

Energías renovables en la provincia de Jaén

Un análisis de la situación
actual y del impacto de los
cambios legislativos

Coordinador:

Julio Terrados Cepeda



Consejo Económico y Social
de la Provincia de Jaén



Energías renovables en la provincia de Jaén

**Un análisis de la situación
actual y del impacto de los
cambios legislativos**

Coordinador:

Julio Terrados Cepeda

Energías renovables en la provincia de Jaén

**Un análisis de la situación
actual y del impacto de los
cambios legislativos**



Consejo Económico y Social
de la Provincia de Jaén

Consejo Económico y Social
de la Provincia de Jaén

Colección: MONOGRÁFICOS

Coordinación general de la obra:

- Julio Terrados Cepeda

Autores (por orden alfabético):

- Gabino Almonacid Puche
- Eulogio Castro Galiano
- Francisco Javier Gallego Álvarez
- Lucía García Bustos
- Pedro Gómez Vidal
- Leocadio Hontoria García
- José Antonio La Cal Herrera
- Blas Ogáyar Fernández
- Pedro Jesús Pérez Higuera
- David Pozo Vázquez
- Julio Terrados Cepeda

Edita: © Diputación Provincial de Jaén
Consejo Económico y Social de la Provincia de Jaén

Diseño, maquetación
e impresión: Diputación Provincial de Jaén
Unidad de Diseño e Imprenta
Plaza de San Francisco, 2 - 23071 Jaén

I.S.B.N.: 978-84-697-0542-1
Depósito Legal: J. 224 - 2014

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
1. Energías renovables, desarrollo y medioambiente	9
1.1. La energía, el desarrollo socioeconómico y el medioambiente	9
1.2. El desarrollo de las energías renovables en la provincia de Jaén	11
1.3. La influencia de los cambios legislativos en el desarrollo de las energías renovables	12
2. El sistema energético mundial, nacional y regional	13
2.1. Introducción	13
2.2. La situación energética mundial	13
2.3. El sistema energético español	14
2.4. El sistema energético andaluz	18
3. Coyuntura energética de la provincia de Jaén	23
3.1. Coyuntura energética de la provincia de Jaén	23
3.2. Parque provincial de generación de energía eléctrica	24
3.3. Balance de energía eléctrica de la provincia de Jaén	33
3.4. Consumos energéticos finales y primarios	34
3.5. Producción interior de energía y grado de autoabastecimiento energético	42
3.6. Intensidad energética	48
3.7. Generación térmica con renovables	49
3.8. Otras infraestructuras energéticas	50
3.9. Principales magnitudes energéticas de la provincia de jaén	51
4. Energía solar fotovoltaica	55
4.1. Introducción	55
4.2. Definición de energía solar fotovoltaica	56
4.3. Componentes de los sistemas fotovoltaicos	57
4.4. Tipos de sistemas fotovoltaicos	60
4.5. El recurso solar en la provincia de Jaén	63
4.6. Potencial fotovoltaico de la provincia de Jaén	70
4.7. Inversiones y empleo generado por la ESF	70

	Pág.
5. Energía de la biomasa	71
5.1. Introducción	71
5.2. Biomasa. Definición, tipos, orígenes, destinos actuales y principales aplicaciones	71
5.3. Potencial de biomasa de la provincia de Jaén	79
5.4. Instalaciones de biomasa de la provincia de Jaén	88
5.5. Inversiones y empleo asociadas al uso de la biomasa	94
5.6. Otras alternativas de aprovechamiento de la biomasa	96
6. Energía eólica	105
6.1. Introducción	105
6.2. Energía eólica	106
6.3. Recursos disponibles en la provincia de Jaén	108
6.4. Aprovechamiento eólico en la provincia de Jaén	114
6.5. Inversión y empleo generado por la energía eólica	115
7. Energía minihidráulica	117
7.1. Introducción	117
7.2. Clasificación de las centrales minihidráulicas	118
7.3. Elementos básicos de una minicentral	122
7.4. Configuraciones de las centrales minihidráulicas	126
7.5. Recursos disponibles en la provincia de Jaén	130
7.6. Resumen	150
7.7. Análisis de rentabilidad de las centrales minihidráulicas con posibilidad de recuperación	152
7.8. Inversiones y empleo generado por la emh	157
7.9. Barreras para el desarrollo de la energía minihidráulica.	160
8. Marco regulatorio de las energías renovables en España	165
8.1. Introducción	165
8.2. Evolución del marco regulatorio español	166
8.3. Resultados de la política renovable hasta el año 2010	167
8.4. Directiva 2009/28/ce del Parlamento Europeo	168
8.5. Plan de energías renovables 2011-2020.	170
8.6. Marco regulatorio actual	174
8.7. Normativa andaluza	180
8.8. El nuevo marco legal	181
9. El sector empresarial de las energías renovables	185
9.1. El sector de las energías renovables	185

	Pág.
9.2. El sector de las energías renovables en la provincia de Jaén	186
9.3. Impacto de los cambios legislativos y la crisis económica en el sector	198
10. Impacto de los cambios legislativos en el sector	201
10.1. Energía solar fotovoltaica	201
10.2. Energía de la biomasa	204
10.3. Energía eólica	207
10.4. Energía minihidráulica	208
11. Conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio	211
11.1. Conclusiones del estudio	211
11.2. Recomendaciones y propuestas de actuación	214
12. REFERENCIAS	217

Capítulo 1

ENERGÍAS RENOVABLES, DESARROLLO Y MEDIOAMBIENTE

Gabino Almonacid Puche
Julio Terrados Cepeda

1.1. LA ENERGÍA, EL DESARROLLO SOCIOECONÓMICO Y EL MEDIOAMBIENTE

El sistema energético está basado, en la actualidad, en una fuerte dependencia de los combustibles fósiles. Este modelo, del que dependen la mayoría de las actividades de la humanidad, ha permitido un fuerte desarrollo de la economía mundial en el último siglo, pero ha presentado a su vez una serie de inconvenientes que lo hacen cada día más insostenible.

El agotamiento de los recursos energéticos fósiles, cuyas reservas tienen una vida limitada; el deterioro medioambiental producido por la producción y el uso de estos recursos; y la centralización del modelo energético que está fomentando el desequilibrio territorial, son factores suficientemente importantes como para cambiar la estructura energética, integrando en ella nuevos recursos y modificando la forma en la que los utilizamos.

Debemos tener en cuenta que cualquier proceso de captación, transformación o uso final de los recursos energéticos tiene impactos significativos sobre el medio ambiente. Estos impactos, generalmente ligados al uso de combustibles fósiles y energía nuclear, son bien conocidos actualmente.

Podemos distinguir entre los impactos de ámbito global o regional, y aquellos cuyas consecuencias son de carácter local. Entre los primeros cabe mencionar: el cambio climático, la lluvia ácida, la destrucción de la capa de ozono estratosférica y el aumento del ozono troposférico. Entre los segundos se pueden destacar: la contaminación de suelos y ríos, la contaminación acústica, el impacto visual, el uso del terreno y la alteración de flora y fauna.

Centrándonos en el cambio climático, su principal causa es el fenómeno conocido como efecto invernadero. Este efecto se debe al aumento de la temperatura de la biosfera producida por la capacidad de ciertos gases

presentes en la atmósfera que dejan pasar sin dificultad la radiación de onda corta que llega a la tierra desde el sol, pero que reflejan hacia la superficie terrestre las radiaciones de onda larga que son irradiadas desde la misma hacia el exterior.

Se consideran fundamentalmente seis gases de efecto invernadero de origen antropogénico: el dióxido de carbono (CO_2), los hemióxidos de nitrógeno (N_2O), el metano (CH_4), los hidrofluorurocarbonos (HFC), el hidrocarburo perfluorado (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF_6). De ellos es el CO_2 el que más contribuye al efecto invernadero, con una responsabilidad del 80%, siendo además las emisiones de este gas generadas mayoritariamente en Europa, en un 94%, por el sector energético. Tal y como se apunta en el Libro Verde “Para una estrategia y un plan de acción comunitarios: Energía para el futuro: Fuentes de Energías Renovables” [Comisión Europea, 2001].

Así mismo, el informe de la Agencia Internacional de la Energía relativo al Cambio Climático, publicado en 1997, reflejaba que el dióxido de carbono era el principal gas de efecto invernadero antropogénico, y que la producción y el uso de los combustibles fósiles eran responsables de las tres cuartas partes de sus emisiones [IEA, 1997]. Se citaban otros gases de efecto invernadero producidos por el sector energético como los óxidos de nitrógeno, derivado del uso de madera como combustible; el metano, procedente de la producción, uso y transporte de gas natural y carbón; y los precursores del ozono troposférico.

Este deterioro medioambiental producido por la producción y el uso de los combustibles fósiles, unido al su propio agotamiento y la centralización del modelo energético fomenta el desequilibrio territorial, son factores suficientemente importantes como para cambiar la estructura energética, integrando en ella nuevos recursos y modificando la forma en la que los utilizamos.

Es necesario, por tanto, hacer compatible el desarrollo socioeconómico de nuestro territorio con un modelo energético sostenible, respetuoso con el medio ambiente y que genere riqueza en el propio entorno. Para ello se necesita redirigir el modelo actual hacia un sistema energético más equilibrado que apueste por el aprovechamiento de los recursos renovables autóctonos.

Para ello, la Comunicación de la Comisión Europea, Energía para el futuro: fuentes de energía renovables, Libro Blanco para una Estrategia y un Plan de Acción comunitarios COM (97) 599 de 26 de noviembre de 1997 [Comisión Europea, 1997], establecía claramente un objetivo del 12% de la energía primaria para ser obtenido mediante recursos renovables en el año

2010. Posteriormente, la Comisión Europea ha ido actualizando estos objetivos que actualmente se enmarcan en la Directiva 2009/28/CE [DOCE, 2009] que fija como objetivos, para el año 2020, que el 20% del consumo energético proceda de energías renovables y que el 10% de los carburantes utilizados sean biocarburantes.

La consecución de este objetivo en la escala comunitaria exige compromisos y estrategias a nivel nacional como los que marca el Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020, de noviembre de 2010 [IDAE, 2010] que establece un compromiso español para que las energías renovables aporten, en el año 2020, un 22,7% del consumo final bruto de energía, y dentro de esta contribución se fija un objetivo del 42,3% para la producción eléctrica a partir de fuentes renovables.

1.2. EL DESARROLLO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA PROVINCIA DE JAÉN

Estas política de apoyo al desarrollo de las energías renovables exigen también estrategias y acciones en el ámbito regional y provincial. Tal y como se asevera en el prólogo del Informe Mundial de Energía [PNUD, 2000]: *“nuestro futuro energético dependerá en gran medida no solo de los Gobiernos, sino también de las unidades regionales, del sector privado y de la sociedad civil”*.

Realmente, los intercambios y conversiones energéticos son de tal naturaleza que se hace difícil hablar de un sistema energético regional o local, al igual que lo sería si los circunscribiéramos al país en su totalidad. Sería más preciso hablar del sistema energético “a secas” no sólo porque los transvases de energía configuran un ámbito fundamentalmente internacional sino porque las consecuencias que para el medio ambiente tiene la opción por un determinado modelo de sistema energético son, sin lugar a dudas, de carácter global. Sin embargo tal y como se ha comentado anteriormente, el papel que van a jugar las regiones y los municipios en el desarrollo de estrategias para el rediseño del modelo energético es esencial, por lo que por extensión hablaremos de sistema energético regional o local cuando enmarquemos el estudio en estas unidades territoriales.

Por otra parte, la provincia de Jaén dispone de un enorme potencial de recursos renovables que mayoritariamente no están siendo aún aprovechados. Es necesario contribuir desde el ámbito universitario a la puesta en valor de estos recursos y concienciar a los distintos agentes para que aúnen esfuerzos para conseguir un sistema energético más justo, solidario y sostenible.

De esta forma, el trabajo que se presenta tiene como finalidad contribuir al desarrollo de las energías renovables en la provincia de Jaén a través del diagnóstico de la situación actual y del análisis de los impactos derivados de los cambios legislativos que han tenido lugar en los últimos años. Además, se presentan una serie de recomendaciones y propuestas para la mejora de la situación actual.

1.3. LA INFLUENCIA DE LOS CAMBIOS LEGISLATIVOS EN EL DESARROLLO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

Como se analizará en los apartados que siguen, en los últimos años se han producido una serie de cambios en la legislación y en las normativas aplicables al sector de las energías renovables que están poniendo en peligro la viabilidad de muchos proyectos ya puestos en marcha y el desarrollo futuro de esta área de actividad en la provincia de Jaén.

Capítulo 2

EL SISTEMA ENERGÉTICO MUNDIAL, NACIONAL Y REGIONAL

Julio Terrados Cepeda

2.1. INTRODUCCIÓN

En este apartado resumimos la situación del sistema energético a nivel mundial, nacional y regional.

Se analiza a primer lugar la estructura energética mundial, en base a los datos de British Petroleum (BP) y del Ministerio de Industria, Energía y Turismo con datos relativos al año 2011. Posteriormente se revisa el sistema energético nacional, aprovechando la reciente publicación de los datos de coyuntura energética, del año 2012, publicados por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, y finalmente estudiamos la situación a nivel de la comunidad autónoma de Andalucía, haciendo uso de los datos del año 2011 publicados por la Agencia Andaluza de la Energía.

2.2. LA SITUACIÓN ENERGÉTICA MUNDIAL

La estructura energética en el mundo se mantiene actualmente fundamentalmente basada en el consumo de petróleo, carbón y gas natural. En el año 2011, el consumo mundial de energía, en términos de energía primaria¹, fue de 12.275 millones de toneladas equivalentes de petróleo (tep), habiendo crecido un 2,5% respecto a la demanda del año anterior.

¹ La energía primaria se define como aquella que no ha sido sometida a ningún proceso de transformación, mientras que la energía final es la que los consumidores utilizan directamente y que procede de la transformación de la energía primaria. Como ejemplo podemos decir que el gas natural se emplea, como energía primaria, en Centrales de Ciclo Combinado para generar electricidad, que será una energía final consumida en industrias y hogares. Mientras que el gas natural puede ser también empleado, como energía final, en industrias y hogares para usos finales térmicos (agua caliente, calefacción, secado, ...).

Este crecimiento no ha sido uniforme. Mientras que los países de la OCDE han mantenido la desaceleración derivada de la crisis económica, el fuerte crecimiento económico de los países no-OCDE han provocado el aumento de la demanda energética y de los precios de la energía [MIET, 2012].

Por áreas, el mayor consumo se ha producido en Asia-Pacífico que alcanzó el 39,1%, con una aportación de China del 21,5%, mientras que Norteamérica aportó el 22,6% del consumo, con una contribución de Estados Unidos del 18,5%, y la Unión Europea tuvo una demanda del 13,8%. Otros consumos relevantes fueron los de Rusia, India y Japón con unas demandas del 5,6%, 4,6% y 3,9% respectivamente.

Por fuentes energéticas, del total de este consumo, un 33,1% fue aportado por los derivados del petróleo, un 30,3% por el carbón, y un 23,7% por el gas natural. Por tanto, más del 87% del consumo mundial de energía provenía de combustibles fósiles. Las energías renovables solo contribuyeron con el 8,0%, mientras que la energía nuclear aportó el 4,9% .

2.3. EL SISTEMA ENERGÉTICO ESPAÑOL

El sistema energético español, al igual que el de los países desarrollados, está fuertemente basado en el consumo de combustibles fósiles. El consumo total de energía primaria en España ha sido, en el año 2012 de 128.316 ktep, habiéndose registrado un descenso en el consumo del 0,76% respecto al año anterior [MIET, 2013]. Además, en el año 2012 más del 75,9% de la energía primaria consumida era de origen fósil, mientras que un 12,5% era de origen nuclear (Tabla 2.1).

Estos datos muestran, sin embargo, una tendencia favorable ya que en el año 2007 más del 83,5% de la energía primaria consumida era de origen fósil, habiéndose limitado la dependencia de estas fuentes energéticas en más de 7 puntos en los últimos cinco años.

En general, la tendencia observada en los últimos años, por fuentes energéticas, marca un ligero descenso en la contribución del carbón y del petróleo a la estructura energética. Estas dos fuentes han reducido su aportación del 62% en el año 2007 al 53,8% 100 en el año 2012.

Por otra parte, la contribución del gas natural a la estructura energética nacional ha mantenido un crecimiento sostenido hasta el año 2009, habiéndose estabilizado desde entonces en el entorno del 22%, consolidándose como la segunda fuente energética en nuestro país. Hay que mencionar que

hasta el año 2001 su contribución era inferior a la del carbón y la de la energía nuclear.

Tabla 2.1.

Evolución del consumo de energía primaria en España (ktep)

	2007		2008	2009	2010	2011	2012	
	ktep	%	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	%
Carbón	20.037	13,6%	13.504	9.562	7.163	12.709	14.986	11,7%
Petróleo	71.238	48,4%	68.342	63.283	60.993	58.240	54.108	42,2%
Gas natural	31.778	21,6%	34.903	31.219	31.123	28.986	28.242	22,0%
Nuclear	14.360	9,8%	15.369	13.750	16.155	15.045	15.994	12,5%
Hidráulica	2.349	1,6%	2.009	2.271	3.638	2.631	1.763	1,4%
Eólica, Solar y Geotérmica	2.518	1,7%	3.193	4.002	4.858	5.014	6.644	5,2%
Biomasa, biocarb. y resid. renov	5.141	3,5%	5.350	6.192	6.447	7.022	7.371	5,7%
Residuos no renovables	309	0,2%	328	319	174	174	172	0,1%
Saldo eléctrico	-495	-0,3%	-949	-697	-717	-524	-963	-0,8%
TOTAL	147.235	100,0%	142.049	129.902	129.836	129.298	128.316	100,0%
Tasa de variación			-3,52%	-8,55%	-0,05%	-0,41%	-0,76%	

FUENTE: Boletín trimestral de coyuntura energética. Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

En lo referente a las energías renovables la contribución de estos recursos a la estructura energética se ha incrementado, pasando de un 6,8% en el año 2007 a un 12,3% en el año 2012. De este porcentaje un 5,7% corresponde a la biomasa y biocarburantes, un 5,2% es aportado por la energía eólica, con aportaciones menores de energía solar fotovoltaica y geotérmica, y un 1,4% ha sido la contribución de la energía hidráulica.

Esta estructura presenta, ya de por sí, los inconvenientes derivados del impacto medioambiental del uso de los combustibles fósiles y del agotamiento de dichos recursos. Pero un estudio un poco más profundo nos acerca a la realidad de que la mayor parte de estos recursos son importados, lo que obliga al país a mantener un alto grado de dependencia energética con el exterior.

Por otra parte, analizando el comportamiento del consumo de energía final, es decir la energía que los consumidores utilizan directamente, vemos

en los últimos años España ha incrementado fuertemente el consumo de gas natural y de electricidad, mientras que se reduce el consumo de productos derivados del petróleo y de carbón (Tabla 2.2).

También se ha incrementado la demanda final de energías renovables y residuos que ha pasado del 4% en el año 2007 al 7,1% en el año 2012. A pesar de ello sigue siendo predominante el petróleo en la estructura del consumo final con un 51,1% de la demanda.

Tabla 2.2.
Evolución del consumo de energía final en España

	2007		2008	2009	2010	2011	2012	
	ktep	%	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	%
Carbón	1.821	1,7%	1.650	1.136	1.338	1.555	1.076	1,2%
Gases Derivados del Carbón	291	0,3%	283	214	265	306	238	0,3%
Productos Petro-líferos	61.556	58,2%	58.582	54.190	53.036	49.993	45.634	51,1%
Gas	16.222	15,3%	15.112	13.418	14.848	14.593	15.551	17,4%
Electricidad	21.568	20,4%	21.938	20.621	21.053	20.635	20.427	22,9%
Energías renovables y residuos	4.279	4,0%	4.409	5.005	5.367	5.801	6.345	7,1%
TOTAL	105.737	100,0%	101.974	94.583	95.906	92.882	89.270	100,0%
Tasa de variación			-3,56%	-7,25%	1,40%	-3,15%	-3,89%	

FUENTE: Boletín trimestral de coyuntura energética. Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

En el caso del uso final de energías renovables, se circunscribe fundamentalmente al uso térmico de la biomasa tanto a nivel doméstico como en procesos industriales, y al uso de biocarburantes para el transporte. En importante destacar el gran incremento en los últimos años del consumo de biocarburantes que se ha multiplicado por cinco, contribuyendo en el año 2012 en un 33% al consumo final de energías renovables (Tabla 2.3). En el debe, debemos destacar la poca implantación de la energía solar térmica que solo aporta el 3,4% al consumo final.

Tabla 2.3.**Evolución del consumo final de energías renovables en España**

	2007		2008	2009	2010	2011	2012	
	ktep	%	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	%
BIOMASA	3.720	86,9%	3.626	3.735	3.678	3.802	3.949	62,2%
BIOGAS	72	1,7%	28	28	53	56	36	0,6%
BIOCARBURANTES	385	9,0%	619	1.073	1.436	1.721	2.124	33,5%
SOLAR TERMICA	93	2,2%	125	155	183	205	218	3,4%
GEOTERMICA	9	0,2%	11	14	16	17	18	0,3%
TOTAL	4.279	100,0%	4.409	5.005	5.367	5.801	6.345	100,0%
			3,04%	13,50%	7,23%	8,09%	9,38%	

FUENTE: Boletín trimestral de coyuntura energética. Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

Centrándonos en el sistema eléctrico, la generación eléctrica en España en el año 2012 alcanzó los 281.719 GWh, incrementándose en un 2,1% respecto a la generación del año anterior (Tabla 2.4). El “mix” de generación eléctrica se basa principalmente en centrales de gas natural, energía nuclear y carbón, que en el año 2012 aportaron el 66,2% de la producción, si contabilizamos tanto las centrales que operan en régimen ordinario como las que operan en régimen especial.

Como cuarta fuente de generación eléctrica se ha situado la energía eólica que, en el año 2012, alcanzó el 17,3% de la producción incrementando su contribución en un 15,9% respecto a la del año anterior. Las centrales hidroeléctricas del régimen ordinario contribuyeron con un 6,9% de la producción y las del régimen especial con un 1,7%, reduciendo en ambos casos su aportación, al haber sido el año 2012 un mal año hidrológico.

Tabla 2.4.
Generación de energía eléctrica (GWh) en España

	2011		2012		Variación
	GWh	%	GWh	%	%
REGIMEN ORDINARIO	179.794	65,2%	175.418	62,3%	-2,4%
Hidroeléctrica	27.664	10,0%	19.457	6,9%	-29,7%
Térmica	152.130	55,1%	155.961	55,4%	2,5%
Nuclear	57.731	20,9%	61.371	21,8%	6,3%
Antracita	7.782	2,8%	8.455	3,0%	8,6%
Lignito negro	3.973	1,4%	3.023	1,1%	-23,9%
Hulla	28.583	10,4%	40.183	14,3%	40,6%
Gas siderúrgico	985	0,4%	766	0,3%	-22,2%
Gas natural	51.357	18,6%	40.352	14,3%	-21,4%
Prod. petrolíferos	1.719	0,6%	1.811	0,6%	5,3%
REGIMEN ESPECIAL	96.128	34,8%	106.301	37,7%	10,6%
Hidroeléctrica	5.247	1,9%	4.655	1,7%	-11,3%
Eólica	42.064	15,2%	48.772	17,3%	15,9%
Fotovoltaica	7.059	2,6%	7.770	2,8%	10,1%
Termosolar	1.294	0,5%	3.775	1,3%	191,7%
Carbón	511	0,2%	562	0,2%	9,9%
Gas siderúrgico	183	0,1%	123	0,0%	-32,8%
Gas natural	31.807	11,5%	32.508	11,5%	2,2%
Prod. petrolíferos	2.686	1,0%	2.506	0,9%	-6,7%
Biomasa	2.937	1,1%	3.387	1,2%	15,3%
Biogas	875	0,3%	932	0,3%	6,5%
R.S.U. renovable	647	0,2%	565	0,2%	-12,7%
Otras fuentes	171	0,1%	184	0,1%	7,2%
TOTAL SISTEMA PENINSULAR	275.922	100,0%	281.719	100,0%	2,1%

FUENTE: Ministerio de Industria, Energía y Turismo, y elaboración propia.

2.4. EL SISTEMA ENERGÉTICO ANDALUZ

En el año 2011 la comunidad andaluza consumió 19.053 ktep, en términos de energía primaria, lo que ha representado el 14,74 % de la energía primaria demandada en España [AAE, 2012]. Este consumo, que marcó un

máximo de 21.137 ktep en el año 2007, se recupera ligeramente después de los descensos acumulados en los años 2008 y 2009.

En términos de energía final, Andalucía ha consumido 13.349 ktep en el año 2011, lo que representa el 14,37 % del consumo español (Tabla 2.5).

Tabla 2.5.

Evolución del consumo de energía primaria y final en Andalucía

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Consumo de Energía Primaria (ktep)	18.835	19.9943	19.958	21.137	20.154	18.746	18.914	19.053
Consumo de Energía Final (ktep)	13.854	14.525	14.418	15.441	15.222	13.789	13.741	13.349

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de la Agencia Andaluza de la Energía.

La estructura de este consumo, que se presenta en la Tabla 2.6, muestra al igual que en la distribución nacional, una altísima dependencia de los combustibles fósiles. El petróleo sigue siendo en el año 2011 la principal fuente energética en el sistema andaluz, con un 46% del total, mientras que el gas natural se mantiene como la segunda fuente, con una contribución del 29,4%. Las energías renovables han superado al carbón y son la tercera fuente energética, en importancia, en la comunidad autónoma con un 14,4%, en términos de energía primaria.

Tabla 2.6.

Evolución del consumo de energía primaria, por fuentes, en Andalucía

	2006	%	2007	2008	2009	2010	2011	%
Saldo eléctrico	32,6	0,16%	-38	286,1	-48,6	76	-82	-0,43%
Energías renovables	828,3	4,15%	1.081,9	1.610,0	1.824,6	2.427,8	2.737,8	14,37%
Gas	6.249,2	31,31%	6.420,8	6.524,9	5.601,0	5.638,0	5.602,5	29,40%
Petróleo	10.054,9	50,38%	10.380,7	9.982,5	9.193,5	9.044,3	8.756,0	45,96%
Carbón	2.792,9	13,99%	3.291,5	1.750,6	2.175,6	1.727,6	2.038,9	10,70%
TOTAL	19.957,9	100,00%	21.136,9	20.154,2	18.746,1	18.913,8	19.053,3	100,00%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Agencia Andaluza de la Energía.

Respecto a la distribución nacional, destaca la ausencia de centrales nucleares como diferencia más significativa en la estructura andaluza, lo que se compensa con la mayor aportación fundamentalmente de energías renovables, petróleo y gas natural.

Por su parte, las energías renovables contribuyeron, en el año 2011, con 2.737,8 ktep lo que representa el 14,4% de la estructura energética primaria. Se ha producido un gran avance desde el año 2006, incrementándose en un 230% el consumo de energías renovables en Andalucía (Tabla 2.7). Dentro de ellas la biomasa alcanzó el 52,5% (1.437,4 ktep), la energía eólica contribuyó con el 19,7% (538 ktep) mientras que la energía termosolar aportó el 17,6% (480,5 ktep).

Tabla 2.7.

Evolución del consumo de energías renovables en Andalucía (ktep).

	2006	%	2007	2008	2009	2010	2011	%
Biomasa	670,9	81,00%	901,6	1.266,70	1.155,80	1.409,80	1.437,40	52,50%
Hidráulica	39,6	4,78%	34,4	41,6	70,1	126,7	103,7	3,79%
Eólica	89,7	10,83%	104,6	214,4	375,7	510,1	538	19,65%
Solar térmica	27,1	3,27%	32,4	39	44,2	52,2	56,4	2,06%
Solar fotovoltaica	1	0,12%	4,6	36	122,6	97,4	121,8	4,45%
Termosolar	0	0,00%	4,4	12,3	56,1	231,6	480,5	17,55%
TOTAL	828,3	100,00%	1.081,90	1.610,00	1.824,60	2.427,80	2.737,80	100,00%

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de la Agencia Andaluza de la Energía.

Por tanto la biomasa continúa siendo la principal fuente energética renovables de la comunidad autónoma, habiéndose incrementado en un 214% desde el año 2006. Sin embargo su contribución al total de las renovables ha disminuido debido al fuerte incremento de otras fuentes.

Así, se constata en estos últimos cinco años el fuerte incremento de la energía eólica, que ha pasado del 10,8 al 19,7%, el gran desarrollo de la energía termosolar, que ha pasado de no estar representada a ser la tercera fuente energética renovables con el 17,6%, y el avance de la energía solar fotovoltaica que ha pasado del 0,1% al 4,5%.

En lo relativo a la energía final, Andalucía consumió 13.349 ktep en el año 2011, que supone el menor consumo de los últimos diez años. En la es-

estructura de este consumo, la mayor parte corresponde a los productos petrolíferos, 56,1%, seguidos del consumo de electricidad, 21,7%, y del gas natural, 15,1%, tal y como se aprecia en la Tabla 2.8.

La estructura de este consumo se ha mantenido estable en los últimos años, aunque con un incremento destacable de las energías renovables para usos finales térmicos y una bajada progresiva del consumo de productos petrolíferos. Por su parte, el gas natural se ha mantenido una tendencia creciente, derivada del aumento y la mejora de la infraestructura gasista.

Tabla 2.8.

Evolución del consumo de energía final en Andalucía

	2006	%	2007	2008	2009	2010	2011	%
Energía eléctrica	3.034,50	21,05%	3.144,00	3.133,90	2.938,10	2.986,30	2.889,70	21,65%
Energías renovables	430,7	2,99%	644,3	750,6	682,3	910,6	938,9	7,03%
Gas natural	2.014,90	13,98%	2.360,00	2.403,10	1.990,20	1.928,40	2.016,70	15,11%
Productos petrolíferos	8.903,20	61,75%	9.256,80	8.892,60	8.162,00	7.899,70	7.492,90	56,13%
Carbón	34,5	0,24%	36	41,7	15,9	16,1	11,1	0,08%
TOTAL	14.417,70	100,00%	15.441,10	15.222,00	13.788,50	13.741,10	13.349,30	100,00%

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de la Agencia Andaluza de la Energía.

Capítulo 3

COYUNTURA ENERGÉTICA DE LA PROVINCIA DE JAÉN

José Antonio La Cal Herrera

3.1. COYUNTURA ENERGÉTICA DE LA PROVINCIA DE JAÉN

En este apartado se presenta un compendio de información energética de la provincia de Jaén que concluye con una serie de ratios, un conjunto de indicadores y una batería de medidas tendentes a reducir el consumo de energía, mejorar la eficiencia energética e incrementar la producción y el consumo de energía a partir de fuentes de origen renovable.

El análisis de la coyuntura energética de la provincia de Jaén se ha realizado desde varias vertientes. Por un lado, se ha analizado el *parque provincial de generación de energía eléctrica* (producción bruta, distribución por tecnologías, potencia total instalada, energías renovables, cogeneraciones, etc.).

A continuación se ha realizado un *balance de generación de energía eléctrica* en la provincia en base a los datos existentes de consumo suministrados por las compañías eléctricas. También se han estudiado los *consumos de energía, final y primaria*, distribuidos por fuentes y por sectores, la *producción interior de energía*, el *grado de autoabastecimiento energético* y la evolución de algunos parámetros como el consumo de energías renovables. Por último, se incluye un resumen de los principales parámetros energéticos de España, Andalucía y Jaén

Algunos datos están actualizados a marzo de 2012 y otros corresponden al año 2011, en concreto de la publicación “*Datos energéticos de Andalucía 2011*” elaborada por la Agencia Andaluza de la Energía [AAE, 2011]. Los correspondientes a España han sido extraídos del documento ya citado “*La energía en España 2011*” elaborado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo [MIET, 2012].

En un principio y como se verá más adelante, la provincia de Jaén presenta los siguientes rasgos específicos y diferenciadores en relación a las estructuras de consumo energético de Andalucía y de España.

- La energía eléctrica generada en la provincia de Jaén procede de instalaciones acogidas al denominado “*régimen especial*”, es decir, se trata de instalaciones de cogeneración termoeléctrica¹ y, por tanto, de elevada eficiencia energética, y de instalaciones de *energías renovables*: plantas de generación eléctrica con *biomasa* mediante tecnología de combustión, *parques eólicos*, centrales *hidráulicas* e instalaciones *solares fotovoltaicas*. La potencia total instalada en la provincia en marzo de 2012 ascendió a 534,79 MW, de los cuales 190,29 MW, un 35,58%, correspondía a energías renovables (no se incluye la hidráulica de más de 10 MW).
- La *energía hidráulica* está fuertemente implantada en la provincia, con un total de 23 instalaciones que totalizan una potencia de 212,22 MW. De ellas, un 25,76% corresponde a centrales de potencia inferior a 10 MW (54,66 MW), consideradas, por tanto, como mini hidráulicas.
- El peso de las *energías renovables* en el mix de consumos para usos finales se situó en 2011 en un 15,99%, frente al 6,62% de España y el 7,03% de Andalucía. Esto es debido a la utilización de la biomasa en instalaciones del sector oleícola, fundamentalmente orujo extractado y seco (“*orujillo*”) en industrias extractoras de aceite de orujo para su utilización en secaderos, y en almazaras para la producción de agua caliente de proceso y calefacción de las bodegas y resto de dependencias.
- La participación de las fuentes renovables en la *producción interior* de energía es del 100% en el caso de la provincia de Jaén. En los casos de España y Andalucía estos porcentajes se situaron en 2011 en un 43,24% y en un 98,09% respectivamente.
- Jaén es la primera provincia consumidora de *energía térmica* procedente de la biomasa, con un 26% del total, debido al uso tradicional de la leña de olivo y del hueso de aceituna para calefacciones domésticas.

3.2. PARQUE PROVINCIAL DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La producción total bruta de energía eléctrica en Andalucía en el año 2011 se situó en 39.943,30 GWh, de los cuales correspondió a la provincia

¹ Producción combinada de calor y electricidad a partir de la misma fuente de energía primaria.

