl/Comunicacion/es/Plantilla100DetalleFeed/1281372051501/NotaPrensa/1284296438345/Comunicacion>
- Linares Muñoz, I. (2013). Entrevista: Enrique Julián Fuentes, director general de medio ambiente del Gobierno de EXtremadura. *Foresta*, 4-9.
- Martín Larrañaga, M. (1 de 5 de 2013). *ambient@*. Obtenido de La bioenergía: estrategia para una economía verde:  
<http://www.revistaambienta.es/WebAmbienta/marm/Dinamicas/secciones/articulos/Bioenergia.htm>
- Ministerio de Fomento. (19 de 6 de 2014). Obtenido de [http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG\\_CASTELLANO/DIRECCIONES\\_GENERALES/TRANSPORTE\\_TERRESTRE/SERVICIOS\\_TRANSPORTISTA/DESCARGA\\_SOFTWARE/Acotram.htm](http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/TRANSPORTE_TERRESTRE/SERVICIOS_TRANSPORTISTA/DESCARGA_SOFTWARE/Acotram.htm)

RAE. (10 de 5 de 2013). *RAE*. Obtenido de <http://www.rae.es/>

SORIANoticias.com. (10 de 5 de 2014). *SORIANoticias.com*. Obtenido de Rebi-Cofely construirá la red de calor del District Heating de la Universidad de Valladolid: <http://sorianoticias.com/noticia/2014-02-14-rebi-cofely-construira-red-calor-district-hating-universidad-valladolid-15262>

Universidad de Valladolid. (20 de 11 de 2013). *Gabinete de comunicaciones*. Obtenido de La UVa celebra una jornada sobre sostenibilidad energética en el campus de Valladolid: [http://www.psc.uva.es/notas/notas\\_desplegadas.asp?id=7536](http://www.psc.uva.es/notas/notas_desplegadas.asp?id=7536)

Wikipedia. (10 de 5 de 2013). Obtenido de Ciclo del carbono: [http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo\\_del\\_carbono](http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_del_carbono)

Wikipedia, C. d. (10 de 04 de 2013). *Wikipedia*. Obtenido de Consumo y recursos energéticos a nivel mundial: [http://es.wikipedia.org/wiki/Consumo\\_y\\_recursos\\_energ%C3%A9ticos\\_a\\_nivel\\_mundial](http://es.wikipedia.org/wiki/Consumo_y_recursos_energ%C3%A9ticos_a_nivel_mundial)