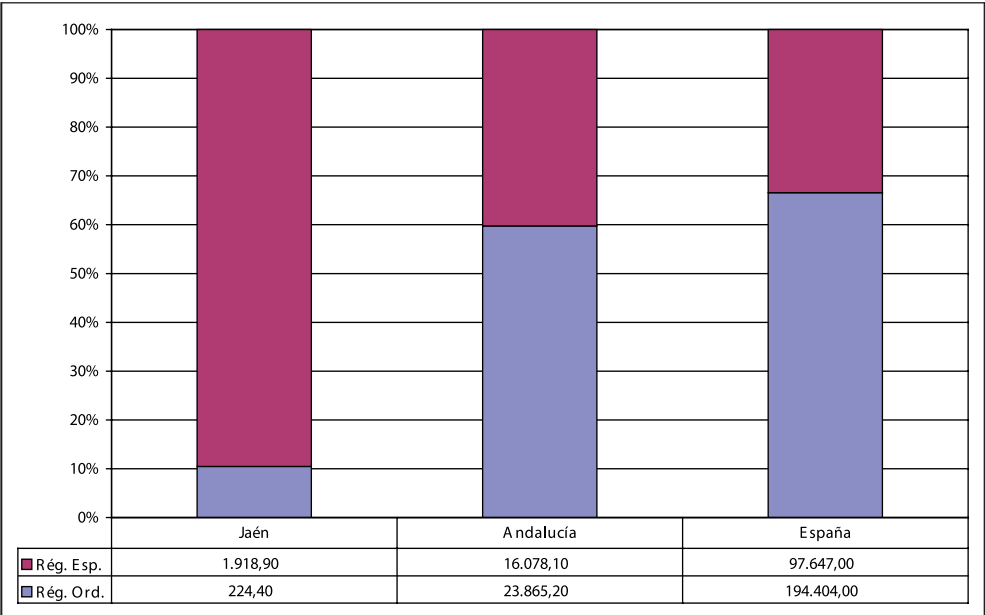
de Jaén un 5,36% (2.143,3 GWh). Del total generado bruto en Andalucía, el 59,74% correspondió al llamado *Régimen Ordinario* (carbón, productos petrolíferos, gas natural, nuclear y centrales hidráulicas de más de 10 MW de potencia) y el resto, un 40,25%, a *Régimen Especial* (renovables y cogeneraciones).

En la provincia de Jaén sucede al revés, la mayor parte, un 89,53%, corresponde a *Régimen Especial* y un 10,46% a *Ordinario*. A nivel nacional la producción total ascendió a 292.051 GWh, de los cuales un 66,57% correspondió a *Régimen Ordinario* y un 33,43% a *Especial*. Todo ello se recoge en el gráfico 3.1.

La *distribución por tecnologías del Régimen Ordinario* se muestra en el gráfico 3.2., donde se puede apreciar, como dato más reseñable, que en la provincia de Jaén la única producción proviene de centrales hidráulicas, no existiendo ni centrales térmicas ni ciclos combinados. En el caso de Andalucía, el mayor porcentaje corresponde a centrales de ciclos combinados a gas natural, seguidas por centrales térmicas de carbón.

Gráfico 3.1.

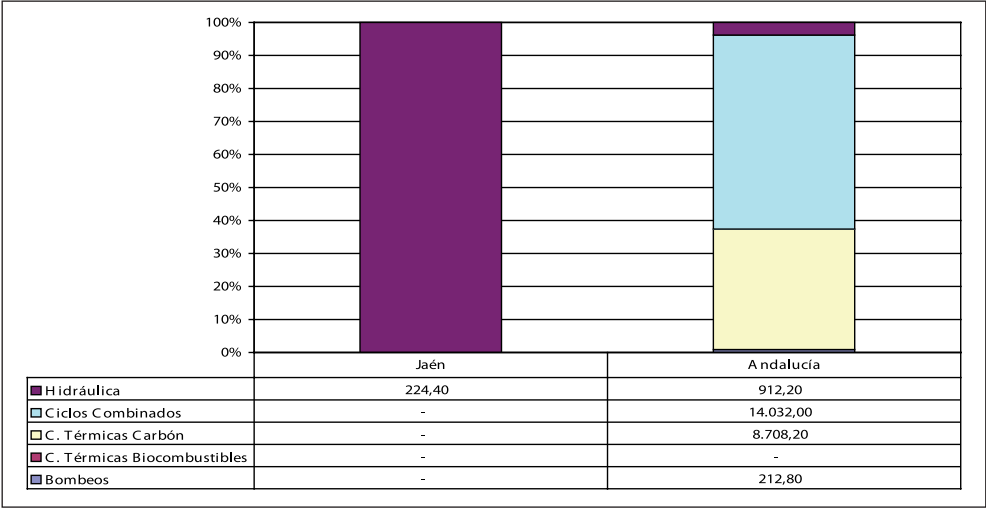
Distribución de la generación bruta de energía eléctrica. Regímenes ordinario y especial. Jaén, Andalucía y España. Año 2011. Datos en GWh/año



FUENTE: Agencia Andaluza de la Energía y elaboración propia.

Gráfico 3.2.

Distribución de la generación bruta de energía eléctrica. Régimen ordinario.
Año 2011. Datos en GWh/año



FUENTE: Agencia Andaluza de la Energía y elaboración propia.

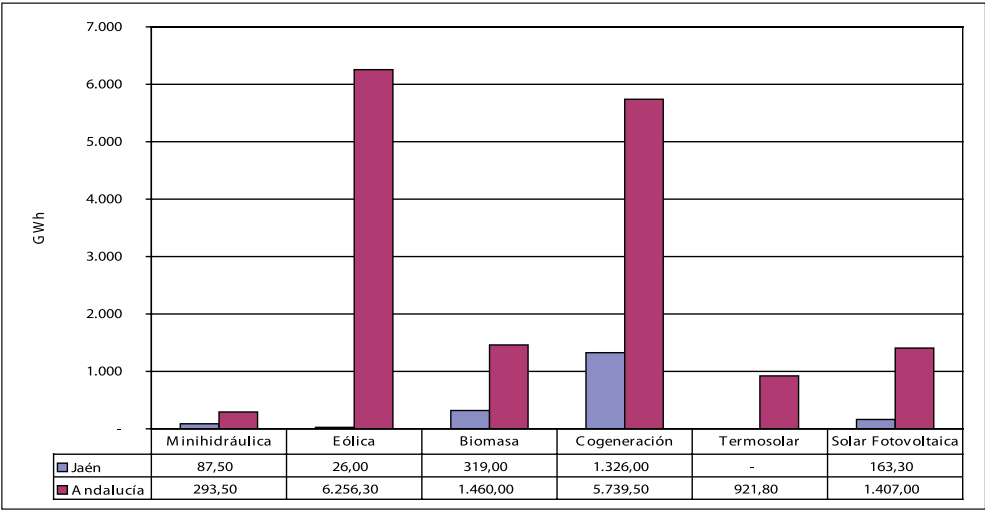
En cuanto al *Régimen Especial*, la distribución se muestra en el gráfico 3.3., en el que se puede apreciar que en Andalucía el mayor peso lo ostenta la eólica, seguida de la cogeneración, la solar fotovoltaica y la solar termoeléctrica. En el caso de la provincia de Jaén, detrás de la cogeneración se sitúan la biomasa, la solar fotovoltaica y la minihidráulica, quedando un porcentaje prácticamente insignificante para la eólica.

En relación a la *potencia eléctrica*, en el cuadro 3.1. se recoge la instalada en la provincia de Jaén con las distintas tecnologías de generación existentes, es lo que podría denominarse el “*parque provincial de generación de energía eléctrica*”. A 31 de marzo de 2012, la provincia de Jaén contaba con una potencia total instalada de 534,79 MW, un 3,53% del total de la instalada en Andalucía, la cual ascendía a 15.151 MW.

Según se desprende del cuadro 3.1., y tal y como muestra el gráfico 3.4., la mayor potencia instalada corresponde a la cogeneración termoeléctrica y el tratamiento de residuos con un 34,96% del total, le sigue la tecnología hidráulica de más de 10 MW de potencia con un 29,46%, la energía solar fotovoltaica con un 15,08%, la energía minihidráulica (P< 10 MW) con un 10,22%, la biomasa con un 7,29%, la eólica con un 2,84% y, finalmente, el biogás.

Gráfico 3.3.

Distribución de la generación bruta de energía eléctrica. Régimen especial.
Jaén y Andalucía. Año 2011. Datos en GWh/año



FUENTE: Agencia Andaluza de la Energía.

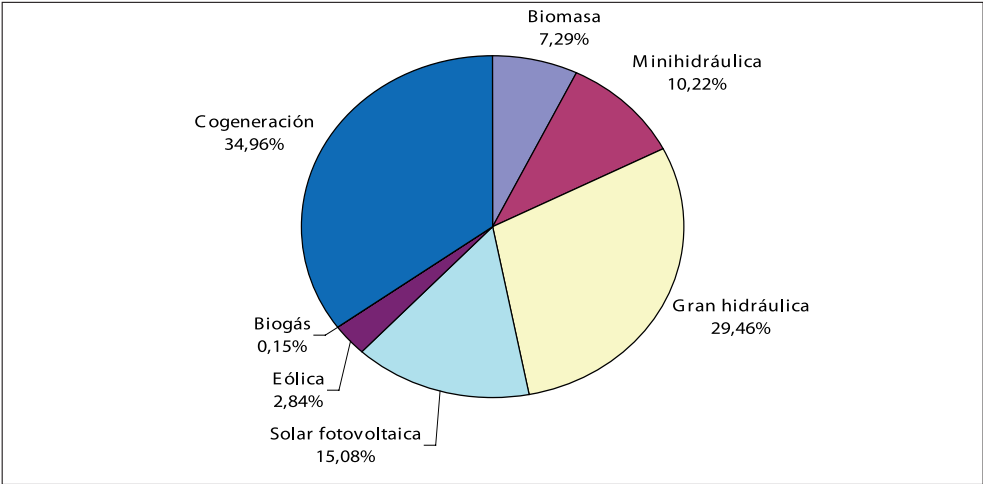
Cuadro 3.1.

Distribución por tecnologías de la potencia total instalada en la provincia de Jaén.
Año 2012

TECNOLOGÍA	P (MW)	%
Biomasa	39,00	7,29%
Minihidráulica	54,66	10,22%
Gran hidráulica	157,56	29,46%
Solar fotovoltaica	80,65	15,08%
Eólica	15,18	2,84%
Biogás	0,80	0,15%
Cogeneración	186,94	34,96%
TOTAL	534,79	100,00%

En materia exclusiva de *energías renovables*, la provincia de Jaén cuenta con una potencia total instalada de 190,29 MW, un 35,58% del total, distribuidos tal y como se muestra en el cuadro 3.2.

Gráfico 3.4.
Distribución de la potencia eléctrica instalada en la provincia de Jaén por tecnologías



Destaca la tecnología fotovoltaica con un 42,83% del total, bien se trate de conexiones a red (79,60 MW) como aisladas (1,05 MW). A continuación se sitúa la energía minihidráulica con un 28,72% del total, seguida de la biomasa con un 20,50%, la eólica con un 7,98% y el biogás, con un insignificante 0,42%. Cabe destacar la enorme diferencia existente a favor de las instalaciones basadas en la tecnología solar fotovoltaica de conexión a red en relación a las aisladas.

Cuadro 3.2.
Potencia instalada con energías renovables en la provincia de Jaén. Año 2012

TECNOLOGÍA	POTENCIA (MW)	DISTRIBUCIÓN (%)
Biomasa	39,00	20,50%
Minihidráulica	54,66	28,72%
Solar fotovoltaica	80,65	42,38%
Eólica	15,18	7,98%
Biogás	0,80	0,42%
TOTAL	190,29	100,00%

FUENTE: Agencia Andaluza de la Energía y elaboración propia.

En materia de *instalaciones de cogeneración termoelectrica*, la provincia de Jaén dispone de 15 con una potencia total de 186,94 MW, la mayoría de las cuales emplean gas natural como combustible (12 en total), mientras que el resto usan gasóleo (2) o fuel oil (1). La cogeneración, como ya se ha comentado, es un proceso eficiente desde un punto de vista energético, pues consiste en la producción simultánea de energía mecánica, que será transformada en electricidad, y calor de proceso para su posterior aprovechamiento.

En el cuadro siguiente se recogen las instalaciones de cogeneración existentes en la provincia de Jaén a 31 de marzo de 2012 según la Agencia Andaluza de la Energía.

Cuadro 3.3.**Instalaciones de cogeneración en la provincia de Jaén. Marzo de 2012**

DENOMINACIÓN	LOCALIDAD	POTENCIA (MW)
Cogeneración de Andújar	Andújar	19,63
C.E. Puente del Obispo	Baeza	24,99
Andaluza de cogeneración	Bailén	1,844
Cerámica Alcalá Villalta	Bailén	0,95
Cerámica La Unión	Bailén	0,48
Galey cogeneración	Bailén	1,25
Compañía energética de Jabalquinto	Jabalquinto	13,7
Compañía energética Linares	Linares	24,99
Becosa 2	Mengíbar	3,24
Smurfitt Kappa	Mengíbar	24,7
Bioener	Puente de Génave	9,194
Procesos ecológicos Vilches	Vilches	15
Aceites Coosur	Vilches	21
Cermámica Malpesa	Villanueva de la Reina	0,99
Energética Las Villas	Villanueva del Arzobispo	24,98
TOTAL		186,94

FUENTE: Agencia Andaluza de la Energía.

En cuanto a la generación de energía a partir de *fuentes renovables* en la provincia de Jaén, cabe decir lo siguiente:

- La *producción bruta con energías renovables* frente a la producción bruta total supuso un 38,3% en 2011, y un 29% en relación al consumo final total de energía en ese mismo año.

- La *potencia eléctrica renovable*, incluida toda la hidráulica, en relación a la potencia total supuso un 65% en 2011.
- Jaén ocupa el segundo puesto de Andalucía en instalaciones de *generación de energía eléctrica con biomasa*, por detrás de Córdoba. Tiene 4 plantas de biomasa que totalizan una potencia de 39 MW, que es el 18,5% del total de Andalucía. De ellas, 3 utilizan biomasa procedente del olivar (orujillo y/o restos de podas), y la otra restos de industrias de la madera. El cuadro 3.4. recoge las instalaciones de biomasa para generación de energía eléctrica en la provincia de Jaén.

Cuadro 3.4.**Plantas de biomasa de la provincia de Jaén**

PLANTA	MUNICIPIO	POTENCIA (MW)
Tradema	Linares	2
Bioenergética de Linares	Linares	15
La Loma	Villanueva del Arzobispo	16
Aldebarán energía del Guadalquivir	Andújar	6
TOTAL		39

FUENTE: Agencia Andaluza de la Energía.

•La provincia de Jaén cuenta con una planta de aprovechamiento de *biogás de vertedero* con una potencia de 0,80 MW. Está situada en el municipio de Fuerte del Rey y ubicada en una planta de tratamiento de residuos urbanos.

•En la provincia de Jaén existe un único *parque eólico* de 15,18 MW de potencia, localizado en la denominada Sierra del Trigo, en los términos municipales de Campillo de Arenas, Valdepeñas de Jaén y Noalejo. En materia de instalaciones mini eólicas hay una potencia instalada de 4,68 kW.

•En materia de *energía solar fotovoltaica*, la provincia de Jaén cuenta con una potencia instalada de 80,65 MW, de los cuales su mayor parte (un 98,70%) corresponde a instalaciones conectadas a la red. El resto, 1,05 MW, se trata de sistemas autónomos aislados de la red.

Por último, se muestran una serie de fotografías, realizadas por el autor, de instalaciones de energías renovables de la provincia de Jaén.



Fotografía 3.1.–Planta de producción de pélets (Aldeaquemada).



Fotografía 3.2.–Planta de generación de energía eléctrica a partir de biogás de vertedero (Fuerte del Rey).



Fotografía 3.3.–Planta de generación de energía eléctrica alimentada con biomasa del olivar (Villanueva del Arzobispo)



Fotografía 3.4.–Planta de producción de biodiesel (Estación de Linares-Baeza)



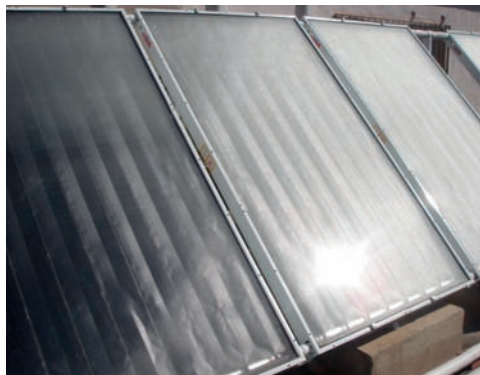
Fotografía 3.5.–Planta de generación de energía eléctrica alimentada con biomasa del olivar (Estación de Linares-Baeza).



Fotografía 3.6.–Sistema de climatización centralizada con hueso de aceituna de geolit (Mengíbar).



Fotografía 3.7.– Instalación de energía solar fotovoltaica conectada a red (Torres).



Fotografía 3.8.– Instalación de energía solar térmica en polideportivo municipal (Linares).



Fotografía 3.9.– Parque eólico de la Sierra del Trigo (Campillo de Arenas, Noalejo y Valdepeñas de Jaén).



Fotografía 3.10.– Central minihidráulica de Casas Nuevas (Marmolejo)



Fotografía 3.11.– Caldera de biomasa para usos térmicos en residencia de ancianos (Alcaudete).

3.3. BALANCE DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA PROVINCIA DE JAÉN

Este apartado tiene por objeto establecer un balance solo y exclusivamente de energía eléctrica en la provincia de Jaén a partir de los datos de las distintas compañías distribuidoras y recogidos en la publicación del Ministerio de Industria, Energía y Turismo “*Estadística de la industria de la energía eléctrica en 2010*”.

Del total de *energía eléctrica facturada* por las compañías eléctricas en el año 2010 (último año del que se dispone de información oficial para este parámetro) en la provincia de Jaén (2.887.926 MWh), la mayor parte, un 84,22%, correspondió a los siguientes subsectores:

- *Usos domésticos* con un consumo de 1.217.712 MWh, un 42,16%.
- *Comercio y los servicios*, con un consumo de 378.756 MWh, un 13,11%.
- *Administración y los servicios públicos* con un total de 356.538 MWh consumidos, un 12,35%.
- *Alimentación, las bebidas y el tabaco* con un consumo de 202.313 MWh anuales, un 7%.
- *Agricultura, ganadería, selvicultura, caza y pesca* con un consumo de 141.161 MWh, un 4,89%.
- *Hostelería* con 137.233 MWh de consumo eléctrico, un 4,75%.

En base a esta información, a continuación, se muestra un *balance de generación de energía eléctrica* de la provincia de Jaén.

En ella se muestra la producción bruta de energía eléctrica, las pérdidas, la producción neta, el volumen total de facturación de energía eléctrica en la provincia para, finalmente, obtener la energía eléctrica importada.

Gráfico 3.6.

Balance de generación de energía eléctrica en la provincia de Jaén



3.4. CONSUMOS ENERGÉTICOS FINALES Y PRIMARIOS

Los consumos energéticos se suelen dividir en *usos finales* y *primarios*, además de por *fuentes* (carbón, productos petrolíferos, gas natural, electricidad, nuclear y renovables) y por *sectores* (industria, transporte, residencial, primario y servicios). A su vez, los sectoriales también se suelen expresar por fuentes.

A continuación se realiza un análisis detallado de cada uno de ellos.

3.4.1. CONSUMOS FINALES

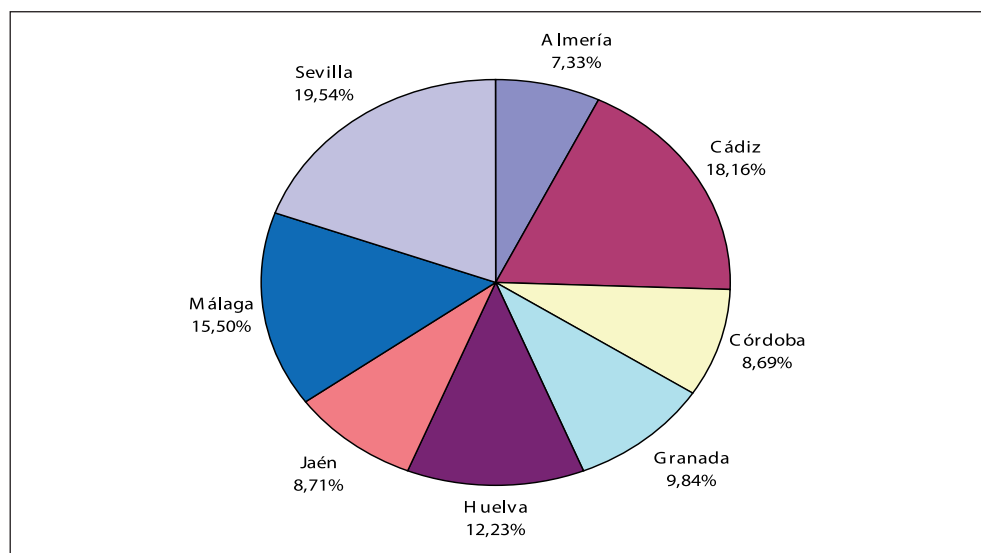
Los *consumos finales* son los que se demandan para satisfacer las necesidades de los consumidores de los distintos sectores, públicos y privados, individuales y colectivos, y tanto para usos térmicos, calefacción y refrigeración,

como eléctricos y de carburantes para el transporte. Se suelen estructurar además de por fuentes, como el resto de consumos, por sectores, tal y como se muestra en los cuadros y gráficos siguientes.

Del *total de energía para usos finales* consumida en Andalucía en el año 2011 (13.349,30 ktep), la provincia de Jaén consumió el 8,71 % (1.162,50 ktep), tal y como se aprecia en el gráfico 3.6. En primer lugar si sitúa la provincia de Sevilla, seguida por las de Cádiz, Málaga, Huelva y Granada. Los últimos lugares, tras la de Jaén, los ocupan Córdoba y Almería.

Gráfico 3.6.

Consumo de energía final en Andalucía. Distribución por provincias año 2011



Tal y como se muestra en el gráfico 3.7., la *evolución del consumo de energía final* en Jaén ha experimentado un descenso significativo, más acusado en Andalucía, a partir de 2007 como consecuencia del comienzo de la crisis financiera internacional.

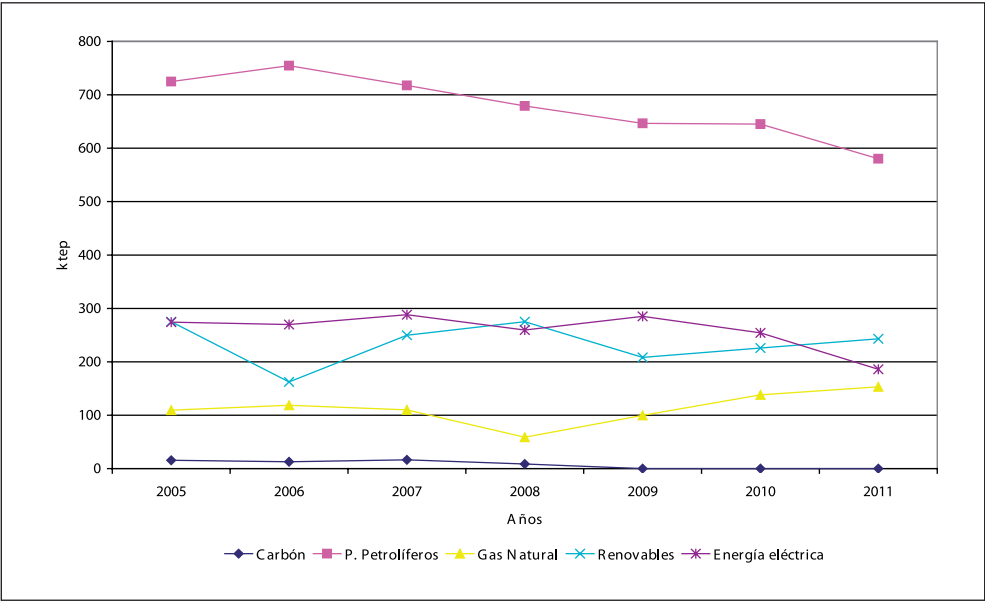
Solamente han crecido el gas natural y las renovables, como posteriormente se verá al analizar la evolución de algunos parámetros energéticos.

Comparando la situación provincial con Andalucía y con España, la *distribución del consumo de energía final por fuentes* se recoge en el cuadro 3.5., donde se observa que en *España* el mayor peso en la demanda energética para

usos finales lo ostentan los productos petrolíferos con un 54,06%, seguidos, a mucha distancia, por la electricidad (23,32%) y el gas natural (14,29%). Las renovables, ocupan la penúltima posición, con un 6,62% del total y, finalmente, el carbón se mantiene en unos niveles muy bajos, prácticamente insignificantes.

En *Andalucía* sucede exactamente lo mismo, siendo los productos petrolíferos y la electricidad los más demandados, con un 56,13% y 21,65% respectivamente. El gas natural se sitúa a continuación, con un 15,11% y menos presencia que a nivel nacional; después las energías renovables, con un peso algo superior al de España, un 7,03%. El carbón tiene una presencia testimonial, no alcanzando el 1%.

Gráfico 3.7.
Evolución del consumo de energía final en Jaén desde el año 2005.
Distribución por fuentes



FUENTE: Agencia Andaluza de la Energía.

Cuadro 3.5.**Consumos de energía final en España, Andalucía y Jaén. Distribución por fuentes.
Año 2011**

	España		Andalucía		Jaén	
FUENTES	ktep	%	ktep	%	ktep	%
Carbón	1.613,70	1,73%	11,10	0,08%	-	0,00%
Productos Petrolíferos	50.379,40	54,03%	7.492,90	56,13%	580,20	49,91%
Gas Natural	3.327,10	14,29%	2.016,70	15,11%	153,20	13,18%
Electricidad	21.744,20	23,32%	2.889,70	21,65%	243,20	20,92%
Renovables	6.173,60	6,62%	938,90	7,03%	185,90	15,99%
TOTAL	93.238,00	100,00%	13.349,30	100,00%	1.162,50	100,00%

FUENTE: Agencia Andaluza de la Energía.

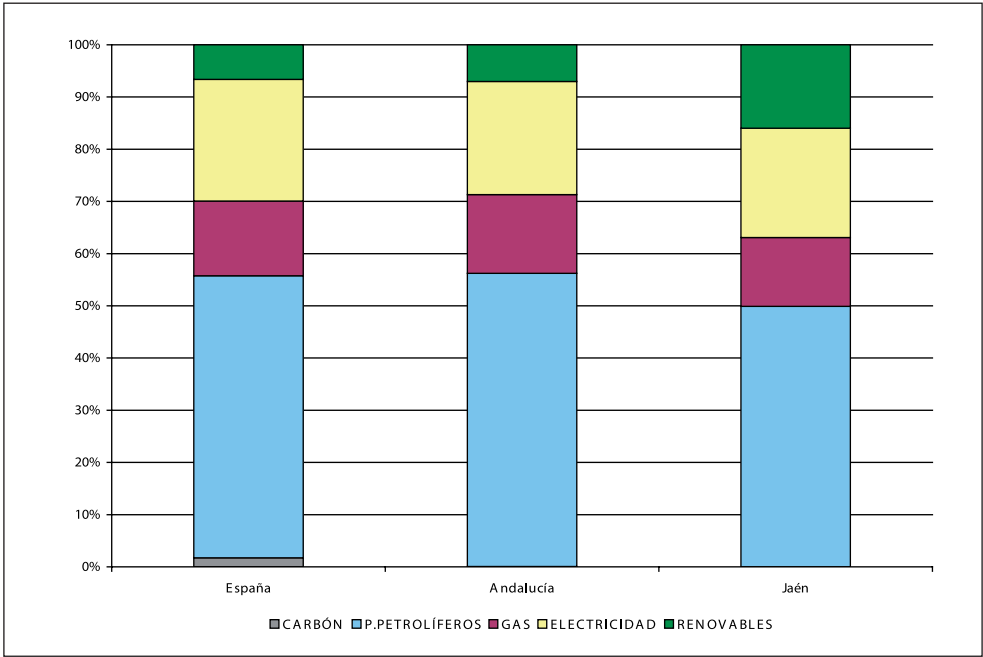
La situación en *Jaén* es similar en lo que a productos petrolíferos se refiere, suponiendo la mitad del consumo total (49,91%). La electricidad es la segunda fuente de consumos finales con un 20,92%, seguida, a diferencia de España y de Andalucía, por las fuentes de origen renovable (15,99%), y el gas (13,18%), muy por debajo de los porcentajes a nivel autonómico y nacional.

Es de destacar el peso tan elevado que suponen las fuentes renovables, con valores muy superiores a los de España y Andalucía, lo que es debido fundamentalmente a las aplicaciones térmicas de la biomasa en usos industriales para el sector oleícola, almazaras y extractoras de aceite de orujo básicamente. Lo anteriormente expuesto se muestra en el gráfico 3.8.

En el gráfico 3.9. aparece la *distribución del consumo de energía final en el año 2011 por fuentes para la provincia de Jaén*, donde se pone de manifiesto el elevado consumo de energías renovables en comparación con España y Andalucía.

En el cuadro 3.6. y en el gráfico 3.10., se muestra la *distribución del consumo sectorial en España, Andalucía y Jaén*, siguiendo unas pautas muy similares en los tres casos, si bien es destacable el elevado peso del sector residencial, por encima del sector primario y el de servicios; así como el elevado consumo del sector transporte, muy por encima de la industria.

Gráfico 3.8.
Consumos de energía final. España, Andalucía y Jaén. Distribución por fuentes. Año 2011



Cuadro 3.6.
Distribución sectorial de energía final. Andalucía y Jaén. Año 2011

SECTORES	ANDALUCÍA		JAÉN	
	ktep	%	ktep	%
INDUSTRIA	4.343,30	32,54%	320,70	27,59%
TRANSPORTE	4.801,60	35,97%	408,00	35,10%
PRIMARIO	1.105,00	8,28%	149,80	12,89%
SERVICIOS	205,10	9,03%	105,40	9,07%
RESIDENCIAL	1.894,30	14,19%	178,60	15,36%
TOTAL	13.349,30	100,00%	1.162,50	100,00%

FUENTE: Agencia Andaluza de la Energía.

Gráfico 3.9.
Consumo de energía final en la provincia de Jaén. Distribución por fuentes.
Año 2011

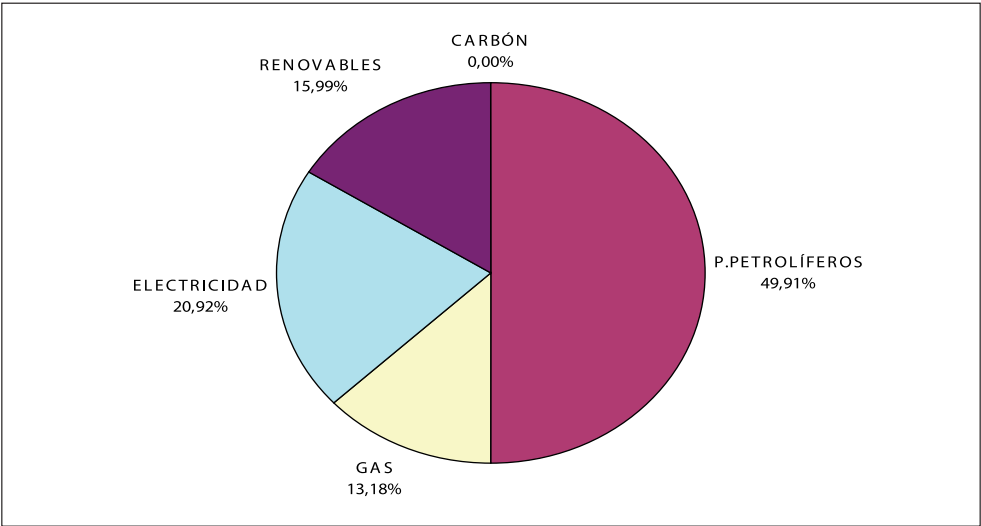
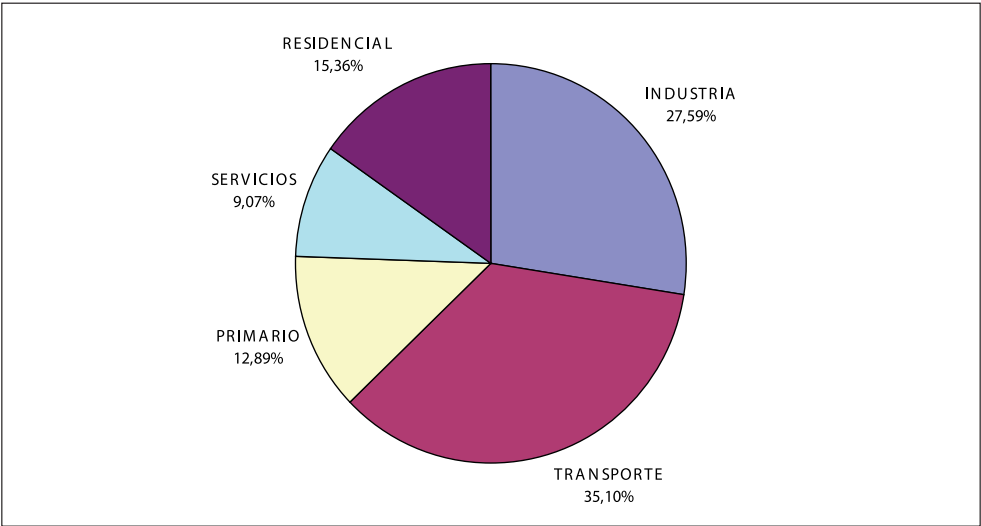


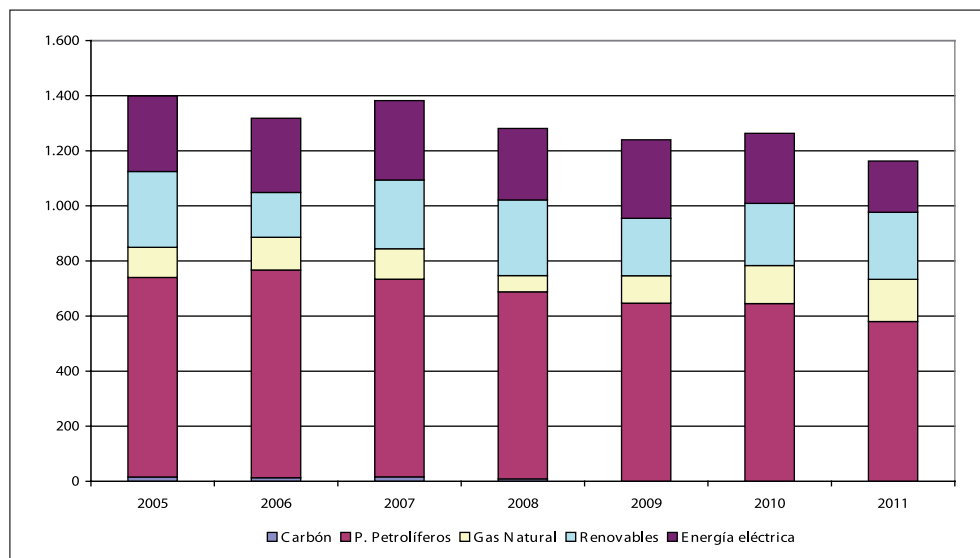
Gráfico 3.10.
Distribución provincial del consumo sectorial de energía final. Año 2011



Finalmente, en el gráfico 3.11 se recoge una evolución del consumo final de energía, distribuido por fuentes, en la provincia de Jaén desde el año 2005.

Gráfico 3.11.

**Evolución del consumo de energía final en la provincia de Jaén.
Distribución por fuentes**



3.4.2. DEMANDA DE ENERGÍA PRIMARIA

En términos de energía primaria la demanda se obtiene como resultado de sumar al consumo de energía final no eléctrico, el correspondiente a los sectores energéticos² incluidas las pérdidas.

La diferencia entre las estructuras energéticas primarias de España y Andalucía radica en la carencia de centrales nucleares en esta última.

En el cuadro 3.7., se muestra la distribución por fuentes de los consumos de energía primaria en Andalucía y Jaén. En el caso de la provincia de Jaén el mayor peso corresponde a los productos petrolíferos, con un 45,03%, seguidos por las energías renovables, con un 24,95%, y el gas natural, con un 24,12%. La situación en Andalucía es similar, si bien el peso inferior de las energías renovables es ocupado por el carbón.

² Consumos propios, en transformación y pérdidas en la generación eléctrica.

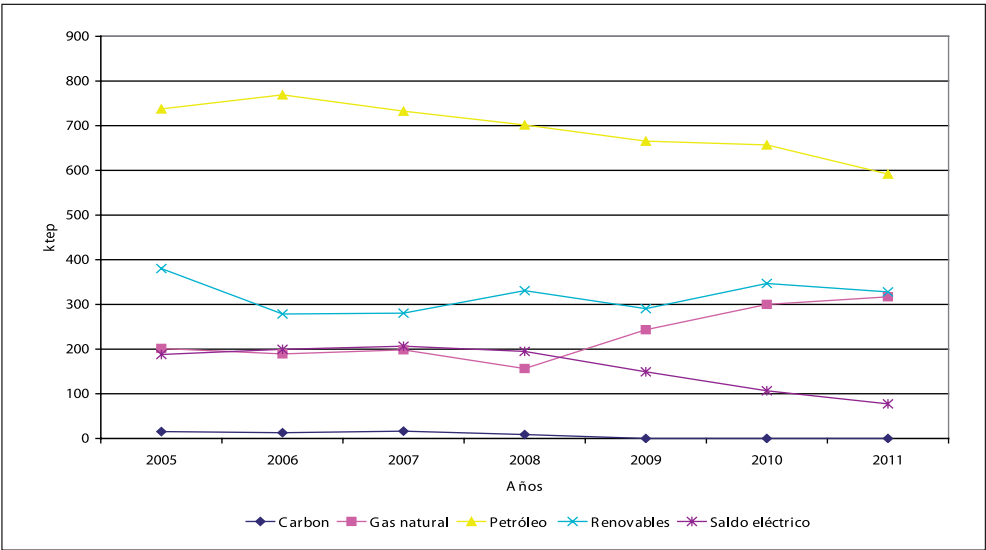
Cuadro 3.7.
Consumos de energía primaria en España, Andalucía y Jaén. Distribución por fuentes. Año 2011

FUENTES	ESPAÑA		ANDALUCÍA		JAÉN	
	ktep	%	ktep	%	ktep	%
CARBÓN	12.455,60	9,64%	2.038,90	10,70%	-	0,00%
P. PETROLÍFEROS	58.316,50	45,15%	8.756,00	45,96%	591,70	45,03%
GAS NATURAL	28.930,40	22,40%	5.602,50	29,40%	317,00	24,12%
NUCLEAR	15.023,60	11,63%	-	0,00%	-	0,00%
RENOVABLES	14.962,00	11,58%	2.737,80	14,37%	327,90	24,95%
SALDO ELÉCTRICO	-523,80	-0,41%	- 81,90	-0,43%	77,50	5,90%
TOTAL	129.164,30	100,00%	19.053,30	100,00%	1.314,10	100,00%

FUENTE: Agencia Andaluza de la Energía.

La evolución de este parámetro desde el año 2005 se puede observar en el gráfico 3.12, la situación es totalmente similar a la acontecida con la energía para usos finales, donde se aprecia el descenso de consumo a partir del año

Gráfico 3.12.
Evolución del consumo de energía primaria en Andalucía y Jaén desde el año 2005



2007, año de comienzo de la crisis. Decrecen todas las fuentes excepto el gas natural, que es el único vector energético que experimenta un crecimiento.

3.5. PRODUCCIÓN INTERIOR DE ENERGÍA Y GRADO DE AUTOABASTECIMIENTO ENERGÉTICO

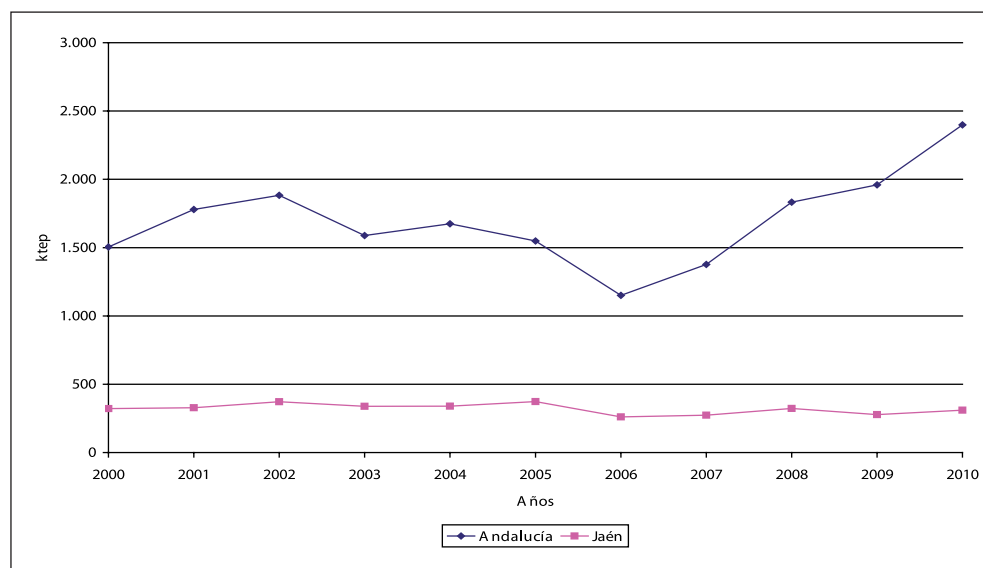
Otro parámetro importante acerca de la situación energética de un territorio es la *producción interior de energía*, lo que permite conocer el *grado de autoabastecimiento energético*, que es el cociente entre la producción interior de energía y el consumo total de energía primaria.

La evolución experimentada en Andalucía y Jaén se muestra en el gráfico 3.13, donde se aprecia el crecimiento experimentado en la región a partir del año 2006, debido al fuerte impulso del sector de las energías renovables como consecuencia de los programas de apoyo y fomento desde las distintas administraciones, tanto autonómica como nacional, tal y como se aprecia en el gráfico.

En los gráficos del 3.14. al 3.19., ambos inclusive, se puede apreciar esta evolución desde el año 2000, tanto para el total de energías renovables en An-

Gráfico 3.13.

Evolución de la producción interior de energía en Andalucía y Jaén desde 2000



dalucía y Jaén, como para cada una de las tecnologías: solar fotovoltaica, solar térmica, eólica, hidráulica y biomasa.

Cabe destacar el fuerte crecimiento de la energía eólica y de la tecnología solar fotovoltaica. El resto han tenido un crecimiento más sostenido, incluso con algunas fluctuaciones.

Gráfico 3.14.
Evolución del consumo de energías renovables para producción interior en Andalucía y Jaén desde 2000

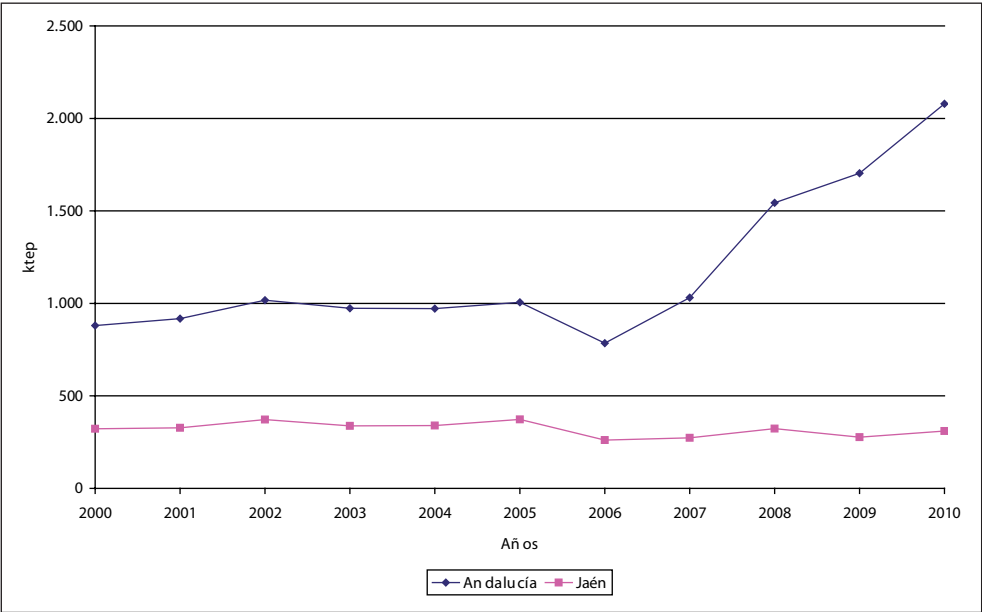


Gráfico 3.15.
Evolución del consumo de energía solar fotovoltaica para producción interior en Andalucía y Jaén desde 2000

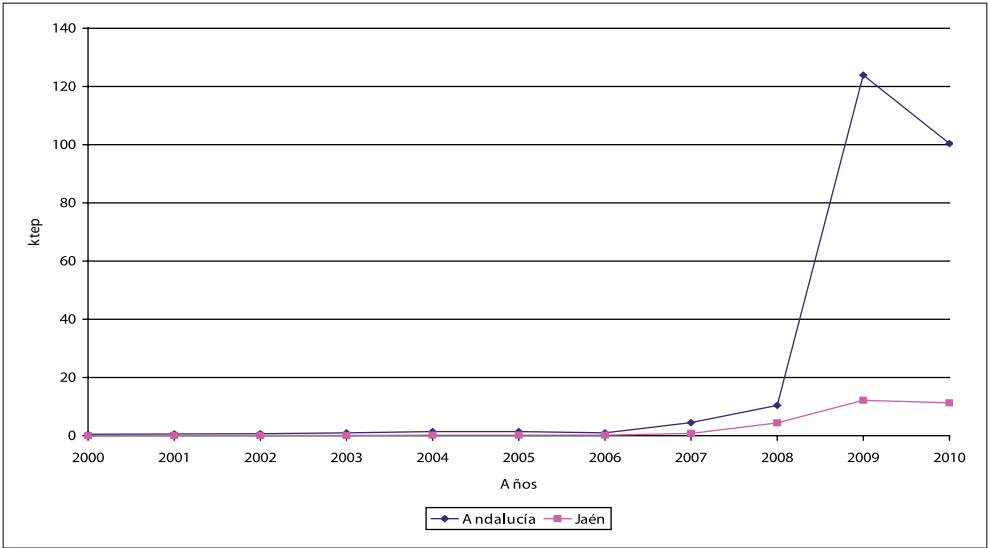


Gráfico 3.16.
Evolución del consumo de energía solar térmica para producción interior en Andalucía y Jaén desde 2000

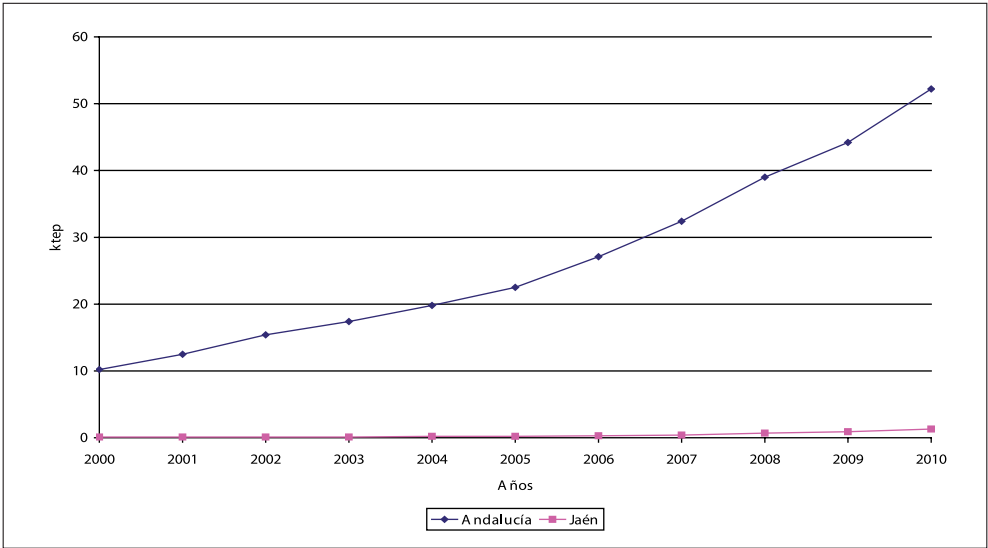


Gráfico 3.17.
Evolución del consumo de energía eólica para producción interior en Andalucía y Jaén desde 2000

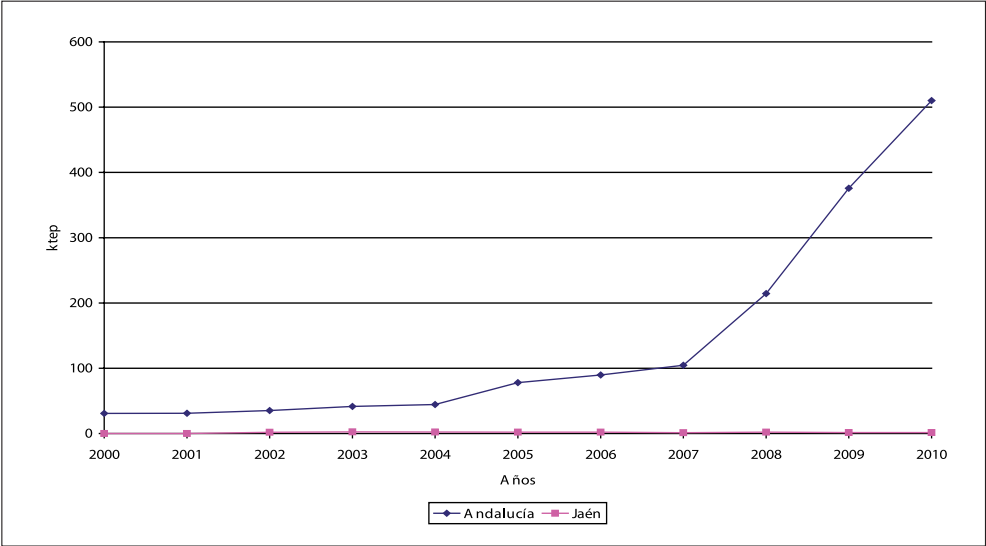


Gráfico 3.18.
Evolución del consumo de energía hidráulica para producción interior en Andalucía y Jaén desde 2000

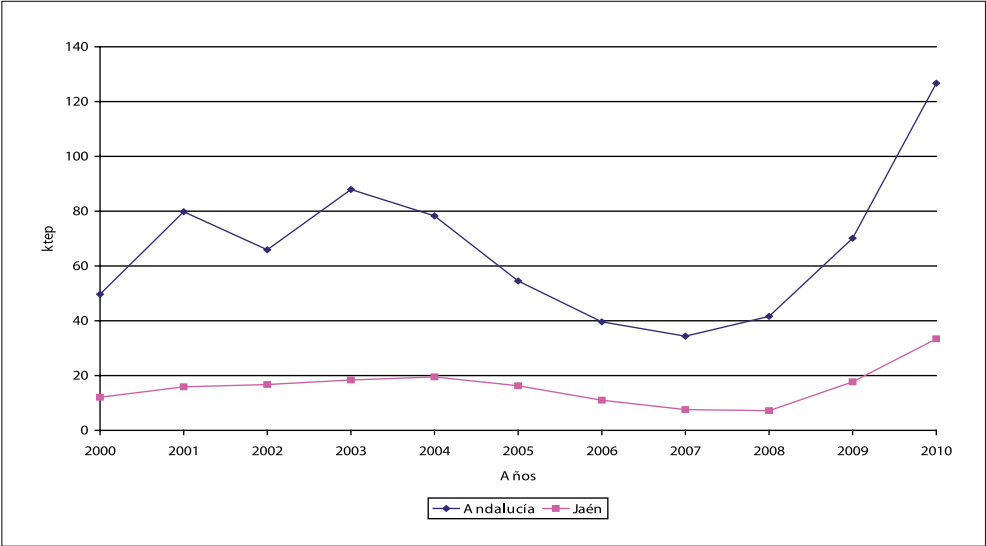
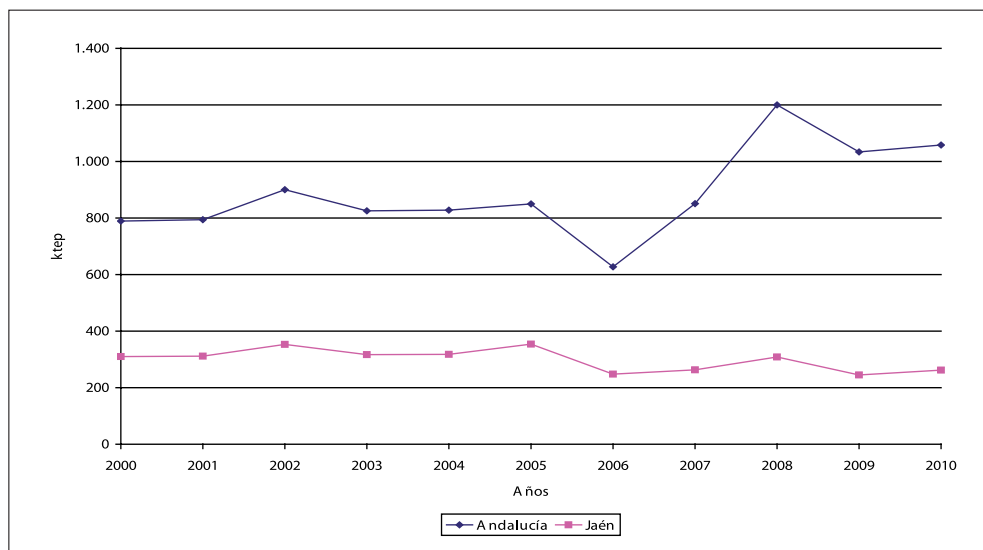


Gráfico 3.19.

Evolución del consumo de energía de la biomasa para producción interior en Andalucía y Jaén desde 2000



En el cuadro 3.8. se muestra la *producción interior de energía para España, Andalucía y Jaén*. Cabe destacar el caso de la provincia de Jaén en la que la única producción interior de energía procede de fuentes de origen renovable.

En el cuadro 3.9., se muestra el “*grado de autoabastecimiento energético*” para España, Andalucía y Jaén. Tal y como se puede apreciar en el mismo es bastante bajo, especialmente en el caso de Andalucía, poniéndose de manifiesto la elevada dependencia energética del exterior, aspecto éste de una importancia estratégica crucial.

Por último, en el gráfico 3.20 se muestra la distribución del *consumo final de energías renovables por provincias*, donde destaca por encima de todas la provincia de Jaén con un 24,80% del total.

Cuadro 3.8.
Producción interior de energía en España, Andalucía y Jaén. Año 2011

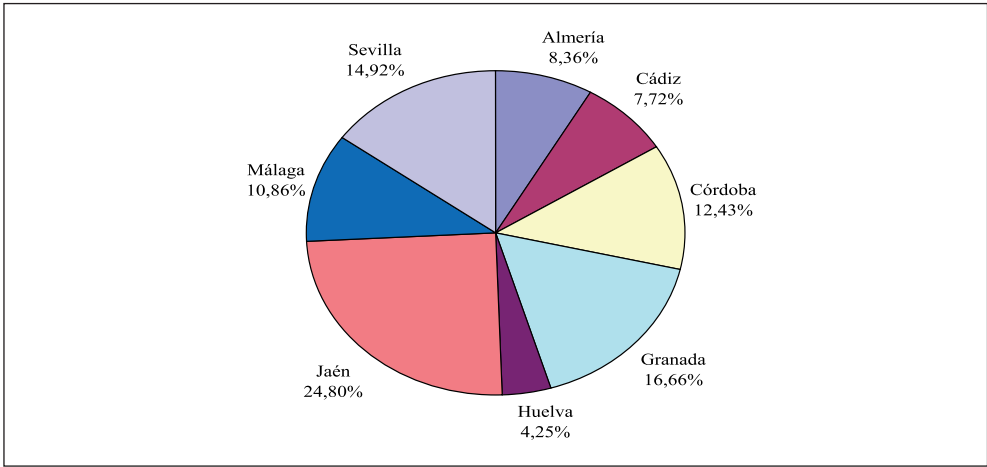
FUENTES	ESPAÑA		ANDALUCÍA		JAÉN	
	ktep	%	ktep	%	ktep	%
CARBÓN	2.287,00	7,44%	-	0,00%	-	0,00%
P. PETROLÍFEROS	100,90	0,33%	-	0,00%	-	0,00%
GAS	45,50	0,15%	50,60	1,91%	-	0,00%
NUCLEAR	15.023,60	48,85%	-	0,00%	-	0,00%
RENOVABLES	13.297,10	43,24%	2.602,10	98,09%	299,10	100,00%
TOTAL	30.754,10	100,00%	2.652,70	100,00%	299,10	100,00%

FUENTE: Agencia Andaluza de la Energía y Ministerio de Industria, Energía y Turismo -“La energía en España 2011”.

Cuadro 3.9.
Grado de autoabastecimiento energético de España, Andalucía y Jaén. Año 2011

	España	Andalucía	Jaén
Grado de autoabastecimiento energético (%)	23,80	13,90	22,80

Gráfico 3.20.
Consumo de energías renovables por provincias. Año 2011



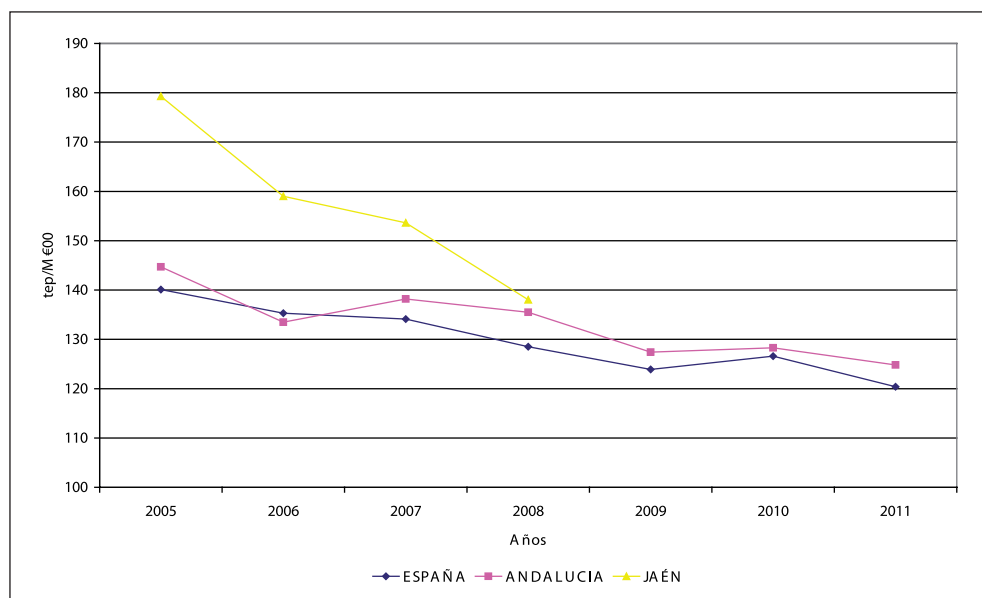
3.6. INTENSIDAD ENERGÉTICA

La *intensidad energética* es el indicador utilizado para evaluar la eficiencia energética de un territorio, y hace referencia al consumo energético necesario para generar una unidad de riqueza, por lo que se expresa en unidades de energía por unidades monetarias, concretamente se refiere a euros constantes del año 2000. Una tendencia decreciente de este parámetro está indicando que para producir la misma unidad de riqueza se está consumiendo menos energía, siendo, por tanto, más eficientes.

En el gráfico siguiente se puede apreciar la evolución de este parámetro en términos de usos finales para España, Andalucía y Jaén³. Se puede apreciar que la tendencia es a la baja, lo que es una buena señal en términos de eficiencia energética en el consumo de final de energía.

Gráfico 3.21.

Evolución intensidad energética final. España, Andalucía y Jaén



³ El dato correspondiente a la provincia de Jaén alcanza hasta 2008 debido a que esa es la fecha tope de la base del año 2000.

3.7. GENERACIÓN TÉRMICA CON RENOVABLES

Las tres principales tecnologías de generación de energía para usos térmicos tales como producción de agua caliente sanitaria o de proceso y/o climatización, son la *solar térmica*, la *biomasa* y la *geotermia*. A continuación se realiza un repaso de la incidencia de cada una de ellas en la provincia de Jaén.

En materia de *energía solar térmica* Andalucía es la comunidad autónoma que dispone de la mayor superficie instalada de captadores solares térmicos a nivel nacional. A finales de 2010 la superficie total instalada en Andalucía representaba el 28% del total nacional. Actualmente se eleva a 733.071 m², de los que el 2,3% corresponde a la provincia de Jaén, tal y como se muestra en el cuadro 3.10.

Cuadro 3.10.
Superficie total instalada en la provincia de Jaén. Evolución anual (m²)

	2007	2008	2009	2010	2011
JAÉN	4.853,00	8.831,00	11.632,00	16.496,00	16.850,00
ANDALUCÍA	415.350,00	500.350,00	566.566,00	668.615,00	723.388,00
% PROVINCIA	1,17%	1,76%	2,05%	2,47%	2,33%

FUENTE: Agencia Andaluza de la Energía

En cuanto a la generación de energía térmica con *biomasa*, Andalucía cuenta con una tradición industrial muy significativa vinculada a la industria oleícola. Las principales aplicaciones de la biomasa para usos térmicos está en la climatización de edificios e instalaciones, si bien, como ya se ha apuntado, se ha usado tradicionalmente en almazaras y extractoras de aceite de orujo para producción de agua caliente, calefacción y también para el secado del orujo graso.

En la actualidad se está produciendo un despegue en los sectores doméstico y de servicios, debido fundamentalmente al encarecimiento de los combustibles de origen fósil y la electricidad y a la existencia de incentivos de la Agencia Andaluza de la Energía. Ello ha permitido alcanzar una cifra de consumo para usos térmicos de 607,16 ktep, si bien es una cifra inferior a la alcanzada en 2010 porque se trata de un sector que fluctúa en función de las variables antes citadas.

El cuadro 3.11. muestra la evolución de la generación térmica con biomasa en Andalucía y en Jaén.

Cuadro 3.11.
Generación de energía térmica con biomasa

	2007	2008	2009	2010	2011
JAÉN	245,40	266,90	205,10	202,32	158,52
ANDALUCÍA	564,10	613,50	471,47	629,69	607,16
% PROVINCIA	43,50 %	43,50 %	43,50 %	32,13 %	26,11 %

FUENTE: Agencia Andaluza de la Energía.

Por último, las instalaciones de *geotermia* aprovechan el nivel térmico del terreno, prácticamente constante a partir de una determinada profundidad, para la climatización de edificios y/o la producción de agua caliente sanitaria.

En la provincia de Jaén la potencia instalada con este sistema se sitúa en 233,3 kW, prácticamente correspondientes a un único proyecto de una residencia de mayores en la capital. En Andalucía el valor alcanza los 8.508 kW según la Agencia Andaluza de la Energía.

3.8. OTRAS INFRAESTRUCTURAS ENERGÉTICAS

La provincia de Jaén cuenta con otras infraestructuras energéticas, son las siguientes:

- Dos plantas de producción de *biodiesel*, en Andújar y en la Estación de Linares-Baeza, que en la actualidad no están funcionando, con una capacidad de producción de 270 ktep/año, que representa el 27% de la capacidad total de Andalucía.
- Una planta de *producción centralizada de calor y frío* alimentada con hueso de aceituna en el Parque Científico y Tecnológico, GEOLIT en la localidad de Mengíbar, Jaén. La potencia instalada en generación de energía térmica es 6 MWt, y otros tantos para producción de frío mediante la tecnología de absorción.
- Cuatro plantas de producción de *pélets* que emplean como materia prima biomasa procedente de los sectores agrícola y forestal. Están ubicadas en los municipios de Jabalquinto, Cazorla, Mancha Real y Aldeaquemada, con una capacidad total de producción de 29.200 ktep/año, lo cual representa el 67% de la capacidad total instalada en Andalucía.

Cuadro 3.12.
Plantas de producción de pélets en la provincia de Jaén

PLANTA	LOCALIDAD	CAPACIDAD (tep/año)
MÁGINA ENERGÍA	Mancha Real	8.800,00
RENOVABLES BIOCAZORLA	Cazorla	12.000,00
SCA NTRO. PADRE JESÚS	Jabalquinto	2.400,00
DESARROLLOS ENERGÉTICOS DEL CAMPO	Aldeaquemada	6.000,00
TOTAL		29.200,00

FUENTE: Agencia Andaluza de la Energía.

3.9. PRINCIPALES MAGNITUDES ENERGÉTICAS DE LA PROVINCIA DE JAÉN

A continuación se resumen los principales parámetros energéticos de España, Andalucía y Jaén en el año 2011. Algunos datos están actualizados a marzo de 2012.

Cuadro 3.13.
Principales magnitudes energéticas de España, Andalucía y Jaén. Año 2011^{4,5}

PARÁMETRO	ud.	JAÉN	ANDALUCÍA	ESPAÑA
Producción bruta de energía eléctrica	GWh	2.143,3	39.943,3	292.051,0
Producción bruta de energía eléctrica en Régimen Ordinario	GWh	224,4	23.865,2	194.404,0
Producción bruta de energía eléctrica en Régimen Especial	GWh	1.918,9	16.078,1	97.647,00
Generación bruta de energía eléctrica de origen eólico	GWh	26	6.256,3	42.637,0
Generación bruta de energía eléctrica de origen hidroeléctrico	GWh	87,5	293,5	5.332,0

⁴ Los datos correspondientes a las potencias instaladas con energías renovables corresponden a 2012.

⁵ Los datos de consumos finales sectoriales en España corresponden a 2010.

Cuadro 3.13. (continuación)**Principales magnitudes energéticas de España, Andalucía y Jaén. Año 2011**

PARÁMETRO	ud.	JAÉN	ANDALUCÍA	ESPAÑA
Generación bruta de energía eléctrica de origen solar fotovoltaico	GWh	163,30	1.407,00	7.343,0
Generación bruta de energía eléctrica de origen solar termoelectrico	GWh	0,00	921,80	1.777,00
Generación bruta de energía eléctrica con biomasa y residuos	GWh	319,00	1.460,00	4.445,00
Generación bruta de energía eléctrica con cogeneración	GWh	1.323,00	5.739,50	35.185,00
Producción bruta hidráulica Régimen Ordinario	GWh	224,40	912,20	27.575,00
Demanda bruta de energía eléctrica	GWh	3.044,00	39.990,60	252.848,00
Potencia total eléctrica instalada	MW	534,60	15.151,00	104.479,00
Potencia de origen renovable	MW	347,70	5.386,70	46.486,00
Potencia instalada con tecnología eólica	MW	15,18	3.170,70	21.520,00
Potencia instalada con tecnología mini-hidráulica	MW	49,50	151,70	1.932,00
Potencia instalada con tecnología solar fotovoltaica	MW	86,60	831,00	4.281,00
Potencia instalada con biomasa y residuos	MW	39,80 ⁽¹⁾	283,30	995,00
Potencia instalada con cogeneración	MW	186,94	5.739,50	7.008,00
Potencia instalada con tecnología solar termoelectrica	MW	0,00	947,50	1.149,00
Potencia eléctrica renovable frente a total	%	65,00	35,60	40,80
Energía eléctrica generada frente a total	%	38,30	28,20	32,40
Consumo de energía final	ktep	1.162,50	13.349,30	93.238,00
Participación del carbón en el consumo final	%	0,00	0,08	1,73
Participación de los productos petrolíferos en el consumo final	%	49,91	56,13	54,03
Participación de las energías renovables en el consumo final	%	15,99	7,03	6,62

(1) Están incluidos el biogás y los residuos

Cuadro 3.13. (continuación)**Principales magnitudes energéticas de España, Andalucía y Jaén. Año 2011**

PARÁMETRO	ud.	JAÉN	ANDALUCÍA	ESPAÑA
Participación de la energía eléctrica en el consumo final	%	20,92	21,65	23,32
Participación del gas en el consumo final	%	13,18	15,11	14,29
Consumo sector transporte	ktep	408,00	4.801,60	36.868,00
Consumo sector industria	ktep	320,70	4.343,30	30.986,00
Consumo resto sectores ⁽²⁾	ktep	433,80	4.204,50	25.178,00
Consumo total de energía primaria	ktep	1.314,00	19.053,30	129.339,30
Participación del carbón en el consumo de energía primaria	%	0,00	10,60	9,64
Participación de los productos petrolíferos en el consumo de energía primaria	%	45,03	45,96	45,15
Participación del gas en el consumo de energía primaria	%	24,12	29,40	22,40
Participación de la energía nuclear en el consumo de energía primaria	%	0,00	0,00	11,63
Participación de las renovables en el consumo de energía primaria	%	24,95	14,37	11,58
Producción interior de energía	ktep	299,10	2.652,70	30.925,90
Participación del carbón en la producción interior de energía	%	0,00	0,00	7,44
Participación de los productos petrolíferos en la producción interior de energía	%	0,00	0,00	0,33
Participación del gas en la producción interior de energía	%	0,00	1,91	0,15
Participación de la energía nuclear en la producción interior de energía	%	0,00	0,00	48,85
Participación de las renovables en la producción interior de energía	%	100,00	98,09	42,99
Grado de autoabastecimiento energético	%	22,80	13,90	23,80
Intensidad energética final	(tep/ M€. 2000)	138,30 ⁽³⁾	124,80	120,40

(2) Primario, residencial y servicios.

(3) Dato correspondiente a 2008.

FUENTE: Agencia Andaluza de la Energía, Ministerio de Industria, Energía y Turismo ("La energía en España, 2011") y elaboración propia.

A nivel *per cápita*, el cuadro 3.14. recoge un conjunto de magnitudes energéticas referidas también a España, Andalucía y Jaén.

Cuadro 3.14.

Principales magnitudes energéticas de España, Andalucía y Jaén. Año 2011.
Datos por habitante

	JAÉN	ANDALUCÍA	ESPAÑA
Consumo energía primaria (tep/hab)	2,1	2,3	2,8
Consumo energía final (tep/hab)	1,9	1,6	2,1
Consumo eléctrico final (tep/hab)	0,4	0,4	0,5
Consumo primario gas natural (tep/hab)	0,4	0,7	0,7
Consumo primario energía renovable (tep/hab)	0,5	0,3	0,3
Consumo transporte (tep/hab)	0,7	0,6	0,8
Consumo industria (tep/hab)	0,6	0,5	0,7
Consumo otros sectores (tep/hab)	0,6	0,5	0,6
Potencia eléctrica instalada (kW/hab)	0,8	1,8	2,2
Potencia eléctrica no renovable (kW/hab)	0,3	1,2	1,3
Potencia eléctrica renovable (kW/hab)	0,5	0,6	0,9
Energía eléctrica generada bruta (MWh/hab)	2,9	4,7	6,4
Energía eléctrica renovable bruta (MWh/hab)	1,1	1,2	2,1

FUENTE: Agencia Andaluza de la Energía, Ministerio de Energía y Turismo y elaboración propia.

Capítulo 4

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Leocadio Hontoria García
Pedro Jesús Pérez Higuera

4.1. INTRODUCCIÓN

Este capítulo está dedicado a la energía solar fotovoltaica, así como al recurso solar disponible en la provincia de Jaén. Como se ha descrito en el capítulo anterior, la energía solar fotovoltaica ocupa un lugar destacado en la provincia de Jaén, tanto en la generación bruta de energía eléctrica como en la potencia total instalada. Es por tanto importante e interesante dedicar un capítulo a este tipo de fuente de energía renovable y destacar tanto el impacto que pueda tener en la economía local, como realizar un breve repaso a sus características. Íntimamente ligada a la energía solar hay que incluir también un breve repaso al recurso solar en la provincia de Jaén, dato fundamental para entender si la energía solar fotovoltaica pueda tener un desarrollo y rendimiento importante en nuestra provincia.

Con todas estas ideas puntualizadas, el presente capítulo se encuentra estructurado de la siguiente manera: en primer lugar se hará una breve descripción y se incluirán algunas definiciones relacionadas con los sistemas fotovoltaicos. En este primer bloque, que abarcará los apartados 4.2 a 4.4, se incluirán algunas definiciones, se darán las nociones básicas sobre los tipos de instalaciones fotovoltaicas que existen, se explicarán los componentes de que consta un sistema fotovoltaico así como se indicarán los últimos avances que hay en este campo.

Como se ha mencionado anteriormente, muy relacionado con la energía solar fotovoltaica está el recurso solar disponible, por lo que en un segundo bloque se indicarán las características que tiene el recurso solar en la provincia de Jaén. En este apartado y subapartados (4.5 y subapartados) se incluyen una serie de mapas solares en los que puede verse que en la provincia contamos con un clima muy favorable (en lo que a radiación solar se refiere) lo que proporciona unos niveles altos de dicha radiación solar para un co-

recto funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos. Se presenta también una tabla con todos los datos que se disponen de radiación solar en la Universidad de Jaén.

Finalmente, y una vez desarrollados estos dos bloques el último apartado que incluye este capítulo se refiere a las inversiones y el empleo que genera la energía solar fotovoltaica exponiendo cuál es el panorama actual en cuanto a instalaciones fotovoltaicas en la provincia, inversiones y empleo que genera este tipo de energía renovable.

4.2. DEFINICIÓN DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica es la energía eléctrica que se obtiene directamente de la energía solar mediante el uso de células fotovoltaicas. La propia palabra “fotovoltaica” es la unión de otras dos: “foto”, que viene del griego y significa “luz”, en este caso se refiere a la luz solar que incide sobre el dispositivo que posteriormente la convertirá en electricidad y “voltio”, en honor a Alessandro Volta, inventor de la pila eléctrica, y se refiere a la unidad de medida del potencial eléctrico.

Prácticamente casi todas las energías renovables proceden de la energía que produce el Sol (de forma directa o indirecta) y llega a la Tierra. En el caso de la energía solar fotovoltaica, la transformación de energía solar en electricidad es directa. Sin embargo, también se puede aprovechar la energía solar que se recibe en la Tierra, tanto de forma directa o indirecta, para producir diferentes tipos de energías renovables. Con el fin situar la energía solar fotovoltaica en el marco de las energías renovables, se presenta la siguiente tabla con la mayoría de los tipos de energías renovables que actualmente presentan cierto desarrollo:

Tabla 4.1.
Tipos de sistemas de energías renovables

Energía Solar Directa	Energía Solar Indirecta	Otras
Fotovoltaica	Eólica	Geotérmica
Térmica	Biomasa	
Termosolar	Hidráulica	
	Maremotriz y Undimotriz	
	Maremotérmica	

4.3. COMPONENTES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

El sistema fotovoltaico (FV) utiliza células fotovoltaicas para convertir la luz solar en electricidad. El material semiconductor más utilizado en las células fotovoltaicas es el silicio. Este material es el segundo más abundante en la Tierra. Para poder convertir la energía solar en energía eléctrica de una forma eficiente y adaptar de una forma adecuada la generación y el consumo de esta energía, se diseñan diferentes tipos de sistemas solares fotovoltaicos. Los elementos básicos que conforman estos sistemas son:

- Módulos fotovoltaicos
- Baterías o Acumuladores de carga
- Controladores o Reguladores de carga
- Adaptadores de Potencia o Inversores
- Otros: estructuras de soporte, cableado, etc...

4.3.1. MÓDULO FOTOVOLTAICO

Como ya se ha mencionado, las *células fotovoltaicas* son los dispositivos que convierten los fotones que proceden del sol en corriente eléctrica, según el efecto fotovoltaico. Las células fotovoltaicas están fabricadas con materiales semiconductores dopados adecuadamente, de tal forma, que cuando la luz del Sol incide sobre una célula fotovoltaica, los fotones de la luz solar transmiten su energía a los electrones del semiconductor para crear una corriente eléctrica capaz de circular por un circuito externo. El material utilizado principalmente es el silicio, uno de los elementos más abundantes en la Tierra. Las células fotovoltaicas han experimentado una evolución constante con el fin de aumentar su rendimiento. Actualmente existen diferentes tecnologías como pueden ser las células de capa delgada, las multiunión, etc. Las células fotovoltaicas por si solas son un elemento delicado y frágil, y producen poca electricidad de forma individual, por lo que han de ser ensambladas y protegidas, lo que constituirán el llamado módulo fotovoltaico.

El *módulo fotovoltaico* es el elemento formado por un conjunto de células fotovoltaicas interconectadas y unos elementos adicionales para permitir la conexión y protección de las células y facilitar su instalación. Es el elemento clave en una instalación fotovoltaica y dependiendo del tipo de célula que contenga se pueden clasificar en dos grandes tipos: los módulos de *panel plano*, que son los que se encuentran en la mayoría de las instalaciones, y que a su vez pueden contener células convencionales de silicio (la mayoría) o de otras

tecnologías de células como las mencionadas de capa delgada y módulos de *concentración* que contienen un tipo de célula más pequeña, pero de eficiencia más alta que las convencionales y un sistema de lentes que concentran la radiación solar en cantidades muy elevadas, con lo que se gana en eficiencia. Esta última tecnología es la denominada *Fotovoltaica de Concentración o CPV* de sus siglas en inglés, y está teniendo un desarrollo importante en los últimos años. Como ocurría con las células, para conseguir determinada potencia eléctrica y corriente eléctrica, con un módulo no bastaría (en principio) por lo que deben unirse varios módulos e interconectarse para formar el siguiente elemento de la instalación fotovoltaica: el *generador fotovoltaico*.

El *generador fotovoltaico* está formado por un conjunto de módulos fotovoltaicos interconectados para permitir alcanzar unos valores de tensión, corriente y potencia adecuados. Según las necesidades de corriente y/o tensión un generador fotovoltaico dispondrá de diferentes combinaciones de módulos en dos tipologías: conexiones en serie y/o conexiones en paralelo.

4.3.2. BATERÍAS O ACUMULADORES DE CARGA

El generador fotovoltaico para transformar energía solar en energía eléctrica depende de dos factores fundamentales: la radiación solar recibida y la temperatura que alcanzan sus células fotovoltaicas. La radiación solar recibida no es constante, puesto que depende del ciclo del sol, por lo que hay horas del día que no estará disponible.

Por tanto, en una instalación fotovoltaica suele existir un desfase temporal entre la generación de energía y el consumo de la misma. Para solucionar el desfase entre generación y consumo, se debe usar algún dispositivo acumulador de energía, capaz de almacenar la energía generada y suministrar la energía demandada por la carga, independientemente de la producción eléctrica del generador fotovoltaico en ese momento. Este dispositivo es la batería o acumulador de carga.

Las baterías o acumuladores de carga convierten la energía eléctrica generada por el generador fotovoltaico en otro tipo de energía de fácil acumulación, para posteriormente realizar el proceso inverso, la conversión de esta energía acumulada en energía eléctrica. Generalmente esta acumulación es en un sistema electroquímico.

Usualmente las baterías más utilizadas para sistemas fotovoltaicos eran las de las de plomo ácido, debido a la buena relación entre precio y prestaciones. Sin embargo actualmente existe un gran campo de investigación en este

sentido buscando sistemas de acumulación más eficientes y duraderos como son las baterías de níquel-cadmio, litio etc.

4.3.3. CONTROLADORES O REGULADORES DE CARGA

Un controlador o regulador de carga es el dispositivo encargado de gestionar la carga y la descarga de la batería de forma óptima. Este dispositivo intenta mantener el nivel más alto de carga de la batería y proporcionar la máxima cantidad de energía al usuario, protegiendo a las baterías de exceso de carga o descarga.

Puede haber algunas variantes, dependiendo de las necesidades de consumo y la producción de energía pero, en general, el funcionamiento del regulador de carga es como sigue:

- a) Cuando se está recibiendo radiación solar y el generador fotovoltaico produce energía eléctrica, el regulador permite el paso de esta energía hacia la batería, cargándose ésta. Este primer estadio es la *carga* de la batería. Cuando la batería está cargada, el regulador cortaría ese paso de energía hacia la batería para evitar la sobrecarga.
- b) Cuando se necesita energía para consumir, el regulador de carga permite el paso desde la batería hacia las cargas de consumo, para alimentarlas. Este segundo estadio es la *descarga* de la batería. Si se llegasen a ciertos niveles de descarga, el regulador tiene también la misión de cortar este paso de energía desde la batería hacia las cargas, evitando así la sobredescarga del sistema de acumulación y el daño del mismo.

Existe una alternativa a este funcionamiento y es que se use la energía que produce directamente el generador fotovoltaico hacia las cargas. En este caso, el regulador es de nuevo el encargado de controlar todo el sistema y lo que ocurriría es lo siguiente: si la energía producida por el generador fotovoltaico es mayor que la energía consumida por la carga, el exceso de energía se almacenaría en la batería (hasta que se llegue a su nivel de carga). En caso contrario, cuando la energía producida es menor que la consumida en la carga, la diferencia de energía se toma de la batería (hasta que esta llega a su nivel de descarga).

Para realizar sus funciones, el regulador toma información del estado de carga de la batería a partir de métodos de medida indirectos, por ejemplo, usando el voltaje de la batería y comparándolo con los valores mínimos y

máximos admisibles para que la batería no entre en procesos de sobrecarga o sobredescarga que pudieran dañar a la misma.

4.3.4. ADAPTADORES DE POTENCIA O INVERSORES

El generador fotovoltaico produce la energía eléctrica en forma de corriente continua, y la batería fotovoltaica también. Sin embargo, generalmente, las cargas de consumo funcionarán en corriente alterna, por lo que será necesario realizar esta transformación: de corriente continua a corriente alterna. Los dispositivos encargados de adaptar la potencia son los denominados inversores. El inversor tiene dos funciones fundamentales: *conmutación* y *filtrado*. La conmutación consiste en cambiar la polaridad de la señal continua de entrada. Con el filtrado se eliminan las partes de la señal no deseadas, y se consigue una señal alterna.

Según el tipo de aplicación, los inversores fotovoltaicos se dividen en dos grandes grupos: Los inversores para sistemas fotovoltaicos conectados a red (SFCR) y los inversores de los sistemas fotovoltaicos autónomos (SFA). Estos tipos de sistemas se describirán y se comentará el funcionamiento de sus componentes en el siguiente apartado, pero se puede adelantar, que los SFCR son los que trabajan en paralelo con la red eléctrica convencional y por lo tanto los inversores tienen como objetivo inyectar toda la energía producida por el generador en la red, mientras que los SFA son aquellos que no están conectados a la red eléctrica convencional y por lo tanto, los inversores tienen como objetivo alimentar las cargas que funcionan en corriente alterna.

4.4. TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Existen diversos tipos de sistemas fotovoltaicos según las aplicaciones a los que estén destinados. Se pueden hacer diferentes clasificaciones. La más usual es la que se refiere al funcionamiento del sistema fotovoltaico en relación a la red eléctrica convencional. Según este parámetro existen dos tipos fundamentales de sistemas fotovoltaicos: de una parte están los denominados sistemas fotovoltaicos conectados (o enganchados) a red (SFCR), que, como se puede deducir por su nombre, necesitan de la conexión a una red eléctrica para realizar su función generadora de electricidad.

Por otra parte están los sistemas fotovoltaicos autónomos (SFA), que al contrario de los anteriores, no necesitan de una conexión con una red eléctrica, y su funcionamiento es independiente o autónomo de dicha red (de ahí su nombre). Los SFA fueron anteriores en el tiempo a los SFCR, y, aunque la

tendencia actual es un crecimiento muy importante de los SFCR, sobre todo en los países que cuentan con un amplio desarrollo de redes eléctricas en todo su territorio. Por contr, los SFA siguen siendo los más empleados en países con poco desarrollo industrial, en zonas rurales, lugares remotos y poco accesibles, etc.

En las tres siguientes figuras se muestran los esquemas de tres tipos de sistemas fotovoltaicos muy típicos. El primero de ellos es un SFA con cargas sólo de corriente continua. El segundo de ellos es muy similar al anterior pero que incluye cargas de corriente alterna también. Y el tercero es un ejemplo de SFCR.

Figura 4.1.
Sistema Fotovoltaico Autónomo (SFA). Sólo cargas DC

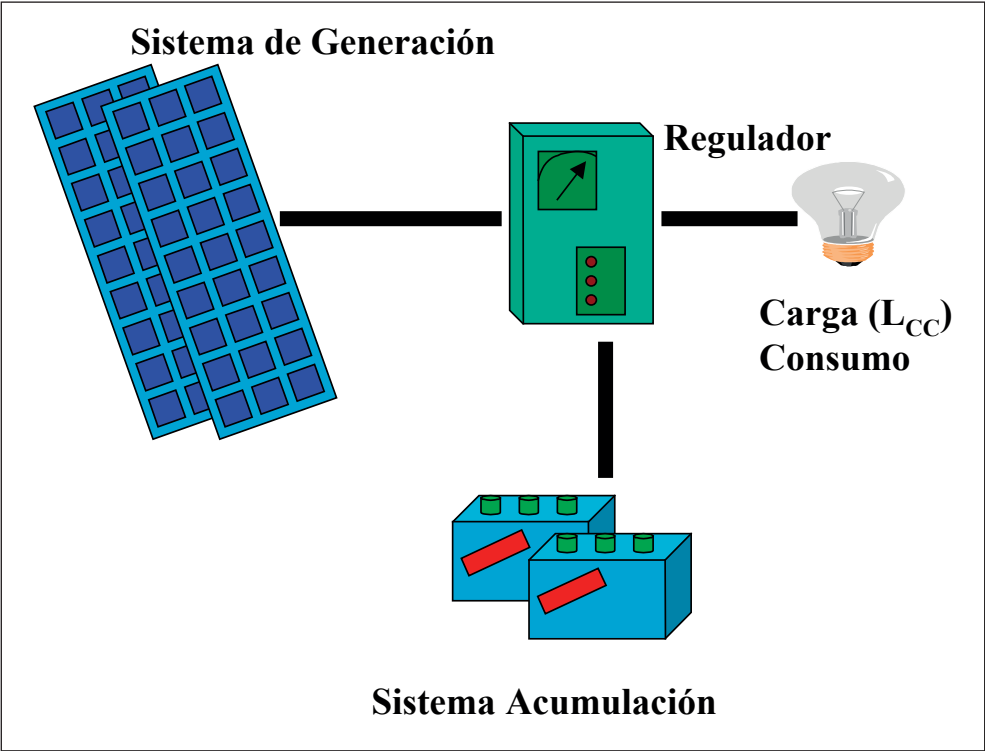


Figura 4.2.
Sistema Fotovoltaico Autónomo (SFA). Cargas DC y Cargas AC

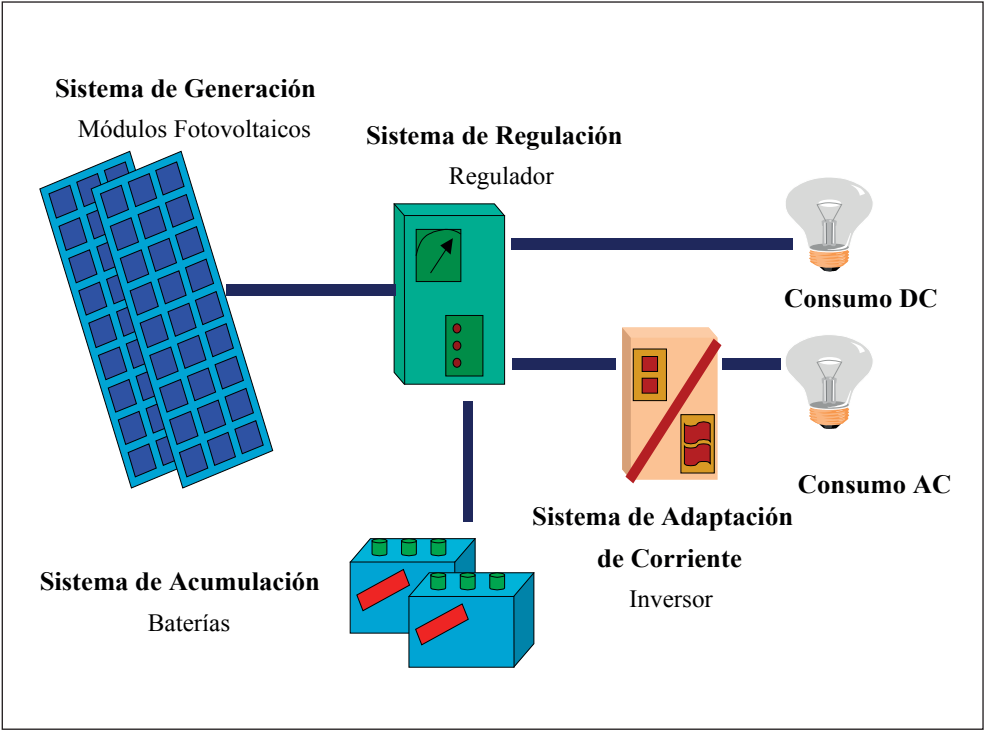
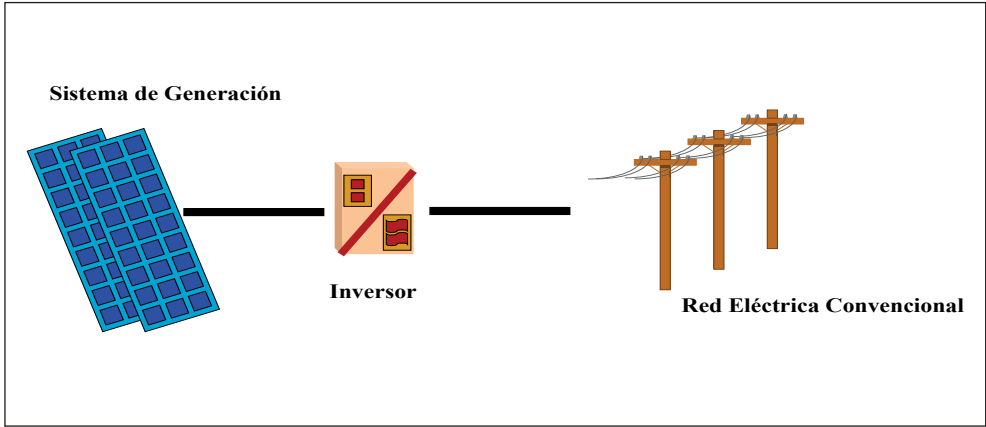


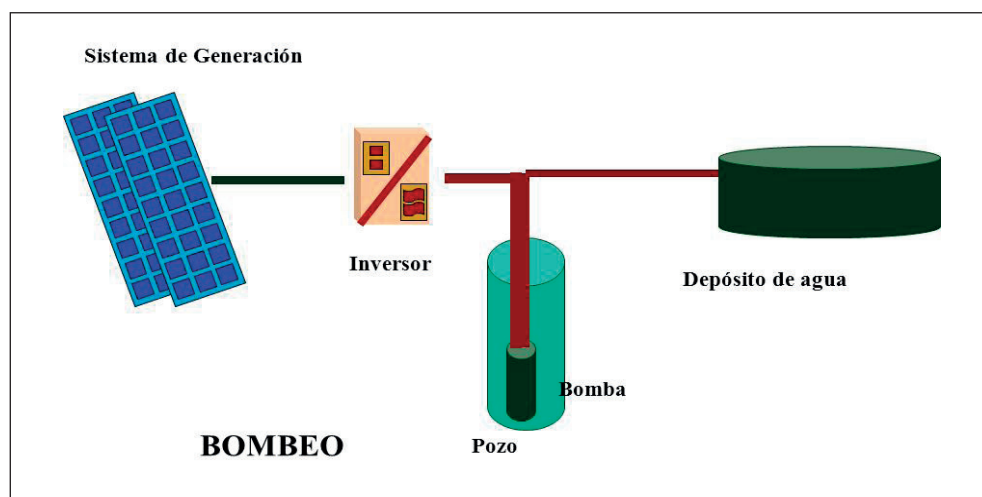
Figura 4.3.
Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red (SFCR)



Un tipo de SFA sin almacenamiento son los bombeos fotovoltaicos. Estas instalaciones básicamente están formadas por un generador, una bomba y un convertidor, cuya misión es la adaptación entre el generador y la bomba, se suele usar un tipo especial de inversores que dan una frecuencia de la onda de salida, proporcional a la radiación solar, de forma que la velocidad de las bombas (y por tanto el caudal) varía proporcionalmente a la radiación solar. El almacenamiento de energía suele ser en forma de energía potencial, bombeando el agua a depósitos elevados. Este tipo de instalaciones se suele usar en los pozos alejados de la red eléctrica, siendo el bombeo con energía fotovoltaica una solución muy adecuada ya que en los meses más soleados, que es normalmente cuando más agua se necesita, es cuando más energía se produce.

Figura 4.4.

Esquema general de un SFA sin almacenamiento (Bombeo FV)



4.5. EL RECURSO SOLAR EN LA PROVINCIA DE JAÉN

4.5.1. LA RADIACIÓN SOLAR

Como se ha visto en el apartado anterior, un sistema fotovoltaico para que funcione necesita recibir la energía o radiación procedente del Sol. La radiación solar es por tanto el recurso necesario para que todo el sistema fotovoltaico funcione correctamente. Por las características propias de la ra-

diación solar esta energía no es continua sino que existen principalmente dos ciclos en los que dicha energía evoluciona: por una parte el ciclo diario (día-noche), en el que se dispondrá de ese recurso durante las horas de día, y a su vez esta energía variará, entre unos mínimos y un máximo diario, y por otra parte el ciclo estacional (primavera-verano-otoño-invierno) en donde a su vez la radiación solar será más intensa o menos intensa dependiendo de la estación del año en que nos encontremos. Además, hay que contar con otros factores que influirán en la radiación solar, principalmente la nubosidad, y que afectarán a la cantidad de energía final que se reciba.

En los siguientes apartados se explicará brevemente cómo está formada la radiación solar que se recibe en un determinado lugar, dónde se cuentan con registros de radiación solar en la provincia de Jaén, y los valores con los que se cuenta de esta energía en toda la provincia.

4.5.2. COMPONENTES DE LA RADIACIÓN SOLAR

La radiación incidente en un receptor situado fuera de la atmósfera terrestre proviene directamente del Sol. Esta radiación se conoce como Radiación Extraterrestre. Se puede determinar tanto la radiación extraterrestre recibida a lo largo de una hora (Boh) como a la largo de un día (Bod) simplemente a partir de expresiones matemáticas, ya que fuera de la atmósfera terrestre, esta radiación todavía no ha sufrido los cambios que experimentará al atravesar la atmósfera.

Sin embargo, al atravesar la atmósfera, los componentes atmosféricos actúan sobre la radiación solar en parte reflejándola (nubes), en parte absorbiéndola (ozono, oxígeno, vapor de agua, etc.) y en parte dispersándola (moléculas, gases de agua, etc.). Por último, de la radiación que llega al suelo, una parte es absorbida por el propio suelo y otra parte es reflejada de nuevo a la atmósfera. El resultado de estos efectos es la descomposición de la radiación solar incidente sobre un receptor en tres componentes diferenciadas:

- 1.- Radiación directa (B)
- 2.- Radiación difusa (D)
- 3.- Radiación de albedo (R, también conocida como Reflejada)

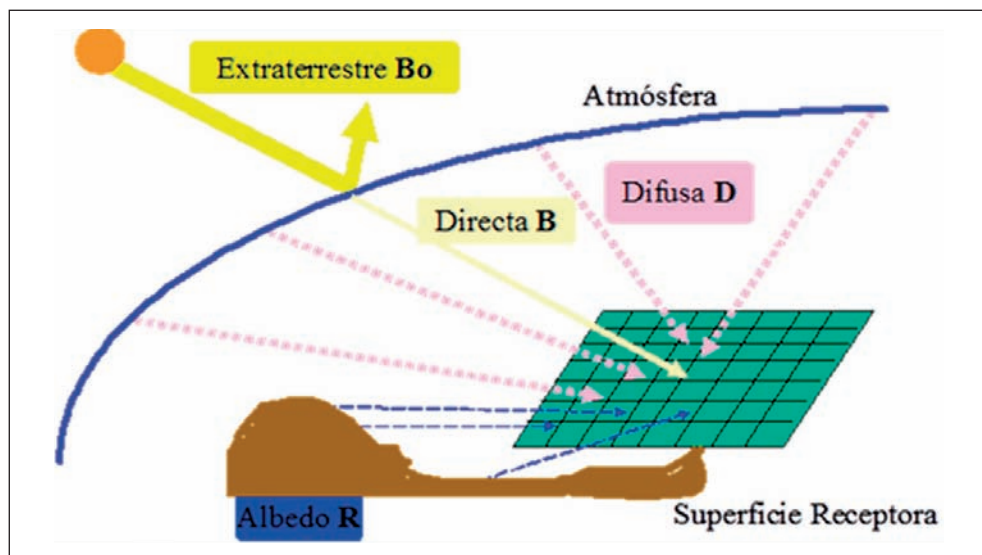
A continuación se describe cada una de ellas:

- La *radiación directa* está constituida por los haces de rayos que se reciben en línea recta con el Sol.

- La *radiación difusa*, que procede de todo el cielo excluyendo el disco solar y debido a los rayos solares no directos y dispersos por la atmósfera en la dirección del receptor. Esta radiación hace que un cuerpo siempre esté recibiendo una cierta cantidad de energía por todas sus partes, incluso por las que no recibe la luz del Sol directamente.
- La *radiación de albedo*, procede principalmente del suelo debido a la reflexión de la radiación incidente en él. La influencia del albedo en la radiación incidente sobre un colector suele ser despreciable y tan sólo en casos muy particulares se tiene en cuenta.

La radiación total (directa + difusa + albedo) incidente en una superficie se denomina *radiación global* (G). En la figura siguiente, se pueden apreciar gráficamente las diferentes componentes que constituyen la radiación solar.

Figura 4.5.
Componentes de la Radiación Solar



4.5.3. DATOS DE RADIACIÓN SOLAR EN LA PROVINCIA DE JAÉN

Uno de los problemas iniciales en el estudio de la radiación solar es la obtención de datos. Existen diferentes bases de datos tanto a nivel regional, nacional o internacional. Así mismo, existen diferentes formas de obtener

datos de radiación solar: por medio de aparatos medidores de la misma, como pueden ser piranómetros o pirheliómetros, situados en estaciones meteorológicas o por medio de modelos. Incluso se pueden obtener datos como combinación de ambos: datos obtenidos por medio de medidores de radiación solar, que después son tratados por medio de modelos de radiación solar para obtener radiación solar en diversas condiciones (diferentes inclinaciones de las superficies receptoras, diferentes componentes de la radiación solar en estudio, diferentes escalas de tiempo, etc.).

En la provincia de Jaén, y dentro de la Universidad de Jaén, los dos grupos de investigación que cuentan con medidas y datos de radiación solar son el Grupo IDEA y el Grupo MATRAS. En concreto, actualmente se cuenta con dos estaciones meteorológicas en la Universidad de Jaén: por un lado la estación meteorológica gestionada por el Grupo de Investigación IDEA y por otro la base de datos que gestiona el grupo MATRAS. Se cuenta con datos de radiación solar global medidos en intervalos de 10 minutos desde 1996 hasta 2012.

Estos datos han sido analizados y filtrados, con el fin de eliminar errores. A modo de resumen en la siguiente tabla se presentan el conjunto de datos de que se dispone, mostrándose el número de días con datos erróneos, así como el tanto por ciento de error que representan esos días sobre el total del año (Tabla 4.2).

Estos datos de partida han sido revisados, corregidos los datos erróneos por medio de técnicas de corrección de datos y comparados con otras bases de datos de radiación solar como PVGIS [PVGIS, 2013] o SODA [SODA, 2011] con el fin de validarlos.

En este capítulo, se presentan diferentes mapas de radiación solar provinciales que se han obtenido por medio de una combinación entre los datos registrados y aplicación de modelos. Se presentan dos tipos de mapas:

a) Mapas de radiación solar global sobre superficie a cualquier inclinación (y orientación sur) obtenidos a partir de los datos de las estaciones meteorológicas mencionadas y tratados por medio de técnicas de inteligencia artificial [Hontoria, 20002]. Estos mapas los denominaremos Tipo 1.

b) Mapas de radiación solar sobre superficie inclinada 30° (orientación sur) obtenidos a partir de datos del PVGIS y el modelo de cielo despejado del European Solar Radiation Atlas (ESRA) [Almonacid et al. 2010]. Estos mapas los denominaremos Tipo 2.

Se presentan a continuación varios ejemplos de los citados mapas de radiación solar.

Tabla 4.2.
Datos de radiación solar registrados. Días erróneos

Año	Periodo de Registro	Días Erróneos	% Errores
1996	Enero – Diciembre	23	0.63
1997	Enero – Diciembre	31	8.49
1998	Enero – Diciembre	71	19.45
1999	Enero – Diciembre	52	14.25
2000	Enero – Diciembre	0	0.00
2001	Enero – Diciembre	31	8.49
2002	Enero – Diciembre	2	0.55
2003	Enero – Diciembre	1	0.27
2004	No Disponible	365	100
2005	Julio – Diciembre	30	8.22
2006	Enero – Diciembre	39	10.68
2007	Enero – Diciembre	5	1.37
2008	Enero – Diciembre	23	6.28
2009	Enero – Diciembre	2	0.55
2010	Enero – Diciembre	13	3.56
2011	Enero – Diciembre	12	3.23
2012	Enero – Diciembre	8	2.18
Total		708	12.11

Figura 4.6.
Radiación solar en la provincia de Jaén. Enero.
Posición 0° de inclinación. Mapa Tipo 1

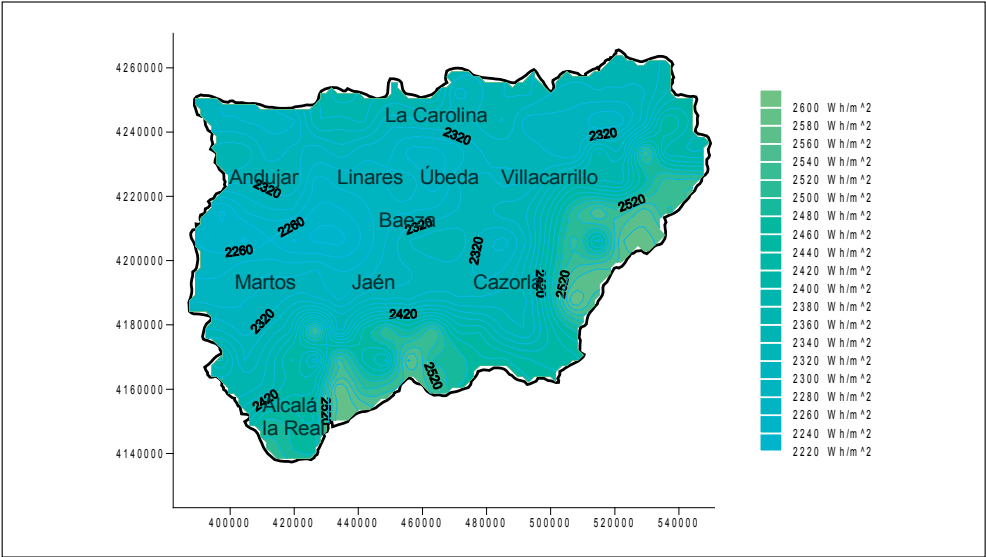


Figura 4.7.
Radiación solar en la provincia de Jaén. Junio.
Posición 10° de inclinación. Mapa Tipo 1

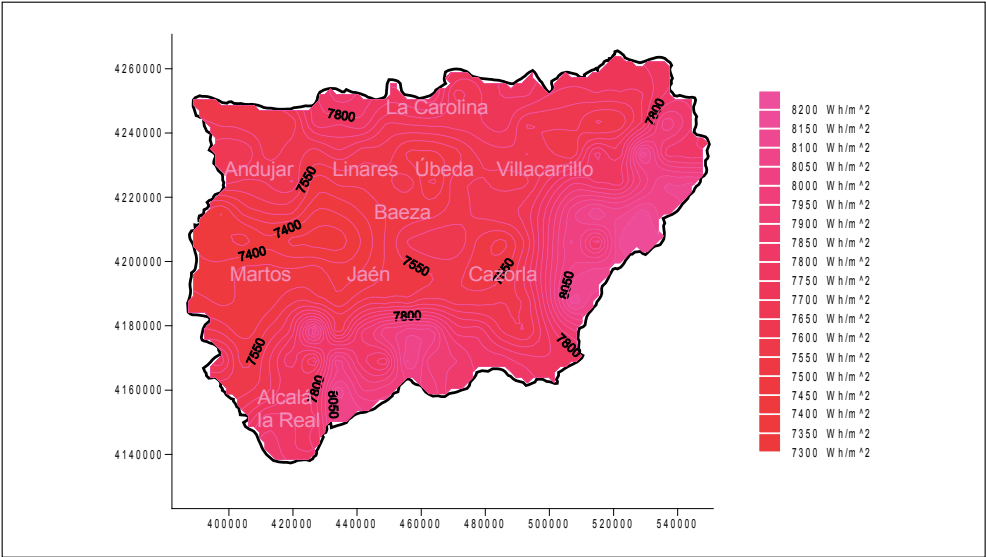


Figura 4.8.
Radiación solar en la provincia de Jaén. Anual.
Posición 0° de inclinación. Mapa Tipo 1

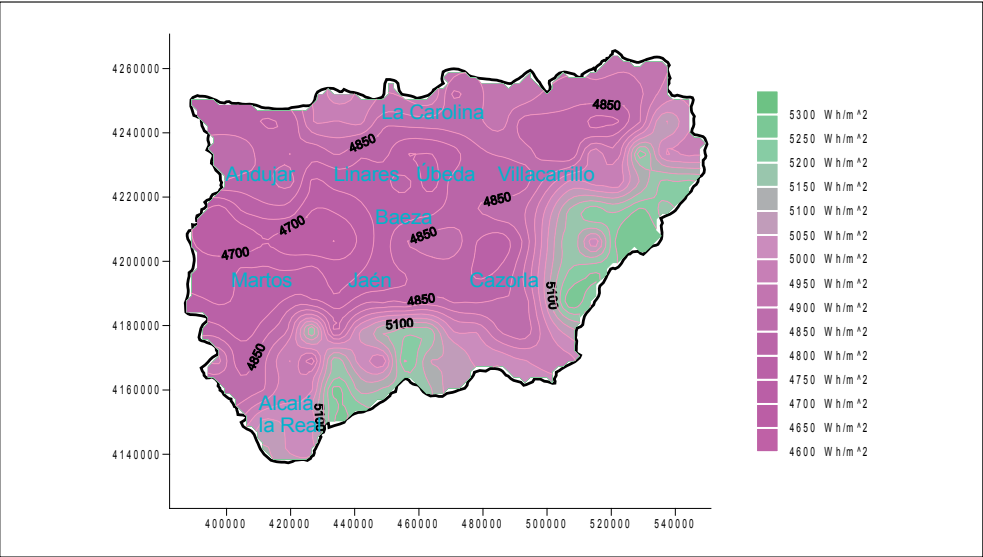
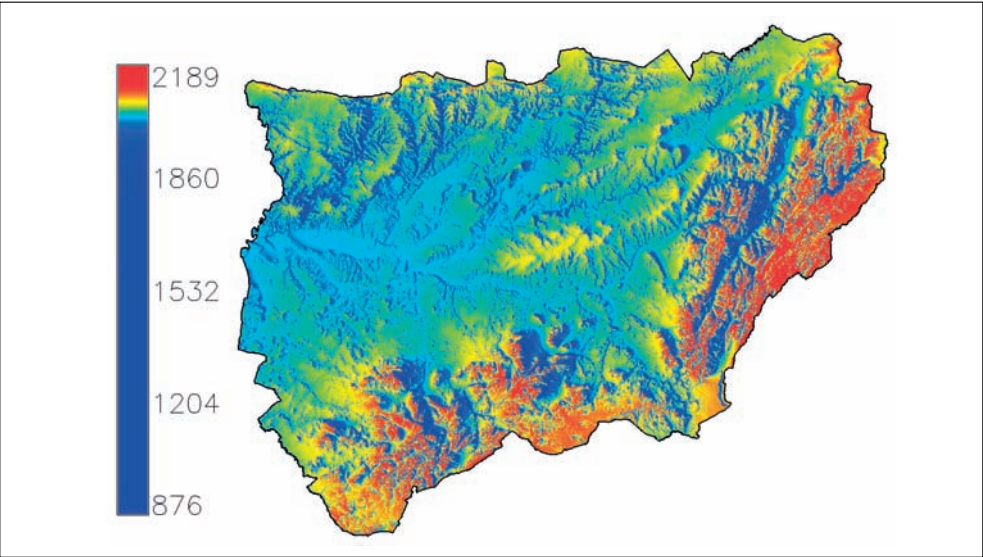


Figura 4.9.
Radiación solar en la provincia de Jaén.
Posición 30° de inclinación. Mapa Tipo 2



4.6. POTENCIAL FOTOVOLTAICO DE LA PROVINCIA DE JAÉN

Analizando todo el potencial solar que dispone la provincia de Jaén, y basándose en los mapas de radiación solar, se puede estimar el potencial fotovoltaico que se podría derivar de todo el recurso solar disponible. De esta forma se llega a la conclusión de que el potencial fotovoltaico teórico para toda la provincia de Jaén es de aproximadamente 1.05×10^6 GWh al año, lo que se traduce en que sólo aprovechando este potencial fotovoltaico se cubrirían más de 300 veces las necesidades eléctricas de toda la provincia. En cualquier caso este es el potencial teórico, que lógicamente se verá reducido para los casos prácticos: exclusión de zonas protegidas, zonas de cultivo, áreas forestales, etc. Teniendo en cuenta todos estos factores el potencial fotovoltaico anual de la provincia sería de 2.5×10^5 GWh, más de 80 veces las necesidades eléctricas en este caso.

Por tanto, teniendo en cuenta estos datos, y basándonos en estudios realizados en la Universidad de Jaén [Almonacid et al. 2010], se puede inferir que se podría realizar una intervención masiva de instalaciones fotovoltaicas, pudiéndose llegar a los 350 MWp, lo que representa sólo un 0.2% del potencial disponible de la provincia que generaría cerca del 20% de la demanda eléctrica anual de la provincia.

4.7. INVERSIONES Y EMPLEO GENERADO POR LA ESF

De esta forma, si atendemos las conclusiones del estudio comentado anteriormente, la posible inversión en la provincia de Jaén en materia fotovoltaica sería la creación de 10 plantas fotovoltaicas de 35 MWp cada una, que ocuparían una extensión de unas 700 hectáreas (sólo el 0.05 % de la extensión total de la provincia) y generarían unos 534 GWh al año. Estarían repartidas por diferentes zonas de la provincia teniendo en cuenta diferentes criterios como el estar situadas fuera de los muchos espacios naturales con los que cuenta Jaén, cercanas a subestaciones eléctricas, para facilitar la evacuación eléctrica, y otros.

Según estudios recientes de distintos organismos e Instituciones ([AAE, 2003], [IDAE, 2005] y [UNEF, 2012]) una instalación fotovoltaica de 35 MWp podría generar unos 175 empleos directos en su construcción y para su posterior mantenimiento unos 15, por lo que el empleo generado para el total de las instalaciones fotovoltaicas podría ser de unos 2000 empleos.

Capítulo 5

ENERGÍA DE LA BIOMASA

Eulogio Castro Galiano
José Antonio La Cal Herrera
Francisco Javier Gallego Álvarez

5.1. INTRODUCCIÓN

A cierre de 2011, el sector de las energías renovables aportaba a la economía nacional un valor de 10.244 millones de euros. La relevancia del sector, en términos de PIB, alcanza el 0,95%. La aportación que realiza la biomasa y el sector de biocarburantes se cifra en un 15% según datos de la Asociación de Productores de Energías Renovables de España [APPA, 2011], lo que refleja la importancia de esta fuente energética en el conjunto de la economía nacional, que lo es aún más en el caso de la economía provincial.

En este capítulo se va a efectuar un recorrido por la fuente de energía más abundante en la provincia de Jaén y, a la vez, menos utilizada. Se empezará por la definición de la biomasa como recurso energético, para posteriormente clasificarla y citar sus principales destinos y aplicaciones. También se incluyen datos de potencial disponible y de proyectos e instalaciones existentes en la provincia. Finalmente, se incluye un apartado relativo a inversiones y empleo vinculados al uso energético de la biomasa y a las principales líneas de investigación impulsadas desde la Universidad.

5.2. BIOMASA. DEFINICIÓN, TIPOS, ORÍGENES, DESTINOS ACTUALES Y PRINCIPALES APLICACIONES

5.2.1. DEFINICIÓN

En un sentido amplio, el término “biomasa” hace referencia a cualquier material que tenga un origen biológico.

En el estudio técnico titulado “Evaluación del potencial de energía de la biomasa”, realizado para el Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020,

se define biomasa como la “materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía”, es decir, cualquier sustancia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los materiales que resultan de su transformación natural o artificial. En esta definición se incluyen específicamente los residuos procedentes de las actividades agrícolas, ganaderas y forestales, así como los subproductos de las industrias agroalimentarias y de transformación de la madera. Además, se consideran como biomasa los llamados cultivos energéticos para la producción de biomasa lignocelulósica, orientada a su aplicación mediante combustión o gasificación.

La definición de la Especificación Técnica Europea CEN/TS 14588 indica que es biomasa todo material de origen biológico, excluyendo aquellos que han sido englobados en formaciones geológicas sufriendo un proceso de mineralización. Esta definición, por tanto, marca la diferencia fundamental que, en el campo energético, se establece entre los recursos de carácter fósil y los de carácter renovable.

Por último, la Orden ITC/2877/2008, de 9 de octubre, por la que se establece un mecanismo de fomento del uso de biocarburantes y otros combustibles renovables con fines de transporte, define la biomasa como la fracción *biodegradable de los productos, desechos y residuos procedentes de la agricultura (incluidas las sustancias de origen vegetal y de origen animal), de la silvicultura y de las industrias conexas, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales*.

5.2.2. ORÍGENES Y TIPOS DE BIOMASA

Atendiendo a su *naturaleza*, la biomasa puede clasificarse en:

- *Biomasa primaria o de calidad*. Es la resultante de la transformación directa de energía solar por la acción fotosintética.
- *Biomasa residual*. A su vez puede dividirse en dos grupos:
- *Biomasa secundaria*: constituida por los residuos agrícolas o forestales
- *Biomasa terciaria*: que incluye los residuos orgánicos urbanos e industriales

Atendiendo a su *origen*, la biomasa puede proceder de diversas fuentes:

- *Residuos agrícolas*: Se incluyen en esta denominación todos los residuos orgánicos y restos vegetales que se generan por los cultivos agrícolas directamente en el campo o en invernadero. Comprenden las podas

de cultivos arbóreos y la paja y restos vegetales del resto de cultivos. En este grupo quedan incluidos los restos de las podas de olivar.

- *Residuos forestales*: Los residuos de origen forestal comprenden todos los productos o subproductos resultantes de los aprovechamientos y tratamientos silvícolas que se realizan en las superficies forestales que no tengan como aprovechamiento principal los fines energéticos, y que pueden comprender otros tipos de aprovechamiento. Proviene de la necesidad de realizar tratamientos silvícolas para el mantenimiento y mejora de los montes y masas forestales mediante talas, podas, limpieza de matorrales, etc. Estos trabajos generan unos residuos (leñas, ramas y matorrales) que deben ser retirados del monte, pues son un factor de riesgo de grave importancia para la propagación de plagas y de incendios forestales.
- *Residuos ganaderos*: los residuos ganaderos son aquellos residuos orgánicos generados por las especies ganaderas en las explotaciones intensivas. Se trata principalmente de la mezcla de deyecciones y la cama de ganado, denominándose comúnmente según la especie de la que proceden en estiércol, purines y gallinaza.
- *Residuos y subproductos industriales*: son aquellos subproductos y desechos de origen orgánico generados por la industria, principalmente de los sectores agroalimentario, maderero y textil. En este bloque se incluye el orujo de dos fases o alperujo.
- *Residuos urbanos*: son aquellos generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios, así como los residuos procedentes de la limpieza viaria, zonas verdes y áreas recreativas. Los residuos urbanos susceptibles de uso energético incluyen las aguas residuales, los residuos sólidos urbanos, los aceites de fritura y los residuos vegetales de zonas verdes.
- *Cultivos energéticos*: biomasa producida expresamente con la finalidad de generar energía de una manera sostenible, es decir, con un balance energético y de emisiones de gases de efecto invernadero favorable y un equilibrio natural garantizados. En este grupo se encuentran las especies de plantas cultivadas específicamente para producir energía, ya sea a través de la obtención de biocarburantes (bioetanol y biodiesel) o de biomasa lignocelulósica para fines térmicos o eléctricos (*Cynara cardunculus*, *Brassica carinata*, *Paulownia* de corta rotación etc.), así como otros cultivos que tradicionalmente han tenido un uso alimentario, pero que pueden tener también una orientación energética

(trigo, cebada, girasol,...). Según sea sus destino final, estos cultivos se clasifican en alcoholígenos, oleaginosos y lignocelulósicos.

- *Cultivos alcoholígenos*. Se trata de cultivos cuyo destino principal es la obtención de bioetanol (alcohol etílico) que se utiliza fundamentalmente como combustible para el transporte (solo o mezclado con gasolina). Se puede obtener mediante la fermentación de la glucosa contenida en cultivos ricos en este azúcar como la remolacha azucarera o la caña de azúcar, o a partir de cultivos de semillas ricas en almidón como el sorgo, el trigo o la cebada.
- *Cultivos oleaginosos*. Comprenden aquellas especies cuya semilla es rica en aceites que se utilizan directamente para producir energía, o que sirven como materia prima para su transformación en biodiesel mediante procesos de transesterificación (girasol, colza, ...)
- *Cultivos lignocelulósicos*. Plantas y cultivos especializados en producir biomasa con fines térmicos o eléctricos, tales como la *Cynara cardunculus* (cardo), el eucalipto, el chopo, etc.

Los componentes principales de la biomasa (hidratos de carbono, lípidos y prótidos) se encuentran en una proporción relativa variable según la naturaleza de dicha biomasa. En general, en los vegetales la materia orgánica está constituida en su mayoría por hidratos de carbono, principalmente en forma de compuestos lignocelulósicos, o amiláceos, y en menor proporción por lípidos y compuestos orgánicos nitrogenados, fundamentalmente proteínas.

Según sea el *compuesto o grupos de compuestos* preponderantes en la biomasa vegetal, esta recibe varios calificativos. Por ser los hidratos de carbono los más abundantes de la biomasa vegetal (en torno a un 60%), la designación del tipo de biomasa se realiza principalmente atendiendo a la forma en la que estos compuestos se encuentran. Según esto la biomasa se puede clasificar en:

- *Biomasa lignocelulósica*, aquella en la que predominan las celulosas (hemicelulosa y holocelulosa) y la lignina. Es el caso de los restos de las podas de olivar.
- *Biomasa amilácea*, en la que los hidratos de carbono predominantes se encuentran en forma de polisacáridos de reserva, tales como almidón o inulina. Los cereales o las patatas pueden ser ejemplos representativos de este tipo de biomasa.
- *Biomasa azucarada*, aquella cuyo principal componente hidrocarbonado está constituido por azúcares, ya sean monosacáridos (glucosa

o fructosa principalmente) o disacáridos tales como la sacarosa. La remolacha o el tallo de la caña de azúcar son ejemplos de biomasa azucarada.

Según el *contenido hídrico* de la biomasa, cabe distinguir entre *biomasa seca*, que tiene una humedad por debajo del 13%, y *biomasa semi-seca o fresca*, con un mayor contenido en agua. Un tejido vegetal fresco puede llegar a un 90% de agua e incluso más.

Algunos tipos de biomasa contienen abundante contenido en aceite, como es el caso de las pipas de girasol, que puede superar el 50% en peso seco, denominándose este grupo *biomasa oleaginosa*.

En definitiva, la amplia diversidad de fuentes englobadas bajo el término biomasa, así como la gran cantidad de procesos que pueden llevarse a cabo para transformar los compuestos químicos originales en otra fuente de energía (térmica, eléctrica, mecánica) o bien en nuevos productos con características diferentes a los iniciales que sean más aptos para su uso final, hacen que el estudio del aprovechamiento energético de la biomasa presente una gran complejidad.

Por último, un aspecto que le confiere especial interés, además del ya citado carácter renovable, es el asociado a las *emisiones neutras de CO₂*, puesto que el aprovechamiento final de la biomasa suele conllevar la oxidación total de la materia orgánica o de los combustibles de ella derivados. El CO₂ emitido en este proceso es equivalente al absorbido por la materia orgánica original y, por ello, el balance final es neutro. El grado de neutralidad vendrá marcado por la intensidad, tipo y cuantía de los medios utilizados para la producción, transporte, tratamiento y utilización de la misma.

5.2.3. DESTINOS ACTUALES Y PRINCIPALES APLICACIONES

En la Tabla 5.1 se recogen los destinos actuales y las principales aplicaciones de la biomasa de la provincia de Jaén.

Tabla 5.1.

Principales fuentes de biomasa de la provincia de Jaén. Origen, tipos y destino o aplicaciones

RECURSO	PROCESO GENERADOR	TIPO DE BIOMASA	DESTINO O APLICACIONES
Residuo forestal	Tratamientos selvícolas	Pies, ramas, copas	Incineración
	Cortas de pies maderables	Cortezas, ramas	Triturado y aporte al suelo
Residuos agrícolas	Poda	Leñas, ramas y ramones	Incineración Triturado y aporte al terreno Generación de energía eléctrica Producción de biocombustibles sólidos
Residuos de industrias agroalimentarias	Producción de aceite de oliva	Hojín, orujo y hueso	Alimentación ganado Extractoras u orujeras Generación energía térmica
	Extracción de aceite de orujo	Orujillo	Generación energía eléctrica
Residuos de industrias de la madera	Industrias de 1ª transformación	Costeros, recortes, serrines, ...	Industrias madera
	Resto industrias	Serrines, virutas, ...	Combustible

FUENTE: Elaboración propia.

A continuación se muestran algunas fotografías de los distintos tipos de biomasa generados en la provincia de Jaén, de acuerdo al cuadro anterior.



Fotografía 5.1.–Restos de poda de olivar.



Fotografía 5.2.–Residuos forestales.



Fotografía 5.3. Orujillo.



Fotografía 5.4. Restos de industrias de la madera.

5.3. POTENCIAL DE BIOMASA DE LA PROVINCIA DE JAÉN

El olivar ha ido progresivamente ampliando su función tradicional alimentaria para constituirse también en proveedor de recursos energéticos. En este sentido, es generador de un importante volumen de biomasa, desde la propia explotación olivarera hasta la almazara o la extractora de aceite de orujo.

Por un lado, el propio cultivo del olivar es sometido a la denominada *poda*, la cual tiene como fin último la de producir más fruto [Pastor y Humanes, 2010]. Como consecuencia de la misma se generan restos lignocelulósicos compuestos por ramas, ramones y leñas los cuales han de ser eliminados o extraídos del campo para evitar la propagación de enfermedades tales como el temido “*barrenillo*”. La fracción más fina, formada por *ramas* y *ramones*, suele ser quemada “*in situ*” o astillada y depositada en el suelo como aporte orgánico y para mejorar sus propiedades físicas, y la más gruesa o *leña* aprovechada para fines de calefacción u otros usos domésticos tales como barbacoas o chimeneas.

Por otro lado, se encuentra la industria vinculada al olivar, fundamentalmente compuesta por *almazaras* o industrias de obtención del aceite de oliva, y *extractoras de aceite de orujo*. También existen las denominadas *entamadoras*, las cuales se dedican al procesado de la aceituna mediante fermentación o salazón para su consumo como aceituna de mesa.

En las primeras se genera un subproducto denominado *orujo de dos fases* o *alperujo* el cual suele ser enviado a las segundas para someterlo a un proceso de secado y de extracción del aceite residual que contiene. La biomasa generada en estas industrias se denomina *orujo extractado* u *orujillo*.

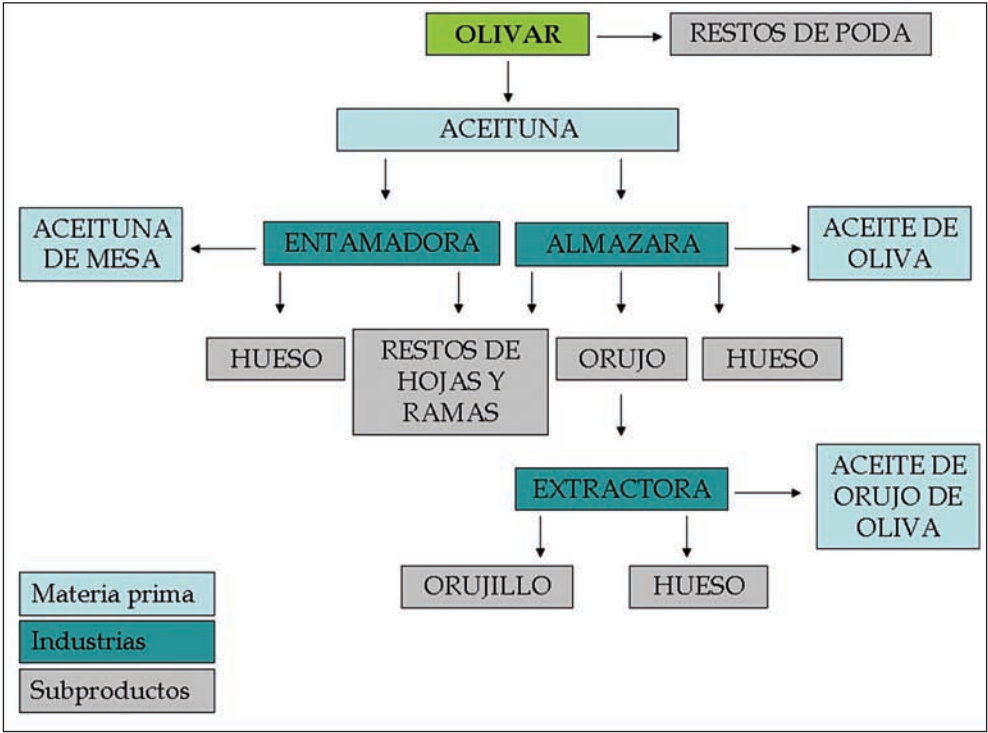
Tanto en la almazara, como en la entamadora y en la extractora se puede extraer el *hueso* separándolo del resto de fracciones (piel y pulpa), puesto que presenta un mayor valor añadido como combustible para fines térmicos, tal y como se puede apreciar en cuadro siguiente, correspondiente a una biomasa (hueso) obtenida en la separación mediante lavado con agua de la pulpa de aceituna en almazara.

El esquema de la figura muestra el origen de todas las fuentes de biomasa generadas por el olivar, distinguiendo en el mismo entre:

- Materias primas: aceituna de mesa y de almazara, aceite de oliva y de orujo.
- Industrias: almazara, entamadora y extractora

- Subproductos: restos de poda, hueso, orujo, orujillo y restos de hojas y ramas).

Figura 5.1.
Biomasa generada por el olivar



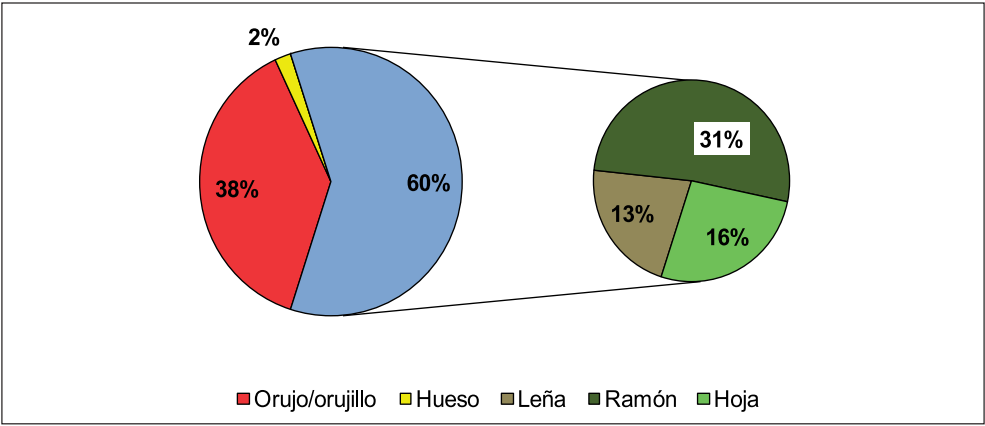
El principal potencial de biomasa con que cuenta la provincia de Jaén procede del cultivo del olivar y de sus industrias afines. En la Tabla siguiente se muestran los principales tipos de biomasa, diferenciados en función de su origen.

Tabla 5.2.
Fuentes de biomasa procedente del olivar

Industriales
Almazaras
Orujos de tres fases Orujos de dos fases (95% de los orujos generados) Hojas Huesos
Extractoras
Orujillo Huesos de aceitunas
DERIVADOS DEL CULTIVO DEL OLIVO
Poda del olivo
Biomasa lignocelulósica (leña, ramón y hojas)

En términos porcentuales y sin tener en cuenta el propio aceite, el olivar produce los diferentes tipos de biomasa que se muestran en la Figura 5.2. Un 60% en peso corresponde a la poda, mientras que el resto está constituido por el orujo, incluyendo el hueso.

Figura 5.2.
Proporción de los distintos residuos generados en 1 ha de olivar



FUENTE: Agencia Andaluza de la Energía [AAE, 2009]).

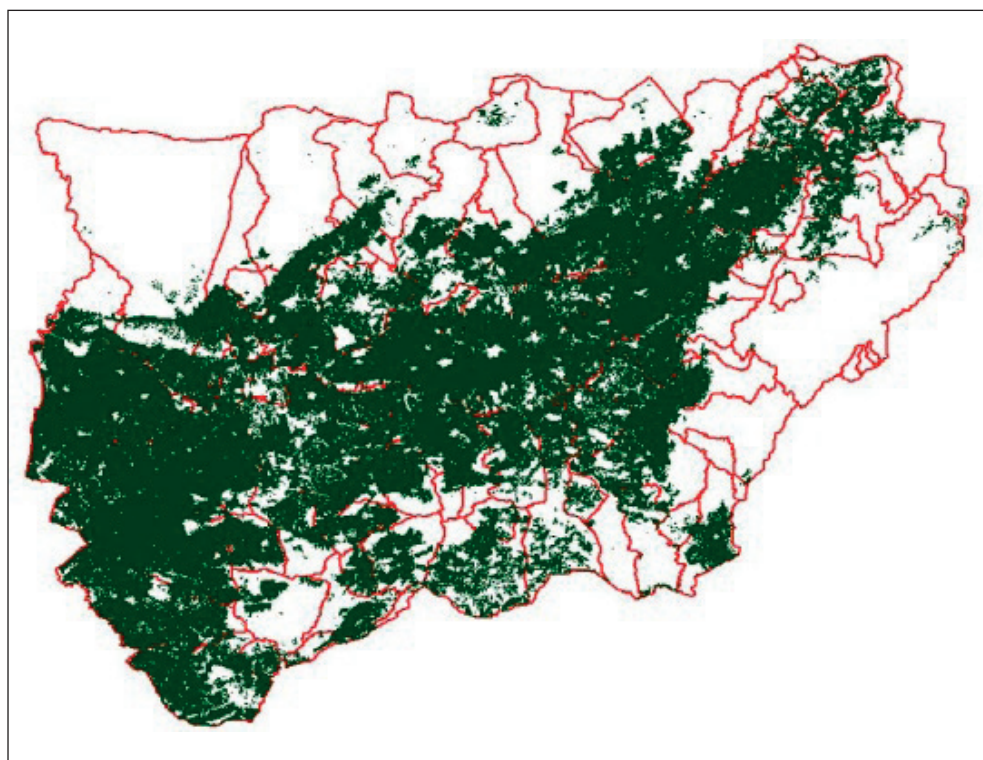
La provincia de Jaén cuenta con 571.604 hectáreas de olivar que produjeron en 2010 2.751.852.248 kg de aceitunas, según datos de la Agencia para el Aceite de Oliva, con un contenido medio en aceite del 21,32% en peso, lo que supuso la generación de 2.311.793.751 kg de orujo.

Por lo que respecta a la poda de olivo, existen diferentes estudios que proporcionan estimaciones variables de la cantidad de biomasa que se genera por cada hectárea de olivar.

En el marco del proyecto MÁGINA, subvencionado por la Universidad de Jaén, se ha obtenido el mapa de superficie ocupada por el olivar en la provincia de Jaén (10 m/pixel) compilando las fuentes de información geográfica más precisas de las que se dispone actualmente: el mapa de recintos del SIGPAC y el mapa de coberturas y usos del suelo de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (Figura 5.3).

Figura 5.3.

Superficie de olivar de la provincia de Jaén

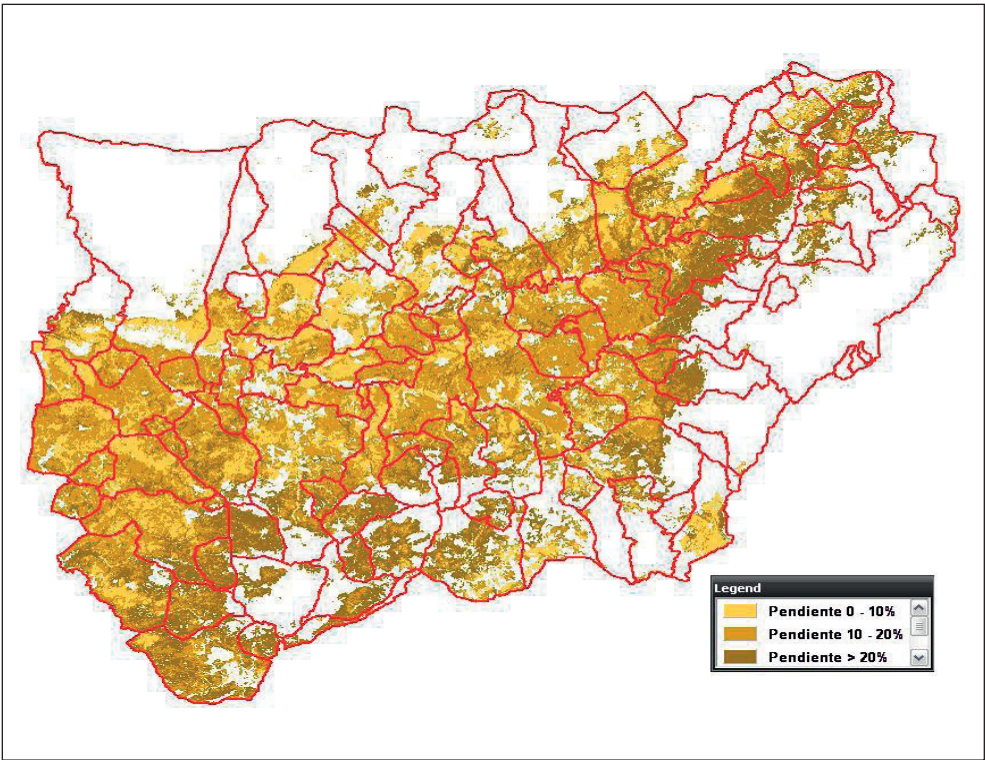


La orografía del terreno uno de los principales condicionantes del uso de la biomasa residual del olivo en la provincia, por cuanto dificulta la mecanización y el transporte, y limita la productividad del olivo. Se ha descartado como olivar potencialmente apto para su uso con fines energéticos el abandonado, el asociado a otros cultivos y el situado en terrenos con pendientes que dificultan notablemente las labores de mecanizado correspondientes (superiores al 20%, Figura 5.4).

Puede admitirse como valor medio estimativo que la producción de biomasa por hectárea procedente de la poda del olivar es de unas tres toneladas considerando la poda bienal. Esto implica una generación de aproximadamente otro millón de toneladas anuales de biomasa, cuyo aprovechamiento, hasta el momento, está infrautilizado desde un punto de vista energético, puesto que aproximadamente el 50% es quemado a cielo abierto con los riesgos y el coste que supone para el agricultor, y el resto es astillado y depositado en el suelo como aporte orgánico [La Cal et al, 2011].

Figura 5.4.

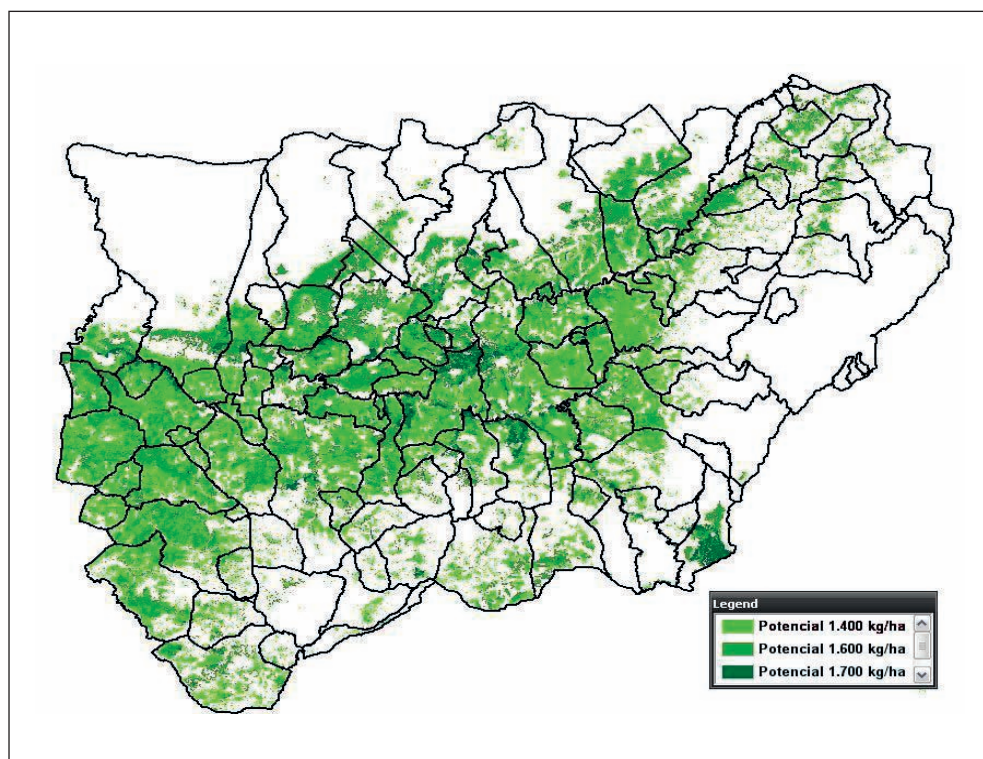
Clasificación del olivar de la provincia de Jaén según rangos de pendientes



Considerando un *Índice de Residuo* (IR) de 1,75 Tm anuales por hectárea y año [Pastor y Humanes, 2010], se puede estimar tanto el volumen de biomasa procedente de restos de podas de olivar generado en Andalucía, como en la provincia de Jaén; así como el potencial energético de los mismos. De acuerdo con el dato de superficie de olivar de almazara correspondiente a 2010 en Andalucía (1.499.896 hectáreas) se puede concluir que se producen del orden de 2,6 millones de Tm anuales de esta fuente de biomasa, tanto de fracción fina (ramas y ramones) como de leña. No obstante, teniendo en cuenta las limitaciones orográficas mencionadas, se puede establecer una modulación de la variabilidad territorial del potencial, del índice de residuo en función de la pendiente del terreno y de la presencia o no de riego permanente, lo que daría lugar a una distribución como la que se muestra en la Figura 5.5 [Gallego et al., 2011].

Figura 5.5.

Potencial biomásico anual de la poda del olivar en la provincia de Jaén



En el caso concreto de la provincia de Jaén, la cantidad de biomasa procedente de los restos de poda de olivar considerando la superficie de 2010 (571.604 hectáreas) y el valor medio del índice de residuo de 1750 kg/ha, es de un millón de Tm anuales, un 38% del total generado en Andalucía.

Para un poder calorífico inferior (PCI)¹, con un humedad del 16%, de 3.190 kcal/kg, el potencial energético de esta fuente de energía renovable y autóctona es de unas novecientas mil toneladas equivalentes de petróleo² (tep) en el caso de Andalucía y de unas trescientas veinte mil tep en el caso de la provincia de Jaén.

El potencial de la biomasa de los restos de la poda del olivar en Andalucía supondría en torno a un 7,7% del consumo total de energía final de Andalucía en 2010. En el caso de la provincia de Jaén, el dato es aún más contundente, situándose en el 25,3% [La Cal, 2010].

En el cuadro siguiente se resume el potencial de biomasa procedente de los restos de las podas de olivar en Andalucía y en Jaén, así como el potencial energético.

Tabla 5.3.
Potencial de biomasa y energético de los restos de las podas de olivar en Andalucía y Jaén

	Andalucía	Jaén
Superficie total (miles ha)	1.500	572
IR (kg/ha*año)	1.750	1.750
Total biomasa (miles Tm/año)	2.600	1.000
Potencial Energético (miles tep/año)	837	320

En relación a la biomasa generada en las industrias vinculadas al sector del aceite de oliva, la producción total se muestra en el cuadro número 4. Cabe mencionar que en la estimación del orujillo producido se encuentra contenido el hueso, puesto que como ya se ha comentado, los sólidos que su-

¹ Cantidad de energía que se desprende en la combustión de una unidad de masa de un material combustible en la que el agua se libera en forma de vapor. Si esta agua se condensa desprendería calor y entonces se hablaría de Poder Calorífico Superior (PCS). Por tanto, el PCI es inferior al PCS y a mayor humedad del combustible, mayor resultará esta diferencia.

² 1 tep = 107 kcal

ponen un 42,49% del orujo, están compuestos por piel (22%), pulpa (40%) y hueso (38%). Además, en caso de extraer el hueso del orujillo, este subproducto dejaría de tener interés desde un punto de vista energético.

Para la estimación de las cantidades se ha partido del ratio de producción de aceituna por hectárea de la campaña 2010/2011 calculado a partir de los datos de producción facilitados por la Delegación Provincial de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, y cifrado en 4.814,26 kg/ha.

Además del olivar, la provincia de Jaén cuenta con unas 310.000 hectáreas de parques naturales, gran parte de los cuales contienen principalmente pinos y otras especies forestales. El mantenimiento y la limpieza de estos bosques, así como la explotación maderera de los mismos, origina también una gran cantidad de biomasa cuyo aprovechamiento hoy por hoy es nulo, pues la totalidad se queman o se astillan y se depositan en el terreno en función de la época del año.

Tabla 5.4.

Biomasa potencial de la industria oleícola, miles de Tm/año

	Andalucía	Jaén
Orujo	5.900	2.200
Hueso	950	360
Orujillo	2.500	950

Los residuos de origen forestal pueden dividirse en: residuos de poda o residuos de corta. Los primeros provienen de la necesidad de realizar tratamientos selvícolas para el mantenimiento y mejora de los montes y masas forestales mediante talas, podas, limpieza de matorrales, etc. Estos trabajos generan unos residuos (leñas, ramas y matorrales) que deben ser retirados del monte, pues son un factor de riesgo de grave importancia para la propagación de plagas y de incendios forestales. Dentro de este grupo se incluyen la leña de encina y alcornoque, que se utiliza para calefacción doméstica. También se incluyen la leña de pino que se utiliza en algunas zonas para la elaboración de carbón vegetal.

El segundo grupo, los residuos procedentes de la corta de pies, se generan en la limpieza de los pies maderables, y constituyen cerca de la tercera parte del árbol. Como en el caso anterior, si no se retiran pronto del monte se convierten en factor de alto riesgo de incendios. El hecho de que estos

residuos se generen dentro de una actividad comercial puede permitir su recogida, mejorando sus posibilidades de utilización en el campo energético.

Se han evaluado, a nivel de Andalucía, como residuos forestales potencialmente aprovechables los residuos de poda de encinas y alcornoques y la corta de pies del pino, chopo y eucaliptos. La densidad energética media evaluada para dichos residuos se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 5.5.
Biomasa forestal generada en Andalucía y potencia energético de la misma

TIPO DE FORESTAL	TIPO DE RESIDUO	P.C.I (kcal/kg)	HUMEDAD (% b.h)	AÑOS DE TRATAMIENTO	DENSIDAD ENERGÉTICA SUPERFICIAL	
					te/ha*año	kg/ha*año
<i>Pinus sylvestris</i>	Residuos de cortas finales y restos de poda	5.057 4.686	40%	120	1.548,4 6.835,0	569 2.379
<i>Pinus pinea</i>				100		
<i>Pinus halepensis</i>				80		
<i>Pinus nigra</i>				100		
<i>Pinus pinaster</i>				80		
<i>Quercus ilex</i> – encina	Restos de poda (leña y ramón)	4.506	40%	9	840,3 4.913,3	311 1.817
<i>Quercus suber</i> – alcornoques	Restos de poda (leña y ramón)	4.383	40%	9	711,3 3.257,1	270 1.239
<i>Populus nigra</i> – chopo	Residuos de cortas finales	4.299	60%	10	5.290,1	3.077
<i>Eucalyptus globulus</i>	Residuos de cortas finales	4.129 4.468	60%	15	4.611,7 4.990,4	2.792

FUENTE: Agencia Andaluza de la Energía.

Finalmente, en cuanto a potencial en la provincia de Jaén, según el Programa de Aprovechamiento de la Biomasa Forestal realizado en 2006 por la Consejería de Medio Ambiente, en Jaén se generan del orden de 307.155 Tm anuales, 142.063 Tm procedentes de montes de titularidad pública, y el resto, 165.092 Tm, privados.

5.4. INSTALACIONES DE BIOMASA DE LA PROVINCIA DE JAÉN

A continuación se realiza una descripción de las principales instalaciones de aprovechamiento energético de biomasa en la provincia de Jaén, tanto para generación de energía eléctrica, como de consumos térmicos, producción de biocarburantes y otras infraestructuras asociadas a la biomasa, incluidos el biogás y los biocarburantes.

La provincia de Jaén cuenta con un total de 4 plantas de generación de energía eléctrica alimentadas con biomasa, fundamentalmente orujillo procedente de industrias de extracción de aceite de orujo u orujeras, con una potencia total de 39 MWe tal y como se muestra en la Tabla 5.6.

En cuanto a la generación de energía térmica con biomasa, Andalucía cuenta con una tradición industrial muy significativa vinculada a la industria oleícola. Las principales aplicaciones de la biomasa para usos térmicos está en la climatización de edificios e instalaciones, si bien, como ya se ha apuntado, se ha usado tradicionalmente en almazaras y extractoras de aceite de orujo para producción de agua caliente, calefacción y también para el secado del orujo graso.

Tabla 5.6.

Plantas de biomasa de la provincia de Jaén

PLANTA	MUNICIPIO	POTENCIA (MW)
Tradema	Linares	2
Bioenergética de Linares	Linares	15
La Loma	Villanueva del Arzobispo	16
Aldebarán energía del Guadalquivir	Andújar	6
TOTAL		39

FUENTE: Agencia Andaluza de la Energía.

En la actualidad se está produciendo un despegue en los sectores doméstico y de servicios, debido fundamentalmente al encarecimiento de los combustibles de origen fósil y la electricidad y a la existencia de incentivos de la Agencia Andaluza de la Energía. Ello ha permitido alcanzar una cifra de consumo para usos térmicos de 607,16 ktep, si bien es una cifra inferior a la alcanzada en 2010 porque se trata de un sector que fluctúa en función de las variables antes citadas.

El cuadro siguiente muestra la evolución de la generación térmica con biomasa en Andalucía y en Jaén.

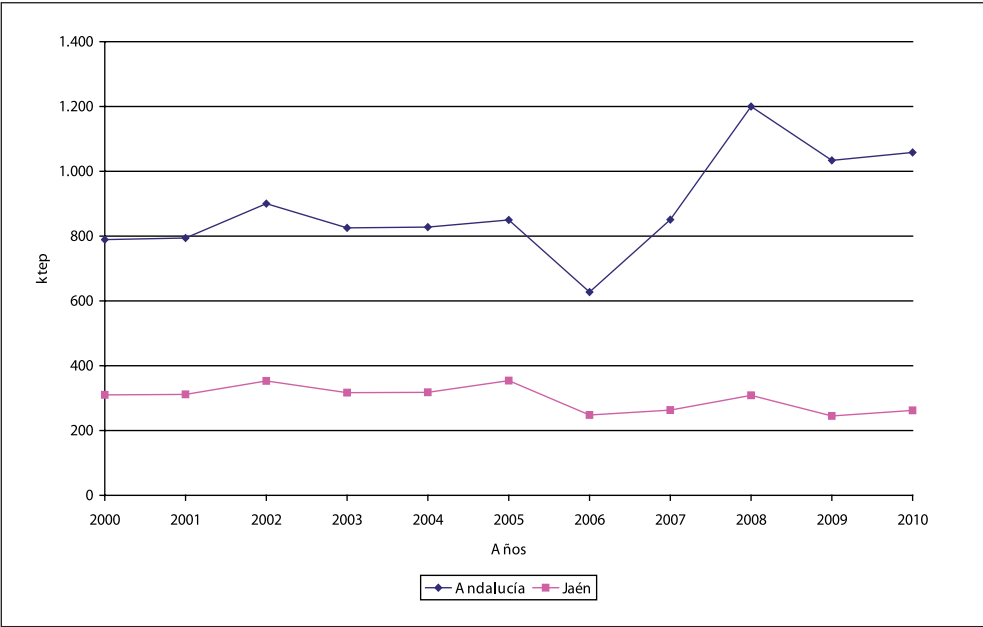
Tabla 5.7.
Generación de energía térmica con biomasa

	2007	2008	2009	2010	2011
Jaén	245,40	266,90	205,10	202,32	158,52
Andalucía	546,10	613,50	471,47	629,69	607,16
% Provincia	43,50	43,50	43,50	32,13	26,11

FUENTE: Agencia Andaluza de la Energía.

Por último, en relación al consumo de biomasa para producción interior, la evolución para Andalucía y Jaén se muestra en el siguiente gráfico.

Figura 5.6.
Evolución del consumo de energía de la biomasa para producción interior en Andalucía y Jaén desde 2005



En materia de biomasa, la provincia de Jaén cuenta con otras infraestructuras energéticas, son las siguientes:

- *2 plantas de producción de biodiesel*, en Andújar y en la Estación de Linares-Baeza, que en la actualidad no están funcionando, con una capacidad de producción de 270 ktep/año, que representa el 27% de la capacidad total de Andalucía.
- *1 planta de aprovechamiento de biogás de vertedero* con una potencia de 0,80 MW. Está situada en el municipio de Fuerte del Rey y ubicada en una planta de tratamiento de residuos urbanos.
- *1 planta de producción centralizada de calor y frío* alimentada con hueso de aceituna en el Parque Científico y Tecnológico, GEOLIT en la localidad de Mengíbar, Jaén. La potencia instalada en generación de energía térmica es 6 MWt, y otros tantos para producción de frío mediante la tecnología de absorción.
- *4 plantas de producción de pelets* que emplean como materia prima biomasa procedente de los sectores agrícola y forestal. Están ubicadas en los municipios de Jabalquinto, Cazorla, Mancha Real y Aldeaquemada, con una capacidad total de producción de 29.200 ktep/año, lo cual representa el 67% de la capacidad total instalada en Andalucía.

Tabla 5.8.

Plantas de producción de pélets en la provincia de Jaén

PLANTA	LOCALIDAD	CAPACIDAD (tep/año)
MÁGINA ENERGÍA	Mancha Real	8.800,00
RENOVABLES BIOCAZORLA	Cazorla	12.000,00
SCA NTRO. PADRE JESÚS	Jabalquinto	2.400,00
DESARROLLOS ENERGÉTICOS DEL CAMPO	Aldeaquemada	6.000,00
TOTAL		29.200,00

FUENTE: Agencia Andaluza de la Energía.

A continuación se muestran algunas fotografías de los proyectos más significativos relacionados con la biomasa de la provincia de Jaén.



Fotografía 5.5.–Planta de producción de pelets (Aldeaquemada).



Fotografía 5.6.–Planta de generación de energía eléctrica a partir de biogás de vertedero (Fuerte del Rey).



Fotografía 5.7.—Planta de generación de energía eléctrica alimentada con biomasa del olivar (Villanueva del Arzobispo).



Fotografía 5.8.—Planta de producción de biodiesel (Estación de Linares-Baeza).



Fotografía 5.9. Planta de generación eléctrica alimentada con biomasa del olivar (Estación de Linares-Baeza)



Fotografía 5.10. Sistema de climatización centralizada con hueso de aceituna de Geolit.

5.5. INVERSIONES Y EMPLEO ASOCIADAS AL USO DE LA BIOMASA

La creación de empleo en la biomasa es espectacular frente al resto de tecnologías. Se puede corroborar este hecho analizando países como Austria, Finlandia, Dinamarca o Suecia, donde además es la segunda tecnología de generación eléctrica por detrás de la hidráulica.

Para la producción de energía eléctrica en una planta de 2 MW se necesita un mínimo de 7 personas por planta, y además si ésta es de origen forestal, requieren un total de 15 empleados. Además, la biomasa puede crear un total de 14.000 empleados durante la vida útil de las plantas, con un beneficio neto para el Estado superior a los 130 millones de euros anuales, si se tienen en cuenta los impuestos generados por la actividad y las contribuciones a la Seguridad Social de los trabajadores.

Según la Asociación Nacional de Promotores y Productores de Energías Renovables APPA, la inversión que podría alcanzarse en el sector de la biomasa se sitúa en 4.000 millones de euros. En el conjunto de España, el número de empleos directos e inducidos vinculados a la biomasa y al sector de biocarburantes ascendió en 2011 a 42.646, lo que corresponde aproximadamente al 35% del total del empleo en energías renovables.

Según la Asociación de Promotores y Productores de Energías Renovables de Andalucía, APREAN, en Andalucía existen un total de 810 empresas que se dedican al sector de las energías renovables en Andalucía, las cuales generan un total de 9.792 empleos directos, según un Estudio elaborado por APREAN y la Consejería de Empleo de la Junta de Andalucía para el análisis de la situación de la actividad empresarial, el empleo y la formación en el ámbito de las energías limpias.

Los datos de este Informe a nivel provincializado están disponibles en un visor TIG del mapa de Andalucía al que se puede acceder a través del siguiente enlace: <http://www.aprean.com/vaprean/>

El mayor número de empresas dedicadas a las renovables en Andalucía radican en Sevilla, con un total de 190, lo que representa el 23,5% del total andaluz. Le siguen las provincias de Málaga, Jaén, Granada y Córdoba, que tienen entre 60 y 75 empresas cada una. En último lugar se sitúa la provincia de Huelva con 39 empresas.

El tamaño medio de estas empresas es de 16,78 empleados, si bien tres de cada cuatro tienen un tamaño inferior a 10 empleados, lo que revela el protagonismo de las pymes dentro del sector en Andalucía.

La mayor parte operan en el subsector de la solar térmica y la biomasa, tanto generación eléctrica como usos finales térmicos, seguido de la solar fotovoltaica. Las actividades más frecuentes que desarrollan son las de operación y mantenimiento, la instalación de equipos y el desarrollo de proyectos.

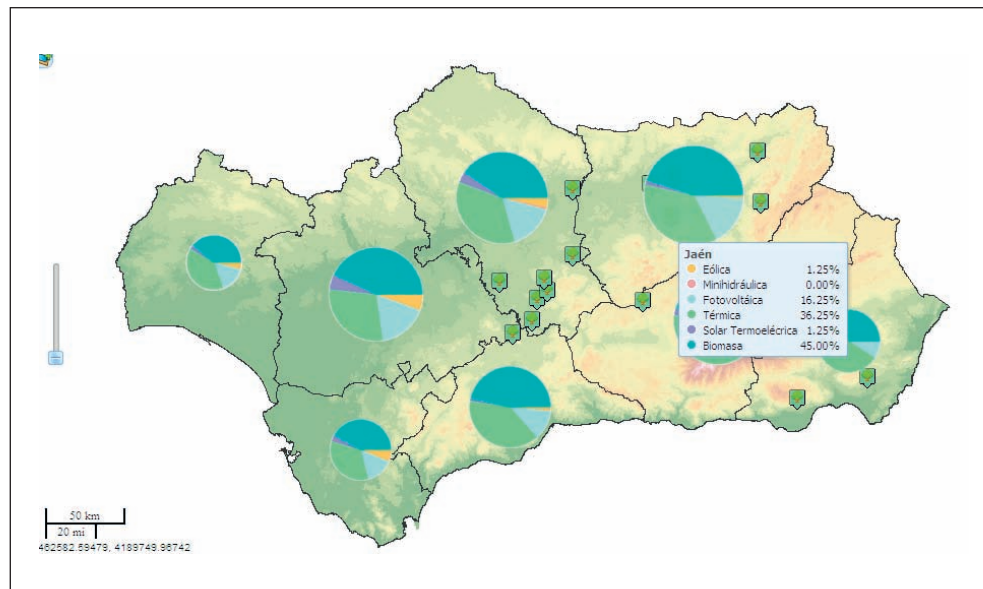
En cuanto al empleo, éste se caracteriza por su juventud y elevada cualificación, puesto que el 80% tiene una edad comprendida entre los 18 y los 42 años; y únicamente un 18% de las plantillas no posee título universitario o un ciclo formativo en formación profesional. Existe una mayor presencia, del 80%, de hombres sobre mujeres. Las zonas rurales, que normalmente acumulan mayores tasas de desempleo y menores niveles de renta per cápita son las más favorecidas por la creación de empleo.

El subsector donde se genera mayor empleo de calidad y estable es el eólico, puesto que el 80% de los empleados tienen un contrato laboral fijo. Las empresas tienen preferencias de contratación de perfiles medio-altos, con elevada cualificación profesional y fuerte especialización: técnicos de sistemas, ingenieros de proyectos e instaladores de sistemas.

De mantenerse las previsiones del Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) 2011-2020, que estima un crecimiento para el empleo para los próximos 10 años de un 75%, Andalucía sumaría 7.834 nuevos empleos y alcanzaría los 17.626 empleos en 2020.

En la provincia de Jaén el número de trabajadores que se dedican al campo de las energías renovables es de 789 según APREAN, en un total de 101 empresas. En la Figura 5.7 se puede apreciar el mapa de empleo de las energías renovables en Andalucía con la distribución por tecnologías de las empresas ubicadas en la provincia de Jaén.

Figura 5.7.

Mapa de empleo de las energías renovables en Andalucía

FUENTE: APREAN.

5.6. OTRAS ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA

El interés por el desarrollo de las energías renovables se ha visto acrecentado en los últimos años por varios factores, entre los que se pueden citar el crecimiento sostenido de la demanda energética, el continuo encarecimiento de la energía de origen fósil, la elevada dependencia del suministro exterior y la mayor concienciación en temas medioambientales de la sociedad en general.

Entre las diferentes energías de origen renovable, el uso de la biomasa con fines energéticos ha experimentado un auge considerable, en particular con el objetivo de la obtención de biocombustibles, pues pueden sustituir o complementar a los derivados del petróleo, de los que existe una marcada dependencia exterior en España. Entre las estrategias para la diversificación energética en el transporte (utilización de gases licuados del petróleo, gas natural, electricidad, hidrógeno, etc.), la utilización de biocombustibles derivados de la biomasa vegetal es la opción más sencilla, efectiva y realista a corto-medio plazo.

La aprobación por la Comisión Europea de la Directiva 2003/30/CE, de fomento del uso de biocarburantes en el sector del transporte, principalmente biodiesel y bioetanol, permitió el desarrollo de un gran número de instalaciones industriales destinadas a la producción de ambos compuestos.

También es cierto que, en determinados círculos de opinión, los biocombustibles han pasado de ser considerados la panacea para la resolución de los problemas energéticos mundiales a ser denostados con el mismo ahínco, debido fundamentalmente a la posible competencia que las materias primas utilizadas pueden presentar con los usos alimentarios.

Una solución al dilema de incrementar la disponibilidad de energía renovable, evitando la competencia de la materia prima (en especial en alimentación humana), puede ser el empleo de biomasa residual, en lugar de biomasa primaria, para la producción de biocombustibles que, teniendo este origen, reciben el nombre de biocombustibles de segunda generación. Además del hecho de no presentar competencia con aplicaciones alimentarias, se trata de materias primas que, por su naturaleza, deben ser eliminadas, lo que confiere también a esta aplicación un importante carácter medioambiental.

En este escenario, merecen una especial consideración la utilización de los residuos agrícolas, por diversas razones:

- Generación anual, por lo que presenta un origen renovable, en contraposición a las fuentes energéticas fósiles
- Están disponibles en gran cantidad
- Carecen, en general, de usos alternativos, al menos a escala industrial
- Debido a su naturaleza residual, son materiales que deben ser eliminados de los campos de cultivo, para prevenir la propagación de plagas, lo que comporta un coste económico soportado por los agricultores
- Los métodos usuales de eliminación representan riesgos ambientales (peligro de incendios, emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera, etc.), por lo que su consideración como materia prima para la producción de biocombustibles representa una alternativa desde el punto de vista medioambiental
- Constituyen una fuente de energía y de productos químicos que, hasta el momento, no está siendo considerada

La poda del olivar es uno de los residuos agrícolas que está siendo objeto de una intensa actividad investigadora en la línea de producción de biocombustibles, en concreto *bioetanol*, y otros productos químicos de interés,

pero también otras aplicaciones tecnológicas como la *gasificación* o la producción de *biocombustibles sólidos* (pélets).

5.6.1. PRODUCCIÓN DE BIOETANOL

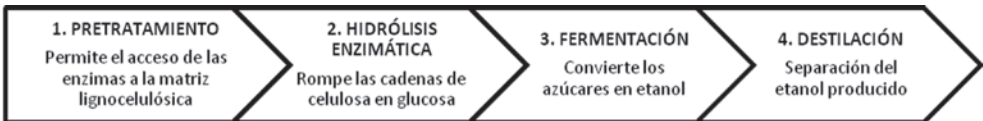
El proceso de obtención de bioetanol a partir de cualquier residuo agrícola o forestal consiste básicamente en la transformación de los azúcares que contiene mediante la acción de un microorganismo fermentativo. La principal diferencia con respecto a la producción de etanol a partir de cereales, que es el proceso común de producción a escala industrial (biocombustibles de primera generación) es que en este caso los azúcares fermentables están formando estructuras poliméricas (almidón) que son fácilmente hidrolizables en condiciones de operación suaves, mediante el empleo de enzimas; sin embargo, en el caso de residuos lignocelulósicos, como la poda de olivo, esos mismos azúcares fermentables se encuentran enlazados formando otros polímeros (celulosa y hemicelulosas) cuya ruptura es mucho más exigente en términos energéticos, lo que requiere una etapa adicional llamada pretratamiento.

Así pues, el proceso de conversión de poda de olivo en etanol consta, básicamente, de cuatro etapas (Figuras 5.8):

- a. Pretratamiento, cuyos objetivos son reducir las barreras físico-químicas que dificultan el acceso de los agentes hidrolíticos, facilitar la hidrólisis enzimática, evitar la pérdida o degradación de los azúcares y minimizar la formación de compuestos potencialmente inhibidores para las etapas posteriores
- b. Hidrólisis de la fracción celulósica, que es mayoritaria, para liberar glucosa.
- c. Fermentación mediante microorganismos para producir etanol a partir de los azúcares liberados en las etapas previas.
- d. Separación del etanol producido.

Figura 5.8.

Esquema básico de obtención de etanol a partir de biomasa lignocelulósica



El pretratamiento del residuo lignocelulósico original está considerado como una etapa clave para el proceso global de conversión desde el punto de vista económico (Menon y Rao, 2012). Considerando la poda del olivar como materia prima para la producción de bioetanol, se han estudiado diferentes tipos de pretratamientos, como los hidrotérmicos que se caracterizan por no utilizar agentes químicos externos, lo que representa una ventaja medioambiental y económica (Cara et al., 2007, 2008a); otro tipo de pretratamientos incluyen la utilización de ácidos diluidos, lo que incrementa el rendimiento en etanol que se puede obtener a partir de una misma cantidad de materia prima (Cara et al., 2008b).

Como resultado del pretratamiento se obtiene una fracción acuosa y un residuo sólido que se separan por filtración. El filtrado contiene una disolución de azúcares (fundamentalmente provenientes de la hidrólisis de la hemicelulosa) junto con productos de degradación de los azúcares y de la lignina. En el residuo sólido, constituido principalmente por la celulosa y la lignina, se ha aumentado la accesibilidad a los agentes encargados de hidrolizar la celulosa hasta moléculas de glucosa.

La hidrólisis, generalmente realizada por enzimas, da por resultado una disolución de glucosa, que puede utilizarse como medio de fermentación para su transformación en etanol, y en un residuo sólido, formado principalmente por lignina que puede ser utilizado como combustible.

La utilización eficiente del residuo lignocelulósico requiere la fermentación de la glucosa liberada a partir de la celulosa pero también la de los azúcares procedentes de la fracción hemicelulósica que se han hidrolizado durante el pretratamiento, ya que estos pueden llegar a constituir un tercio de los azúcares disponibles.

Finalmente, en la etapa de separación se consigue la extracción del etanol formado en el caldo de fermentación.

Considerando que la composición media de la poda del olivar es de un 35% de celulosa y de un 20% en hemicelulosas (López-Linares et al., 2013), se puede realizar una estimación del potencial de producción de etanol que habría en la provincia de Jaén. Para esta estimación, se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- La humedad media de la poda es del 50%
- Del millón de toneladas de biomasa de poda generados anualmente en Jaén (Cuadro nº 3), se estima que el 20% no estaría disponible

debido a ser generado en parcelas con una pendiente superior al 20% (Gallego et al., 2013).

- Se consideran rendimientos teóricos en las diferentes etapas del proceso de conversión (pretratamiento, hidrólisis, fermentación y separación), con independencia del esquema que se aplique en cada una de ellas.

Por tanto, el potencial teórico de producción de etanol a partir de poda de olivo en la provincia de Jaén es:

Potencial de etanol =

$$1.000.000 \frac{\text{tm}}{\text{año}} * 0,8 * \frac{50 \text{ kg biomasa seca}}{100 \text{ kg biomasa húmeda}} * 0,55 \frac{\text{kg azúcares}}{\text{kg biomasa seca}} * 0,51 \frac{\text{kg etanol}}{\text{kg azúcares}} *$$

$$\frac{1 \text{ m}^3 \text{ etanol}}{0,79 \text{ tm etanol}} \approx 140.000 \frac{\text{metros cúbicos}}{\text{año}}$$

El etanol se puede utilizar como sustituto o aditivo de la gasolina. Según la normativa vigente (R.D. 459/2011, de 1 de abril, por el que se fijan los objetivos obligatorios de biocarburantes para los años 2011, 2012 y 2013), el objetivo para el bioetanol en gasolina correspondiente al año 2013 es del 4,1%, lo que significa que el etanol potencialmente obtenible en la provincia de Jaén podría servir para aditivar más de 2,5 millones de toneladas de gasolina.

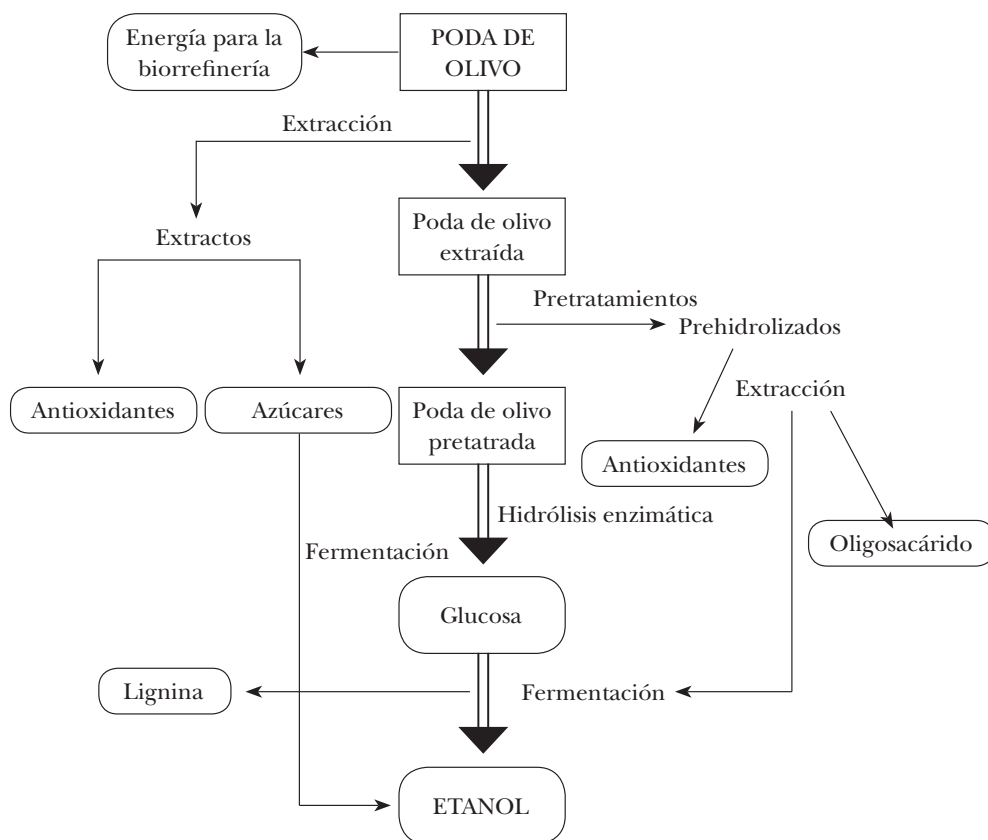
5.6.2. OBTENCIÓN DE OTROS PRODUCTOS

Las investigaciones realizadas hasta el momento han permitido determinar que, además de bioetanol, la poda de olivo puede utilizarse para la obtención de una variedad de productos de alto valor añadido, como por ejemplo antioxidantes de origen natural, oligosacáridos, combustibles sólidos o fertilizantes orgánicos, dentro del llamado concepto de biorrefinería.

Realizando un paralelismo con las refinerías de crudo petrolífero, en las que a partir de una única materia prima (el petróleo) se obtienen una serie de productos como gases, gasolinas o alquitranes, la poda de olivo puede constituir la materia prima para una biorrefinería en la que se integren los procesos conducentes a una variedad de productos de interés, procesos que tienen como eje vertebrador el aprovechamiento del residuo para su transformación en bioetanol. El esquema simplificado de esta biorrefinería se muestra en la Figura 5.9.

Figura 5.9.

Propuesta de una biorrefinería basada en la poda del olivar (Castro et al., 2009)



Según este esquema y de acuerdo con las investigaciones realizadas, la poda de olivo puede constituirse en una materia prima muy interesante para la obtención de una amplia gama de productos de alto valor añadido, entre los que se pueden citar:

- *Antioxidantes de origen natural.* Se ha descrito la presencia de compuestos con capacidad antioxidante en los extractos orgánicos obtenidos a partir de los prehidrolizados obtenidos en la etapa de pretratamiento de la madera y del ramón de olivo para la obtención de etanol (Castro et al., 2008; Conde et al., 2009). Este tipo de compuestos presentan aplicaciones muy interesantes especialmente en la industria agroalimentaria y son cada vez más apreciados por los consumidores al ser

de origen natural y, por tanto, sustitutos de los antioxidantes obtenidos por vía sintética.

- *Los oligosacáridos* constituyen un importante grupo de carbohidratos que encuentran aplicaciones interesantes en alimentación y en medicina, principalmente. Por ejemplo, los oligosacáridos que contienen grupos carboxílicos son útiles como portadores para distintos principios activos usados en medicina y se pueden utilizar también como solventes o estabilizantes (Vegas et al., 2005). En el caso de residuos lignocelulósicos tratados en medio acuoso, en el marco del pretratamiento para la obtención de etanol, la acción catalítica de los iones hidronio generados por la autoionización del agua, junto a la de ácidos generados *in situ* como el acético procedente de los grupos acetilo de las hemicelulosas, originan la ruptura de los enlaces éter de los xilanos, dando lugar a la formación de xilooligosacáridos (XOS). Los xilooligosacáridos presentan acción prebiótica, mejorando la función intestinal al favorecer el crecimiento de las bifidobacterias. Trabajos previos ponen de manifiesto la presencia de xilooligosacáridos en los prehidrolizados de poda de olivo (Cara et al., 2012), cuya obtención puede contribuir a satisfacer la creciente demanda de estos compuestos.
- El residuo generado en la etapa de fermentación, que corresponde a la fracción lignocelulósica no transformada a etanol de la materia prima, está constituido mayoritariamente por lignina. La revalorización de este residuo es fundamental si se quiere llegar al concepto de biorrefinería, aprovechamiento de todos los componentes que constituyen el residuo de la poda del olivar. La lignina es un polímero aromático heterogéneo, muy recalcitrante a la degradación. Sin embargo, la naturaleza química de la lignina hace de este polímero una interesante fuente de productos químicos aromáticos. Los compuestos derivados de la lignina se pueden utilizar como adhesivos, dispersantes, emulsionantes, para la síntesis de diversos compuestos (vainillina), etc. Debido a su elevado poder calorífico también puede ser utilizado como combustible sólido para la generación de calor y/o electricidad.

5.6.3. LA GASIFICACIÓN

La gasificación es un proceso termoquímico en el que un sólido carbonoso, biomasa en este caso, es transformado en un gas combustible mediante una serie de reacciones químicas que se producen a diferentes temperaturas

y en presencia de un agente gasificante, que suele ser aire u oxígeno, en el menor de los casos. En función de la composición química de la materia prima y las condiciones del proceso, se obtiene una proporción variable de los productos gaseosos resultantes, fundamentalmente hidrógeno, monóxido de carbono, metano y vapor de agua. La entrada de oxígeno se limita entre un 10 y un 50% del teóricamente necesario para una combustión completa, y la temperatura de operación suele oscilar entre los 700 °C y los 1500 °C.

Las dos principales tecnologías de gasificación de biomasa se dividen en dos grupos: lecho móvil y lecho fluidizado. En los gasificadores de lecho móvil la biomasa circula lentamente en sentido descendente mientras es impulsada por el agente gasificante que se utilice. Se subdividen, a su vez, en función del movimiento relativo de la biomasa y del gas en corrientes paralelas o “*downdraft*” y contracorriente o “*updraft*”.

En los gasificadores de lecho fluidizado la biomasa pasa a través de un lecho de material que fluidiza por la acción del agente gasificante en el que se produce el proceso de gasificación, no existiendo zonas definidas dentro del reactor donde se desarrollen las distintas etapas, sino que todas ellas tienen lugar simultáneamente en todos los puntos del gasificador. Esto hace que tanto la temperatura como el grado de conversión sean bastante uniformes. Coexisten los productos de la pirólisis, de la oxidación y los productos de las reacciones de reducción. La pirólisis se efectúa a una velocidad de calentamiento elevada, por lo que se reduce la formación de alquitranes. También se subdividen en función de las características del lecho en: burbujear y circulantes.

Su aplicación al olivar consistiría en integrar esta tecnología en una almazara para, por un lado secar el orujo generado durante el proceso de producción del aceite de olivar, y, por otro generar energía eléctrica para autoconsumo o inyección a red en instalaciones de pequeña potencia (< 1 MWe) (La Cal et al., 2011).

5.6.4. LA PRODUCCIÓN DE PÉLETS

Es otra vía de futuro para la biomasa del olivar, especialmente para los restos de las podas, fundamentalmente centrada en la determinación de las variables que afectan a la calidad de cara a su posterior utilización en calderas de los sectores doméstico y terciario (García-Maraver, et al., 2011).

La densificación es un proceso de transformación física de la biomasa que puede realizarse mediante tres procesos convencionales: extrusión, peletización y briquetaje. Con el primero se reduce el tamaño hasta entre 2,5 y 10

cm de diámetro. La peletización está constituida por una matriz perforada de acero y unos rodillos que fuerzan la materia prima a través de las perforaciones de la matriz formando los denominados pélets, cuyo diámetro oscila entre 6 y 8 mm de diámetro, los cuales son cortados mediante cuchillas de forma que no superen los 10-30 mm de longitud. Por último, el briquetaje compacta la biomasa entre cilindros con cavidades que giran en sentido opuesto y que otorgan a los productos finales una longitud de entre 15 y 250 mm y un diámetro de unos 50 mm.

Los factores que afectan a la calidad del pélet obtenido dependen del tipo de biomasa utilizada, de la humedad de la misma, del tamaño de partícula y de las condiciones de operación. Las principales propiedades mecánicas son la durabilidad y la dureza; las físicas la densidad aparente, la real, las dimensiones y la distribución de tamaño de partículas; y las químicas, la composición de la materia prima, el poder calorífico, el contenido en humedad, el comportamiento técnico, la generación de cenizas y la emisión de compuestos orgánicos volátiles.

La clave para el desarrollo de esta aplicación en el sector oleícola pasa por optimizar las características de este pélet desde los puntos de vista técnico y económico, y de la adaptación de las calderas a su uso y no al revés. De esta manera se crearía un nuevo subsector dentro de la biomasa focalizado en la producción de biocombustibles sólidos y su aplicación en calderas domésticas automatizadas.

Capítulo 6

ENERGÍA EÓLICA

David Pozo Vázquez

6.1. INTRODUCCIÓN

La energía eólica es la energía renovable que ha tenido, probablemente, el mayor desarrollo en las últimas dos décadas. En 2012 llegó a cubrir el 20% de la demanda eléctrica en Dinamarca, el 14% en España y el 4% en promedio en toda la Unión Europea. España es el cuarto país del mundo por potencia instalada, después de China, EE.UU. y Alemania, con un total de 22.785 MW sobre un total a nivel mundial de 282.430 MW. En Andalucía había instalados a 31 de Diciembre de 2012 un total de 3263 MW (Aeolica, 2012). Dentro de los planes de desarrollo de las energías renovables, incluidos en las directivas europeas como las 2009/28/EC and 2009/29/EC, la energía eólica juega un papel fundamental. En concreto, para conseguir el objetivo de un 20% de consumo final de energía de origen renovable en 2020 en Europa, que promueve esta directiva, es necesario, para el caso concreto de España, un incremento de la demanda cubierta por esta energía desde el actual 14% a un 30% aproximadamente (Gómez et al. 2010). En este contexto, el papel que juega la energía eólica en Andalucía y, particularmente, en la provincia de Jaén es aún muy limitado.

En este capítulo pretendemos poner en contexto el aprovechamiento eólico en la provincia de Jaén, resaltando las posibilidades de desarrollo que quedan para esta energía en nuestra provincia. El capítulo se estructura en varios apartados. En primer lugar, presentamos una introducción a la energía eólica y al recurso eólico y su medición. A continuación, a partir de la interpretación de mapas eólicos, se discuten los recursos eólicos disponibles en la provincia. Finalmente, se muestra el aprovechamiento actual del recurso eólico en la provincia de Jaén, presentando las instalaciones actualmente operativas y los parques eólicos en desarrollo.

6.2. ENERGÍA EÓLICA

La energía eólica resulta del aprovechamiento de la energía cinética del aire en movimiento (viento). Se habla en general de recurso eólico para referirse a la calidad del viento para ser utilizado en aprovechamiento energético por aerogeneradores. El recurso eólico depende no sólo de la velocidad del viento sino de parámetros como una baja variabilidad temporal (baja turbulencia) de la velocidad y la dirección del viento.

Las causas finales que explican el movimiento viento (y por tanto del recurso eólico) en un emplazamiento pueden ser muy diversos, dando lugar a amplio rango de escalas de variabilidad espacial y temporal del viento. En primer lugar, el viento tiene su origen en gradientes de presión que se producen a escala planetaria y regional. En ciertas zonas de la tierra, donde estos gradientes son especialmente pronunciados, existe un notable recurso eólico.

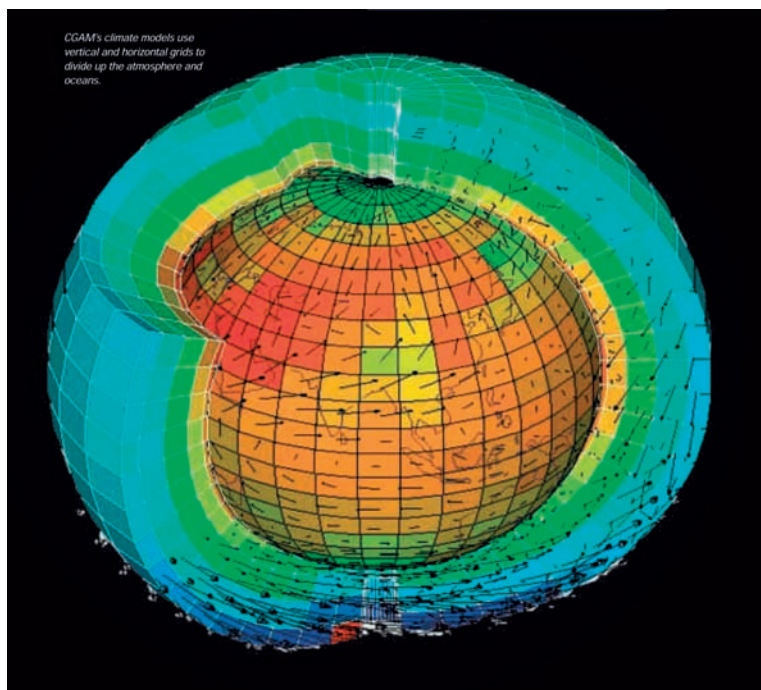
El viento generado por los gradientes planetarios/regionales de presión se ve posteriormente modificado a escala local por la topografía. Ésta puede actuar como un agente que aumente el recurso eólico en ciertos emplazamientos, como puede ser en lo alto de colinas/montañas o en valles, donde el viento es forzado a aumentar su velocidad. Finalmente, existen agentes muy locales capaces también de generar recurso eólico, como pueden ser los gradientes térmicos que se producen en las interfases tierra-mar (vientos de brisa) o los gradientes térmicos que se dan en zonas montañosas (vientos de montaña/valle).

La energía del viento eólica disponible en un emplazamiento determinado viene, finalmente, caracterizada por la distribución de vientos a ciertas alturas obtenida ya sea mediante medición directa o estimación con modelos meteorológicos en el citado emplazamiento.

La evaluación del recurso eólico de una región es una tarea muy compleja. Debido a la gran variabilidad espacial y temporal del viento, las mediciones directas del viento en localizaciones concretas mediante torres meteorológicas sólo sirven de apoyo a otras metodologías de estimación del recurso eólico. Hoy en día, la estimación del recurso eólico de una región se lleva a cabo mediante simulaciones con modelos meteorológicos de predicción numérica (MMPN), que constituyen el estado del arte en modelización atmosférica (Fig. 6.1). Estos modelos incorporan observaciones de la atmósfera obtenidas a partir de satélites, sondas o medidas en superficie que se procesan de acuerdo a principios y leyes físicas. Los MMPN son capaces de simular datos de viento allí donde nunca se han medido con una gran fiabilidad y muy alta

Figura 6.1.

Diagrama representativo de una simulación con modelo meteorológico de predicción numérica



resolución espacial (del orden de un kilómetro cuadrado) y temporal (horaria, o incluso superior).

Una vez que estimada la velocidad del viento, v , a la altura requerida (usualmente 80 m sobre la superficie), es posible estimar la potencia eólica teórica de un emplazamiento como:

$$W = \frac{1}{2} \rho S v^3, \quad (1)$$

donde $\rho = 1,22 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ es aproximadamente la densidad media del aire y S representa la superficie barrida por el rotor del aerogenerador. La energía finalmente generada en dicho emplazamiento dependerá, en cualquier caso, del aerogenerador que se utilice. El rendimiento de un aerogenerador está estrechamente ligado a su curva característica de potencia y al régimen de

vientos local; concretamente, al grado de concordancia existente entre ambos. Dada la curva de potencia de un aerogenerador, $P_a(v)$, esto es, la potencia que es capaz de generar para cada velocidad del viento, la energía eléctrica E generada por el aerogenerador se obtiene como:

$$E = \int_{v_a}^{v_p} \Phi(v) P_a(v) dv, \quad (2)$$

donde $\Phi(v)$ es la distribución de velocidad del viento en la zona donde está emplazado el aerogenerador, v_a es la velocidad de arranque del molino y v_p la de parada. Habitualmente, el rendimiento y grado de adecuación de un aerogenerador particular a un determinado lugar se mide con el número de horas equivalentes, H_e , que representa el número de horas que el aerogenerador debería estar funcionando a potencia nominal, P_n , para producir toda la electricidad que produce en operación normal a lo largo de un año completo, es decir, $H_e = E/P_n$.

6.3. RECURSOS DISPONIBLES EN LA PROVINCIA DE JAÉN

La provincia de Jaén se encuentra en la parte noroccidental de Andalucía, conformando la cabecera del valle del Guadalquivir. Desde el punto de vista topográfico, la provincia está configurada alrededor del valle del Guadalquivir, que se cierra de oeste a este. Al norte, sur y oeste del valle se encuentran cadenas montañosas que actúan de frontera del valle (Figura 6.2). Esta configuración geográfica, como veremos, determina el potencial eólico de la provincia.

En la Fig. 6.3 se muestra algunos gráficos correspondientes al mapa eólico de Andalucía (AAE, 2009). La provincia de Jaén se observa que posee, en general, recursos comparativamente menores que otras provincias de Andalucía. No obstante existen zonas con un potencial notable, sobre todo en las cadenas montañosas del sur y este de la provincia.

Los mapas de la Figura 6.4 muestran los resultados de un estudio detallado del recurso eólico en la provincia de Jaén (Ruiz-Arias et al., 2012). En concreto se muestra (Fig. 6.4a) un mapa de la velocidad media del viento en la provincia de Jaén a 80 metros sobre la superficie durante el año 2007, según la simulación llevada a cabo con un MMPN. Los resultados revelan que, en promedio, las zonas con mayor recurso eólico se corresponden con los principales sistemas montañosos de la provincia: Sierra Mágina (con vientos en torno a 6,5 m/s), las sierras de Cazorla y Segura, donde, en su extremo norte el viento promedio alcanza el máximo provincial con alrededor de 7,5m/s, y

Figura 6.2.
Mapa digital de elevaciones de Andalucía obtenido con modelo digital de elevaciones de 10 metros de resolución espacial

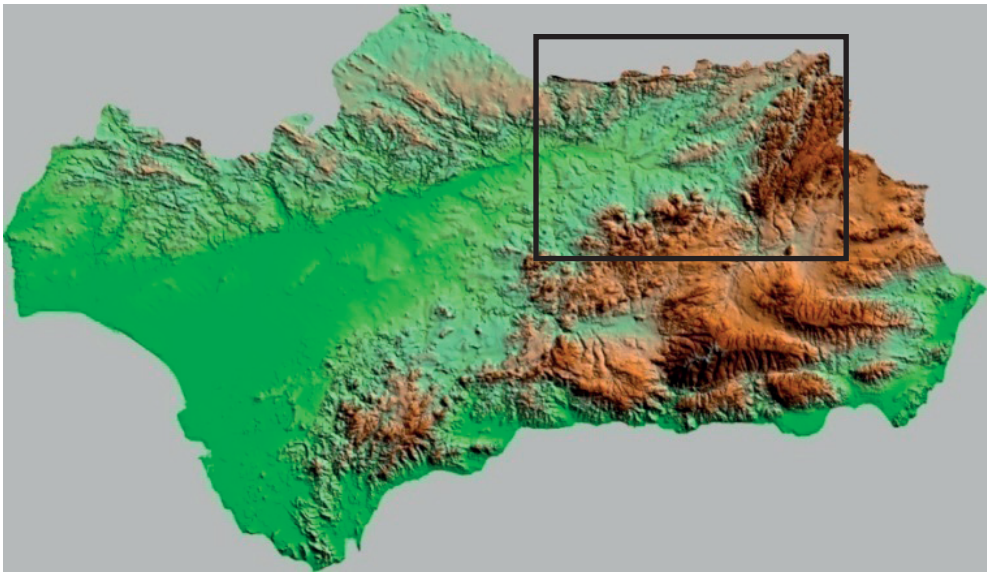


Figura 6.3.
Velocidad media del viento (izquierda) y potencia eólica (derecha) en Andalucía a 80 metros sobre el nivel del suelo. Datos mapa eólico Andalucía (AAE 2009)

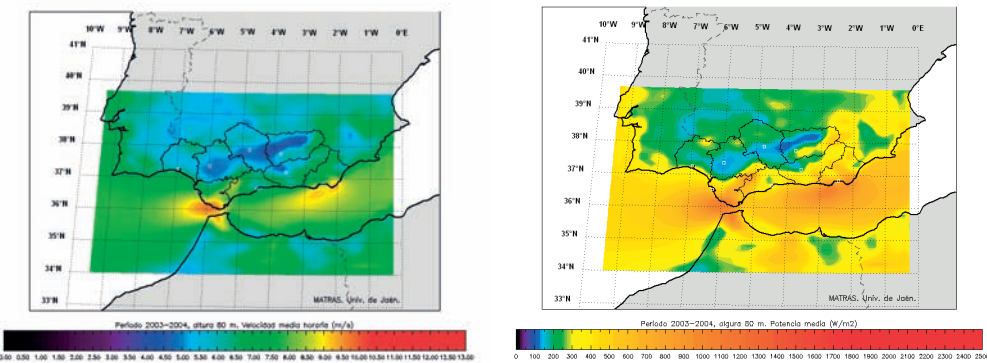
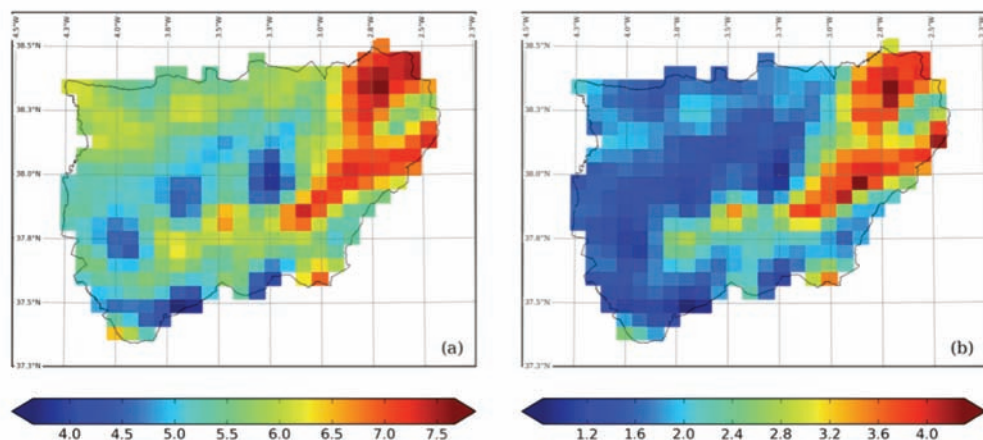


Figura 6.4.

(a) Viento promedio (m/s) durante el año 2007 en la provincia de Jaén a 80 m sobre la superficie. (b) Potencial eólico (MWh) durante el año 2007 en la provincia de Jaén a 80 m sobre la superficie (Adaptado de Ruiz-Arias et al., 2012)



Sierra Morena (con vientos en torno a 6m/s). La zona interior del valle del Alto Guadalquivir, registra el viento promedio mínimo con valores entre 4 y 5 m/s.

Los resultados anteriores son fácilmente explicables en base a la interacción de la circulación atmosférica de mesoscala sobre Andalucía y las características topográficas de la provincia de Jaén. En concreto, la circulación atmosférica sobre Andalucía es preferentemente zonal (de oeste a este o de este a oeste). La circulación zonal del oeste (vientos del oeste) es particularmente importante para explicar los recursos eólicos en Jaén. El viento del oeste al ser conducido a través del valle del Guadalquivir aumenta su velocidad en su parte superior, debido a que el valle es más estrecho allí. Esto hace que en exista un abundante recurso eólico en esta parte de la provincia. Las zonas montañosas rodean al sur y el norte el valle también dispone de un abundante recurso, debido al efecto del estrechamiento del Guadalquivir y también al efecto colina.

La Figura 6.4b muestra el potencial eólico en la provincia a 80 m sobre la superficie, calculado de acuerdo a la Ec. (2). Concretamente, se ha obtenido el potencial para cada instante temporal y después se ha integrado a lo largo de todo el año 2007. El resultado es muy similar al mapa de viento promedio, sin embargo, debido al factor cúbico en la velocidad del viento en

el cálculo de la potencia, el mapa presenta una distribución casi bipolar: la región comprendida por Sierra Mágina y las Sierras de Segura y Cazorla presenta un potencial por encima de 3 MWh/m², mientras que gran parte del resto se mantiene por debajo de 2 MWh/m².

En su conjunto, suponiendo turbinas con un rotor de 80 metros de diámetro y que ocupan una superficie horizontal cuadrada de lado 7 veces el diámetro del rotor, y suponiendo que generan un potencia equivalente a la del viento a la velocidad media indicada en el mapa, el potencial eólico teórico anual en la provincia de Jaén es de 3,8×103 GWh, que es aproximadamente 128 veces superior al consumo anual provincial. Los resultados anteriores están en buena concordancia con estudios previos realizados sobre el recurso eólico en Andalucía (AAE, 2009).

De forma más realista, el potencial eléctrico real generado a partir del recurso eólico depende siempre del aerogenerador que se utilice. La Figura 5 muestra la distribución de velocidad promedio del viento a 80 m sobre la superficie en toda la provincia (en azul) y cada una de las curvas de potencia de 3 aerogeneradores de referencia, cuyas características se recogen en la Tabla 1.

A grandes rasgos, el área de la región de solapamiento de cada una de las curvas de potencia con la densidad de probabilidad de la velocidad del viento da una idea de qué aerogenerador es el que mejor recoge el recurso eólico, en este caso, el G87 de 2 MW de potencia nominal. La Figura 6 muestra las zonas de la provincia con más de 1500 horas equivalentes para los aerogeneradores G80 (izquierda) y G87 (derecha), ambos de 2MW de potencia nominal. Claramente, el G87 resulta ser más adecuado pues, en general, presenta un mayor número de horas equivalentes para toda la provincia que, salvo para la zona del valle del Guadalquivir, está por encima de 1500 horas. El aerogenerador G80, sin embargo, únicamente rinde más de 1500 horas en las zonas de Sierra Mágina y las Sierras de Cazorla y Segura.

Tabla 6.1.

Características de tres aerogeneradores de referencia en el mercado

	Diámetro del rotor (m)	Altura Buje (m)	Potencia nominal (MW)	Velocidad de arranque (ms ⁻¹)	Velocidad de parada (ms ⁻¹)
Gamesa G58-850kW	58	65	0,85	3	23
Gamesa G80-2MW	80	78	2,00	4	25
Gamesa G87-2MW	87	78	2,00	4	25

Figura 6.5.

Distribución densidad de probabilidad de la velocidad del viento a 80 m sobre la superficie en toda la provincia y curvas de potencia de los tres aerogeneradores testeados en este estudio

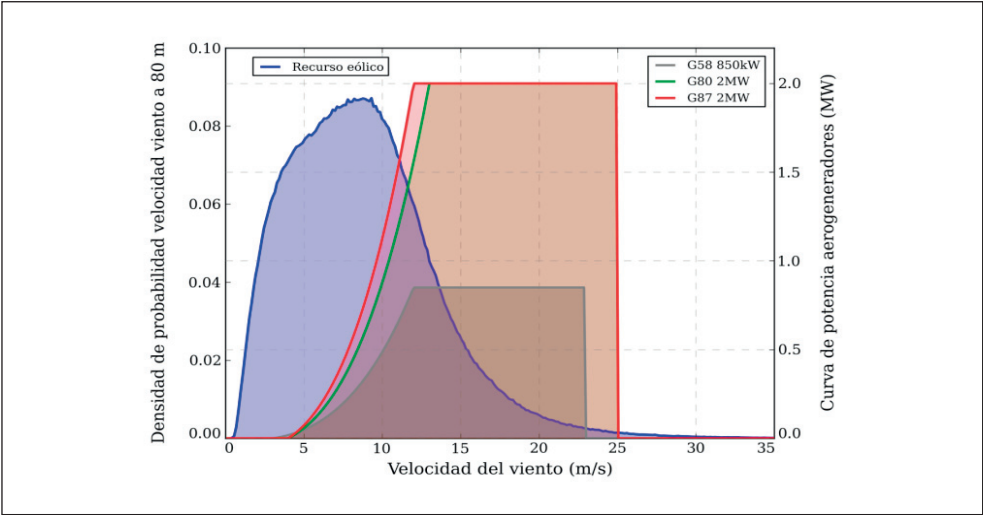
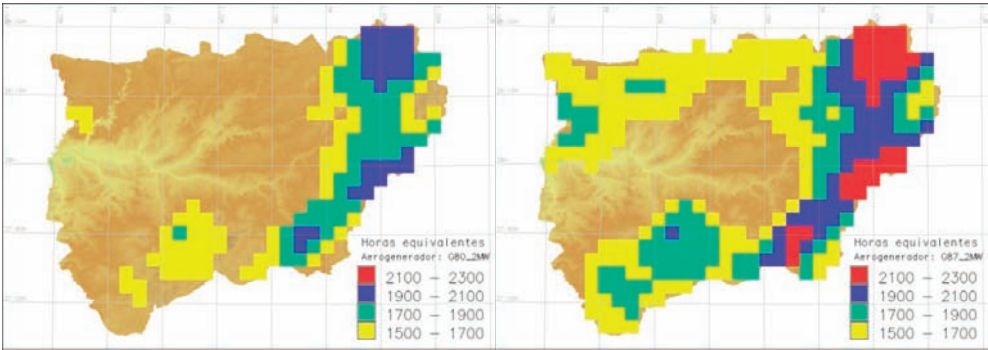


Figura 6.6.

Regiones por encima de 1500 horas equivalentes en la provincia de Jaén con los aerogeneradores G80 (izquierda) y G87 (derecha) de 2 MW de potencia nominal



A modo de resumen, los estudios anteriores muestran que la provincia dispone de abundantes recursos eólicos en las zonas montañosas que rodean al sur, norte y sobre todo este, el valle del Guadalquivir. Estos resultados vienen a confirmar estudios anteriores de prospectiva eólica en la provincia. En

concreto, el estudio más importante llevado a cabo hasta el momento es el *Proyecto de Promoción de Parques Eólicos Singulares en la Provincia de Jaén* (AGENER, 2007) llevado a cabo conjuntamente por AGENER, EcoinTEGRAL Ingeniería y Energías Especiales de Andalucía S.L. en enero de 2007. Este proyecto, iniciado en agosto de 2005, amplió unos estudios previos de viabilidad técnica y medioambiental de emplazamientos propuestos por la Agencia Andaluza de la Energía para la identificación de posibles puntos de interés eólico en la provincia de Jaén, y les incorporó nuevos emplazamientos potencialmente viables. En este estudio se evaluaron unos 60 emplazamientos en la provincia. De estos, los más interesantes resultaron ser los situados en zona de Alcala la Real, Beas de Segura, Villarrodrigo, Chiclana de Segura, Beas de Segura y Vva. del Arzobispo

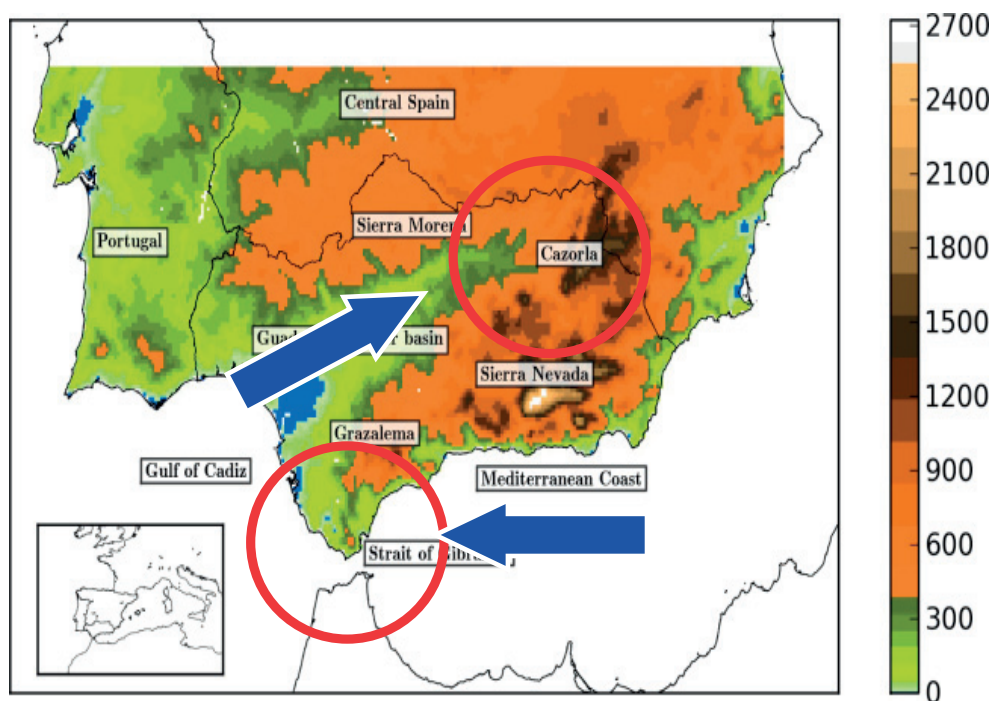
Por último, pero no menos importante, hay que señalar una característica específica y de gran interés del recurso eólico en la provincia de Jaén. Como es conocido, la energía eólica es probablemente la energía renovable que más cerca está de ser competitiva con las fuentes convencionales. Sin embargo, su principal problema es su alta variabilidad (la mayor de las renovables), que da lugar a una acusada intermitencia de la producción de los parques eólicos.

Una de las soluciones posibles para abordar este problema de intermitencia es análisis del recurso eólico con el objetivo de identificar emplazamientos para futuros parques eólicos cuya producción conjunta sea más estable.

Por razones meteorológicas (Santos-Alamillos 2012), (Fig. 7) el recurso eólico en la zona noreste de la provincia de Jaén está complementado con el recurso eólico en la zona del estrecho de Gibraltar, la zona con mayor potencial eólico en Andalucía. Es decir, periodos de vientos “flojos” en el estrecho se producen cuando hay vientos “fuertes” en la provincia de Jaén y viceversa. Esto permitiría, de instalar parques por pares en la zona del estrecho y en la provincia de Jaén, mantener una producción muy muy estable, según se desprenden de estudios recientes (Santos-Alamillos 2012). Cabe destacar que esta cualidad es muy singular, y es debida a la interacción de la circulación atmosférica en la Andalucía con la especial topografía de la región.

Figura 6.7.

Complementariedad del recurso eólico en Andalucía.
Las zonas indicadas con círculos muestran una alta complementariedad



6.4. APROVECHAMIENTO EÓLICO EN LA PROVINCIA DE JAÉN

En la provincia de Jaén existe actualmente un único parque eólico operando. Se trata del parque eólico de Sierra de Trigo (Fig. 6.8), en el término municipal de Noalejo. El parque cuenta, en dos fases, con 23 aerogeneradores Gamesa G-47 de 660 kW de potencia nominal, totalizando 16 MW. Actualmente el propietario del parque es la empresa Olivento S.L.

En Andalucía había instalados a 31 de Diciembre de 2012 un total de 3263 MW (para un total de 22.785 MW en toda España) (Aeolica, 2012). La provincia de Jaén (sólo por delante de la de Córdoba) es la provincia Andaluza con menor potencia eólica instalada (apenas el 0,5 % de la potencia instalada en Andalucía).

Figura 6.8.**Imágenes del parque eólico de Sierra de Trigo en Jaén**

6.5. INVERSIÓN Y EMPLEO GENERADO POR LA ENERGÍA EÓLICA

La inversión y el empleo en el campo de la energía eólica en la provincia de Jaén es muy reducida, como cabe desprenderse de los datos reflejados en el punto anterior. La inversión en el parque de Sierra de Trigo cabe cifrarla en aproximadamente 15 millones de euros, y el empleo que mantiene puede estimarse en aproximadamente una persona a tiempo completo. A esta inversión hay que sumarle la realizada en la antigua factoría de Santana para la fabricación de tramos de las torres de aerogeneradores en el año 2005, un total de 4 millones de euros. En cualquier caso, se trata de cifras muy reducidas a nivel andaluz y español, y que son fácilmente mejorables.

Capítulo 7

ENERGÍA MINIHIDRÁULICA

Blas Ogáyar Fernández

7.1. INTRODUCCIÓN

La energía hidráulica se define como la energía cinética del movimiento de las masas de agua y la energía potencial del agua disponible a una cierta altura. Las centrales y minicentrales hidroeléctricas transforman esa energía en electricidad, aprovechando la diferencia de desnivel existente entre dos puntos. La energía se transforma primero en energía mecánica en la turbina hidráulica, ésta activa el generador, que transforma en un segundo paso la energía mecánica en energía eléctrica.

Una minicentral hidráulica no es solo una central convencional a escala reducida. El diseño de las pequeñas turbinas es completamente diferente al de las grandes centrales, y desde el punto de vista de la obra civil, una minicentral obedece a principios completamente distintos a los de las grandes centrales alimentadas por enormes embalses.

En este capítulo se analizará el concepto de central minihidráulica, así clasificación, configuración, tipología y análisis de distintos elementos que componen una minicentral, así como del recurso hidráulico disponible en la provincia de Jaén.

En primer lugar se hará un análisis de las distintas instalaciones minihidráulicas funcionando (en régimen ordinario o régimen especial) así como las instalaciones abandonadas en la provincia de Jaén. Dentro de este último grupo se analizará la posibilidad de aprovechamiento, mediante rehabilitación de las distintas instalaciones. En este estudio se incluirá un análisis técnico y económico de las mismas.

Finalmente se desarrollará un estudio de la generación de empleo para la puesta en marcha de estas instalaciones e incluirá las distintas barreras que impiden el desarrollo de la energía minihidráulica.

7.2. CLASIFICACIÓN DE LAS CENTRALES MINIHIDRÁULICAS

Energía minihidráulica es el término con el que la UNIDO (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial)¹, denomina a las centrales hidroeléctricas de potencia inferior a 10 MW. Dentro de la minihidráulica es usual utilizar la siguiente subclasificación en función de las diferentes modalidades de funcionamiento y potencia.

- Microcentrales
- Minicentrales
- Pequeñas centrales

No existe consenso entre los distintos países para definir los límites de potencia para los tramos a considerar en energía minihidráulica. Algunos países como Portugal, España, Irlanda y más recientemente Grecia y Bélgica, consideran “pequeñas” todas las centrales cuya potencia instalada no supera los 10 MW. En Italia el límite está situado en los 3 MW, mientras que en Francia, el límite se ha establecido en 12 MW, no como especificación de “pequeño aprovechamiento”, sino como potencia máxima por debajo de la cual la red tienen obligación de adquirir la energía eléctrica generada por las mismas. En el Reino Unido no existe límite oficial pero suele prevalecer el criterio de los 10 MW [ESHA, 2007].

El criterio que parece imponerse a nivel internacional es de escoger un límite de 10 MW, el cual ha sido seleccionado por la Comisión Europea, ESHA (European Small Hydropower Association) y UNIPED (Unión Internacional de Productores y Distribuidores de Electricidad) (Tabla 7.1.).

En España a partir de la publicación del R.D. 2366/1994, se consideran minicentrales aquellas cuya potencia instalada es inferior a 10 MW (antes el límite estaba en 5 MW.)

Desde un punto de vista constructivo las centrales minihidráulicas se clasifican en:

A) CENTRALES DE AGUA FLUYENTE

Llamadas también de agua corriente, o de agua fluyente. Se construyen en los lugares en que la energía hidráulica debe ser utilizada en el instante en que se dispone de ella, para accionar las turbinas hidráulicas. No cuentan

¹ <http://www.unido.org>

Tabla 7.1.

Límites de potencia para centrales minihidráulica en diversos países y asociaciones.

	Micro (kW)	Mini (kW)	Pequeña (MW)
Estados Unidos	< 100	100 - 1000	1 - 30
Canadá			<25
China	-	< 500	0,5 - 25
Rusia	< 100	-	0,1 - 30
Francia			<12
Italia			<3
España			<10
India	< 100	101 - 1000	1 -15
Brasil	< 100	100 - 1000	1 - 30
Noruega	< 100	100 - 1000	1 - 10
ESHA	< 100	< 1000	< 10
UNIPED	<0,5	<2	<10

Figura 7.1.

Esquema de una central de agua fluyente



prácticamente con reserva de agua, oscilando el caudal suministrado según las estaciones del año. En la temporada de precipitaciones abundantes, desarrollan su potencia máxima, y dejan pasar el agua excedente. Durante la época seca, la potencia disminuye en función del caudal, llegando a ser casi nulo en algunos ríos en la época del estío. Su construcción se realiza mediante presas sobre el cauce de los ríos, para mantener un desnivel constante en la corriente de agua. En estas centrales, el agua a turbinar se capta del cauce del río por medio de una obra de toma, y una vez turbinada, se devuelve al río en un punto distinto al de captación.

Según la **altura del salto** o desnivel existente, se podrán obtener las distintas tipologías:

- Centrales de alta presión: se incluyen aquellas centrales en las que el salto hidráulico es superior a los 200 metros de altura. Los caudales desalojados son relativamente pequeños, 20 m³/s por máquina. Situadas en zonas de alta montaña, aprovechan el agua de torrentes, por medio de conducciones de gran longitud. Como máquinas motrices se utilizan, generalmente, turbinas Pelton o, para los saltos de menor altura, turbinas Francis lentas.
- Centrales de media presión: Alturas de salto hidráulica comprendidas entre 20 y 200 m. Utilizan caudales de 200m³/s por turbina. Las turbinas son Francis y Kaplan, y en ocasiones Pelton para saltos grandes.
- Centrales de baja presión: Sus saltos hidráulicos son inferiores a 20 metros. Cada máquina se alimenta de un caudal que puede superar los 300m³/s. Es la zona de utilización de las turbinas Francis extrarrápidas, de las turbinas de hélice y, sobre todo, de las turbinas Kaplan.

B) CENTRALES DE AGUA EMBALSADA

En las centrales embalsadas se consigue un embalse artificial o pantano, en el cual se acumula el agua, que puede ser aprovechada en la central, según las necesidades. El embalse se consigue, actualmente, por medio de una presa situada en lugares apropiados del río. La entidad de la regulación será la relacionada con la capacidad de acumulación del depósito.

C) EN CANAL DE RIEGO

Consiste en intercalar el equipamiento necesario para el aprovechamiento hidráulico en el mismo canal utilizado para el riego agrícola. Suelen

Figura 7.2.
Esquema de una central a pie de presa

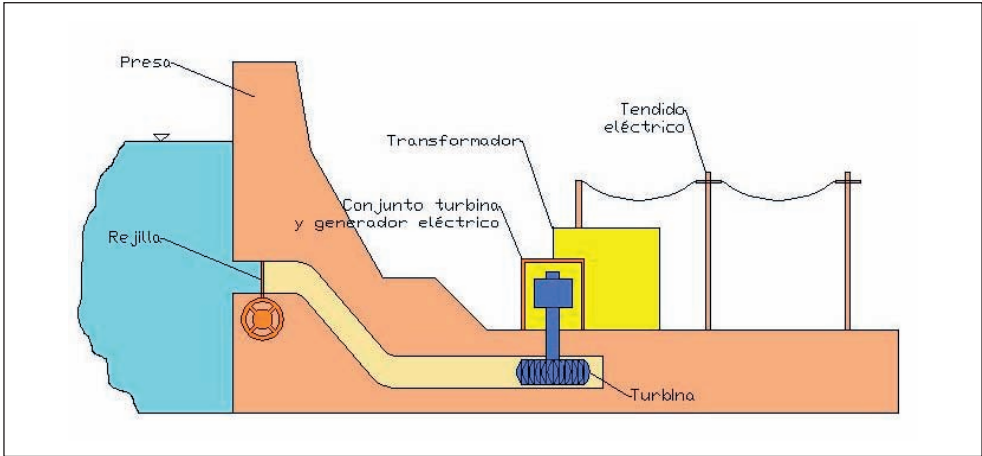


Figura 7.3.
Central en canal de riego



FUENTE: Cortesía Saltos del Pirineo SL.

tener una potencia reducida, ya que el salto no es elevado. Si la potencia es menor a 100kW se las conoce como microhidráulicas.

D) EN CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE

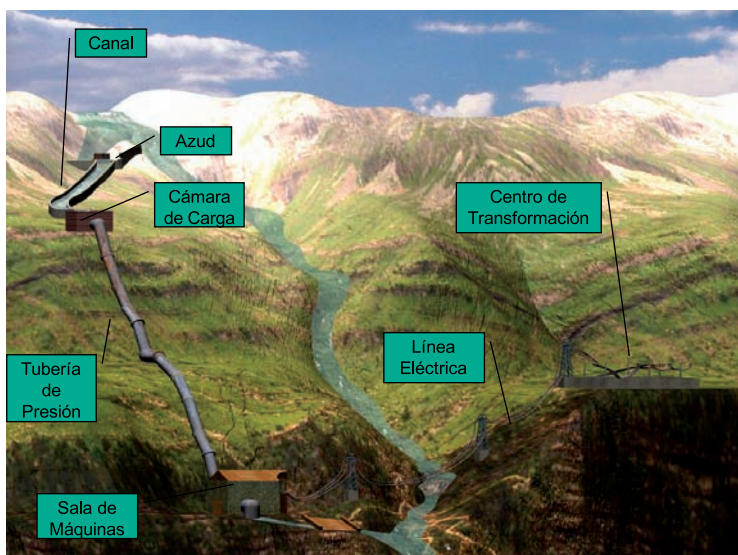
Existe también la posibilidad de insertar una central hidroeléctrica, para generar electricidad, en una red de agua, existente o en proyecto. En una primera aproximación se contemplan las redes de distribución de agua potable, los canales de irrigación y, eventualmente, de navegación, y las estaciones de tratamiento de aguas residuales. Estos aprovechamientos tienen la ventaja de que muchas de las estructuras ya existen, lo que disminuye el coste de la inversión; el impacto ambiental suplementario es prácticamente nulo, y las gestiones burocráticas para la obtención de permisos se simplifican.

7.3. ELEMENTOS BÁSICOS DE UNA MINICENTRAL

A continuación se describen los elementos principales de una minicentral, una central puede estar constituida por todos o por sólo algunos de estos elementos, dependiendo de la tipología de la misma.

Figura 7.4.

Disposición de los elementos de una minicentral



7.3.1. AZUDES Y PRESAS

Son las obras que se construyen en el curso del agua, transversalmente al mismo, para la retención y desviación hacia la toma del caudal que se deriva hacia la minicentral.

La diferencia principal entre los azudes y las presas, es que en los primeros se produce una retención del agua sin que haya una variación importante del nivel de la misma, mientras que en las presas, el muro se construye para elevar la superficie libre del curso de agua creando un embalse.

A los azudes se los conoce también como presas de derivación o presas de vertedero están dispuestas, preferentemente, para elevar el nivel del agua contribuyendo a crear el salto y resultando como efecto secundario el almacenamiento del agua cuando lo requieran las necesidades de consumo Normalmente, están dispuestas para que el agua vierta por encima de ellas mediante vertederos denominados también aliviaderos de coronación.

Por el contrario, el objeto preferente de las presas de embalse es el almacenamiento de agua para regular el caudal del río, siendo de efecto secundario la elevación del nivel del agua para producir de salto Por lo general, no están dispuestas para que las aguas viertan por encima, sino que tienen

Figura 7.5.

Azud central “Las Chozuelas”. Jaén



construcciones laterales, denominados aliviaderos de superficie que sirve para devolver el agua excedente al cauce aguas abajo de la presa, cuando se ha llenado el embalse.

7.3.2. TOMA

Las tomas de agua permiten recoger el agua para llevarla hasta las máquinas por medios de canales o tuberías. Se hallan en la pared anterior de la presa que entra en contacto con el agua embalsada. Además de estar dotadas de unas compuertas para regular la cantidad de agua que llega a las turbinas, poseen unas rejillas metálicas que impiden que elementos extraños como troncos, ramas, etc. puedan llegar a los álabes y producir desperfectos.

7.3.3. CANAL DE DERIVACIÓN

El canal de derivación se utiliza para conducir el agua desde la presa de derivación hasta las turbinas de la central. Cuando el salto es superior a unos 15 m conviene dar entrada a las aguas en la sala de turbinas por medio de tuberías forzadas y, para ello, debe preverse una cámara de carga donde termina el canal y comienza la tubería. En muchos casos, de los que hemos visto algunos ejemplos, se suprime el canal de derivación y las tuberías forzadas se aplican directamente a las tomas de agua de la presa.

7.3.4. CÁMARA DE CARGA

Consiste en un depósito situado al final del canal de derivación del que parte la tubería forzada. Esta cámara es necesaria para evitar la entrada de aire en la tubería forzada, que provocaría sobrepresiones.

En este elemento es necesario instalar las distintas compuertas de control y limpieza, así como las rejillas que impidan que elementos sólidos puedan alcanzar la turbina. Igualmente es aconsejable la instalación de limpiarejas.

7.3.5. TUBERÍA FORZADA

En las instalaciones minihidráulicas, las tuberías de presión o tuberías forzadas, tienen por objeto conducir el agua desde la cámara de carga a las turbinas cuando, por causa de la altura del salto, se precisa tal disposición para transformar la energía potencial de posición que tiene el agua en la cámara de presión, en energía potencial presión, que tiene junto a la turbina y al final de la conducción forzada.

7.3.6. EDIFICIO

En la casa de maquinas de una central minihidráulica, se instala el equipamiento electromecánico necesario para la producción de energía eléctrica, así como los elementos de control y regulación. Las disposiciones adoptadas para las casas de máquinas, son variadísimas y dependen de las circunstancias y condiciones del aprovechamiento hidroeléctrico.

7.3.7. CANAL DE DESAGÜE

El canal de desagüe llamado también socaz, recoge el agua a la salida de la turbina para devolverla nuevamente al río en el punto conveniente. A la salida de las turbinas, el agua tiene todavía una velocidad importante y, por lo tanto, bastante poder erosivo y para evitar socavaciones del piso o paredes hay que revestir cuidadosamente el desemboque del agua de las turbinas.

En saltos bajos en que conviene perder poco desnivel, el canal de desagüe ha de ser corto. En saltos de gran altura y, especialmente en aquellos en que el agua arrastra poco o ningún material sólido, el canal de desagüe puede ser de mayor longitud.

7.3.8. EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

Se consideran equipos fundamentales los siguientes:

- Órganos de cierre de la turbina: son válvulas, se utilizan para abrir y cerrar el paso del agua por los conductos forzados
- Turbina hidráulica: es una máquina motor que extrae energía hidráulica del fluido que circula a través de ella para producir un movimiento de rotación, la turbina transmite el movimiento al generador mediante un eje.
- Generador: gira solidario a la turbina, transforma la energía mecánica del movimiento en energía eléctrica.
- Elementos de regulación: Son aquellos que regulan los componentes móviles de las turbinas y pueden ser de dos tipos: hidráulicos y electrónicos. Su misión es conseguir adecuar la turbina a las circunstancias existentes en cada momento (caudal turbinable, demanda eléctrica....) para que pueda trabajar con el mejor rendimiento energético posible en cada circunstancia

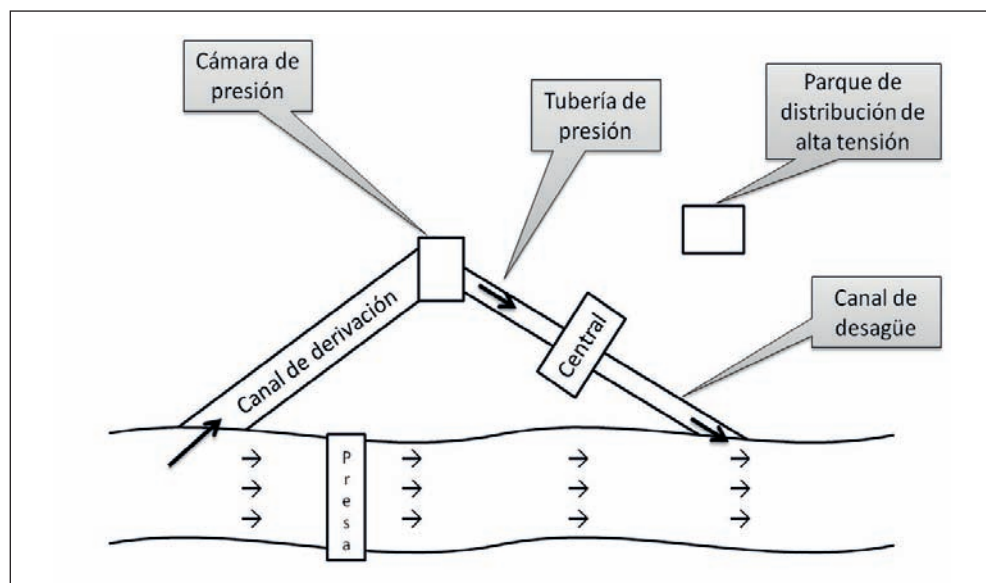
- Transformador: máquina destinada a convertir una tensión de entrada en otra distinta a la salida. El objeto del transformador es elevar la tensión de generación eléctrica para reducir en lo posible las pérdidas de transporte en la línea.
- Celdas y cuadros eléctricos: se trata de diversos componentes eléctricos de regulación, control, protección y medida.
- Línea eléctrica de interconexión

7.4. CONFIGURACIONES DE LAS CENTRALES MINIHIDRÁULICAS

La disposición más completa para centrales de agua fluyente, y que se corresponde con el caso general, se indica en la siguiente figura:

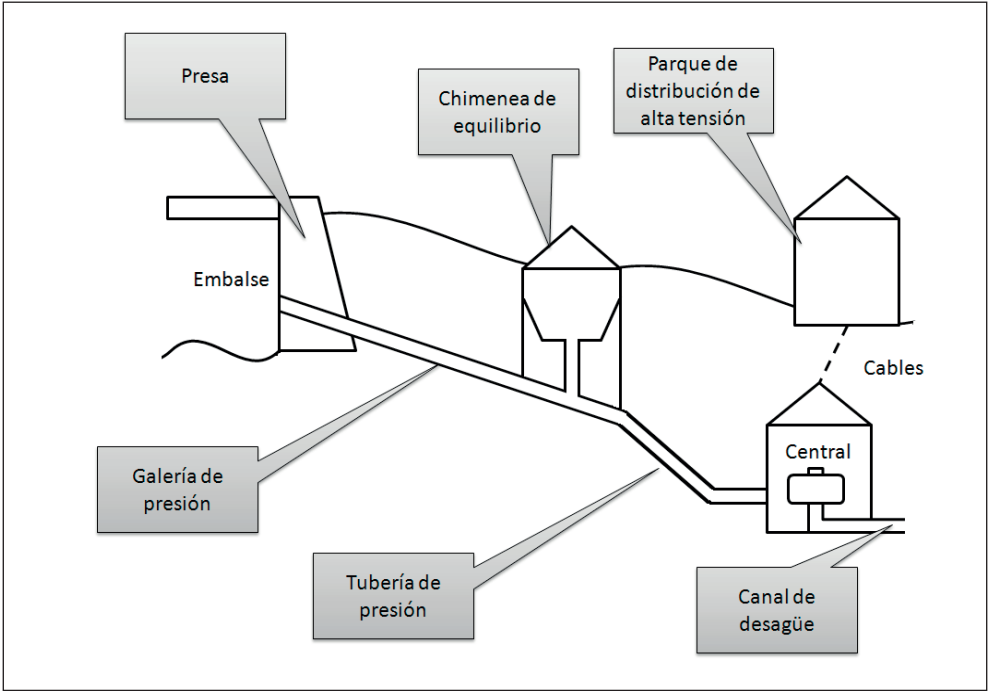
Figura 7.6.

Disposición general de una central de agua fluyente



Para el máximo aprovechamiento del agua embalsada, la mejor configuración es la que se indica a continuación, al igual que en el caso anterior, esta disposición es la más general. Por lo que, como se verá más adelante, existen otras disposiciones en las cuales se prescinde de algunos elementos.

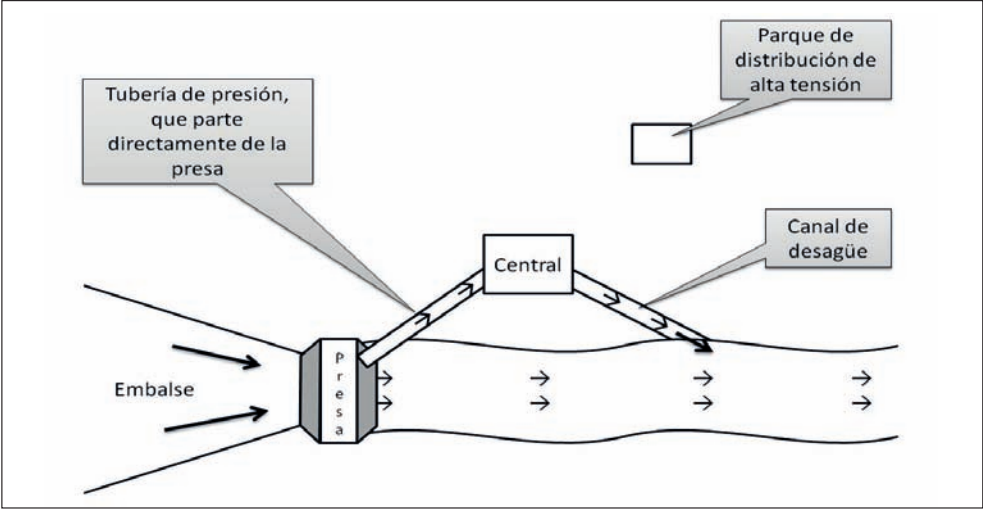
Figura 7.7.
Disposición general de una central de agua embalsada



En la disposición general para agua embalsada, figura anterior, se sustituye la cámara de presión, por la chimenea de equilibrio, que sirve para amortiguar los golpes de ariete que se originan por aceleración o deceleración del agua en la tubería como consecuencia de las variaciones de carga en las turbinas. La galería de presión, deriva directamente de la presa a nivel inferior al máximo admisible, de esta forma se puede aprovechar toda el agua almacenada, entre el nivel de la toma y el máximo del embalse.

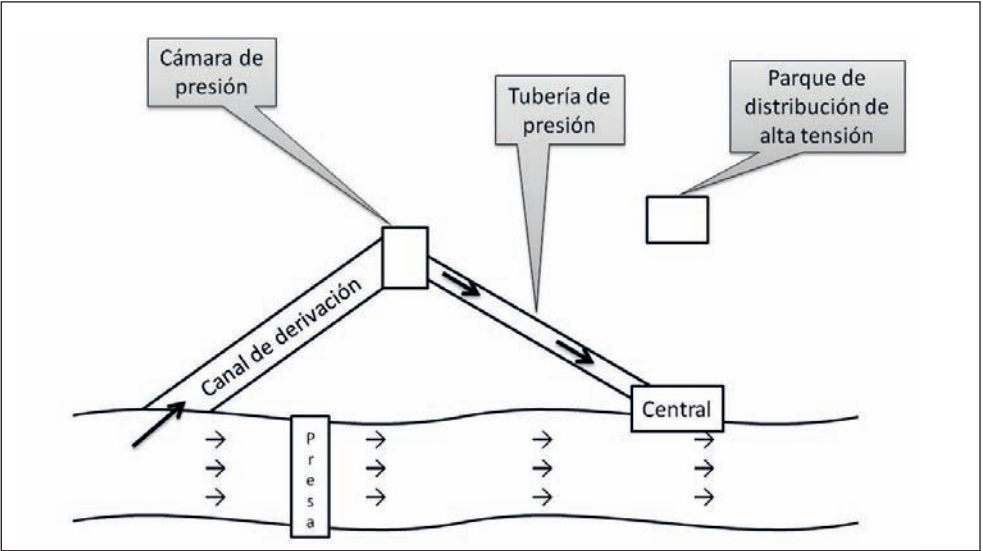
La siguiente configuración muestra los elementos de una minicentral de agua embalsada, sin canal de derivación.

Figura 7.8.
Disposición general de una central sin canal de derivación



La configuración de una central de agua fluyente, sin canal de desagüe se muestra a continuación:

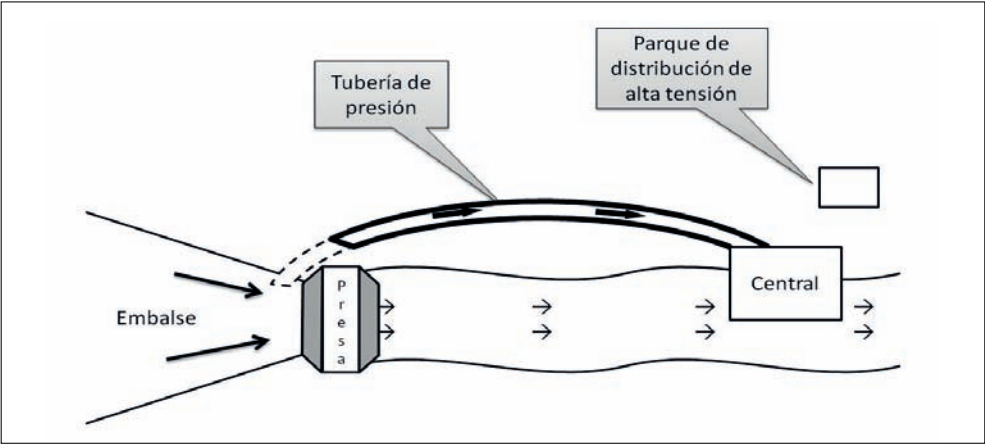
Figura 7.9.
Disposición general de una central sin canal de desagüe



Salto sin canal de derivación ni canal de desagüe. La tubería forzada parte directamente del pie de la presa.

Figura 7.10.

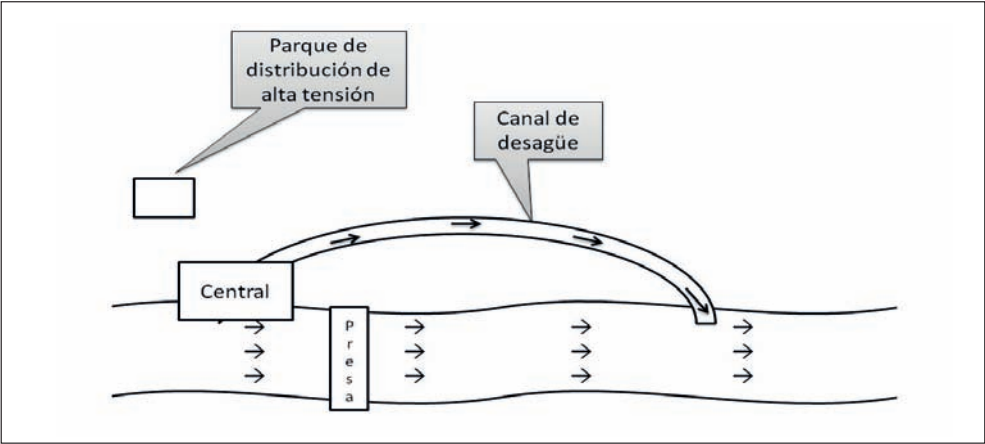
Disposición de una central sin canal de derivación ni tubería de desagüe



La siguiente configuración, se utiliza para saltos de pequeña altura determinados solo por la presa, en ella se suprimen los canales de derivación y desagüe, así como la tubería de presión.

Figura 7.11.

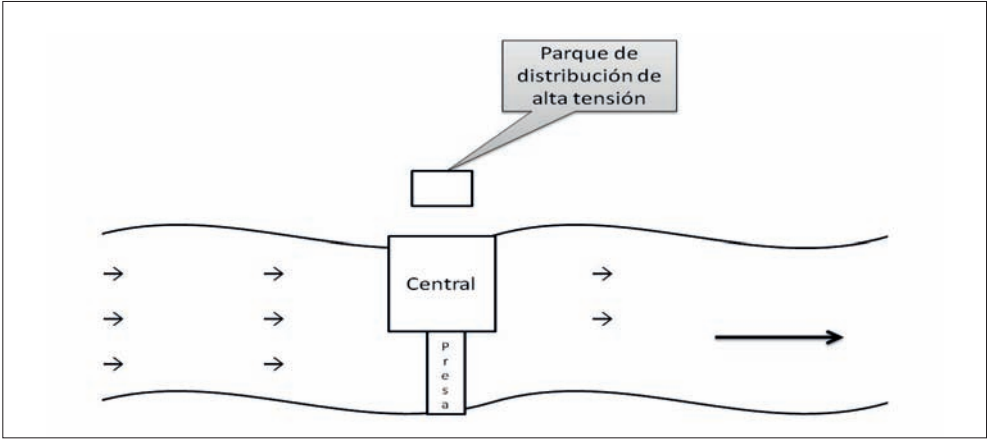
Disposición de una central sin canal de derivación ni tubería de presión



Las centrales denominadas a pie de presa, se caracterizan porque carecen de canales de derivación y desagüe, así como de tubería de presión, esto simplifica la obra civil de la central, que está formada sólo por la presa y el edificio. Se utiliza para el caso de agua fluuyente y pequeños saltos.

Figura 7.12.

Disposición de una central de agua fluuyente a pie de presa



7.5. RECURSOS DISPONIBLES EN LA PROVINCIA DE JAÉN

Las centrales de la provincia de Jaén pueden ser clasificadas en dos grandes grupos: centrales en funcionamiento y centrales que no están funcionando. Estos grupos a la vez se dividen en los subgrupos que serán descritos en los siguientes apartados.

Tabla 7.2.

Clasificación de las minicentrales según si están activas o no

CLASIFICACIÓN DE LA CENTRAL	NÚMERO DE CENTRALES	POTENCIA TOTAL INSTALADA (kVA)	PORCENTAJE DE CENTRALES	PORCENTAJE DE POTENCIA INSTALADA
FUNCIONANDO	14,00	52.027,00	16,87%	77,27%
SIN FUNCIONAR	69,00	15.305,00	83,13%	22,73%
TOTAL	83,00	67.332,00	100,00%	100,00%

7.5.1. CENTRALES EN FUNCIONAMIENTO

Son las centrales que están actualmente activas y por lo tanto están generando energía eléctrica. Están pueden subdividirse en dos grupos: según pertenezcan al régimen ordinario o al régimen especial.

Tabla 7.3.

Minicentrales que están en funcionamiento

CLASIFICACIÓN DE LAS CENTRALES EN FUNCIONAMIENTO	NÚMERO DE CENTRALES	POTENCIA TOTAL INSTALADA (kVA)	PORCENTAJE DE CENTRALES	PORCENTAJE DE POTENCIA INSTALADA
RÉGIMEN ORDINARIO	6,00	24.642	42,86%	47,36%
RÉGIMEN ESPECIAL	8,00	27.385	57,14%	52,64%
TOTAL	14,00	52.027	100,00%	100,00%

Régimen ordinario

La actividad de generación de energía eléctrica es considerada régimen ordinario siempre que no cumpla los requisitos exigidos, para ser considerada producción en régimen especial. El régimen ordinario aparece regulado en los artículos 21 al 26 de la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.

La generación en régimen ordinario se realiza principalmente a través de las tecnologías convencionales utilizadas en centrales de carbón, fuel óleo, gas natural, ciclos combinados, nucleares, etc.

Existen algunas centrales minihidráulicas (potencia ≤ 10 MW) que se encuentran dentro del régimen ordinario (Tabla 7.4.).

Régimen Especial

La actividad de generación en régimen especial recoge la generación de energía eléctrica en instalaciones de potencia no superior a 10 MW que utilicen como energía primaria, energías renovables o residuos, y aquellas otras como la cogeneración que implican una tecnología con un nivel de eficiencia y ahorro energético considerable.

Dicha actividad gozaba de un régimen económico y jurídico beneficioso en comparación con el régimen ordinario, que comprende normalmente a las tecnologías convencionales.

Tabla 7.4.
Datos centrales minihidráulicas en régimen ordinario

DATOS						COORDENADAS UTM	
Nombre	Población	Río	Propietario	desnivel medio m	potencia instalada K.V.A	X	Y
Encinarejo	Andújar	Jándula	Endesa Generación	27	8000	413012	4224841
Guadalén	Arquillos	Guadalén	Endesa Generación		5120	458128	4223816
Los Órganos	Cazorla	Borosa	FEDASA		1920	516345	4203695
Mengíbar	Mengíbar	Guadalquivir	Endesa Generación	7,9	4200	430530	4204840
Racioneros	Begíjar	Guadalquivir	Endesa Generación	6,1	2240	445760	4200799
Valtodano	Andújar	Guadalquivir	Endesa Generación	5,8	3162	412753	4208296
Puente de la Cerrada	Úbeda	Guadalquivir	Confederación Hidrográfica del Guadalquivir		7250	483424	4201539
Yeguas	Marmolejo	Yeguas	Salto del Yeguas		4800	390516	4214116

La normativa que regula el marco general de esta actividad es el Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, en la actualidad el Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero, ha suprimido los valores de las tarifas reguladas, primas y límites previstos en las instalaciones de régimen especial.

Las centrales minihidráulicas acogidas al régimen especial en la provincia de Jaén son las que se muestran en la Tabla 7.5.

Tabla 7.5.
Datos centrales minihidráulicas en régimen especial

DATOS						COORDENADAS UTM	
Nombre	Población	Río	Propietario	desnivel medio m	potencia instalada K.V.A	X	Y
Aceñas San Rafael	Espeluy	Guadalquivir	Salto San Rafael	5,8	2560	426085	4210334
El Arquillo	Linares	Guadalimar	Promociones y servicios hidráulicos	7	1440	449166	4215065
El Rumblar	Baños de la Encina	Rumblar	Hidroeléctrica del Rumblar		2000	429548	4224160
La Fernandina	Carboneros	Guarrizas	Microcentrales de Andalucía		4750	450184	4226088
Molino Guadalén	Vilches	Guadalén	Confederación Hidrográfica del Guadalquivir		2560	457034	4222589
Olvera	Navas de S. Juan	Guadalimar		16	2025	476075	4219621
Puente de la Cerrada	Úbeda	Guadalquivir	Confederación Hidrográfica del Guadalquivir		7250	483424	4201539
Yeguas	Marmolejo	Yeguas	Salto del yeguas		4800	390516	4214116

7.5.2. CENTRALES SIN FUNCIONAR

Son las centrales que actualmente no están activas y por lo tanto no están contribuyendo a la producción de energía eléctrica en la provincia de Jaén. Estas serán divididas en varios subgrupos mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 7.6.
Minicentrales que no están en funcionamiento

CLASIFICACIÓN DE LAS CENTRALES SIN FUNCIONAR	NÚMERO DE CENTRALES	POTENCIA TOTAL INSTALADA (kVA)	PORCENTAJE DE CENTRALES	PORCENTAJE DE POTENCIA INSTALADA
ESTUDIO	38,00	7.204,00	55,07%	47,07%
PROYECTO	2,00	1.984,00	2,90%	12,96%
ABANDONADAS	6,00	710,00	8,70%	4,64%
DESAPARECIDAS	22,00	5.302,00	31,88%	34,64%
OTRAS	1,00	105,00	1,45%	0,69%
TOTAL	69,00	15.305,00	100,00%	100,00%

De forma gráfica, se obtienen unos diagramas de sectores con valores parecidos, tanto al representar el porcentaje de número de centrales, como el porcentaje en potencia.

Figura 7.13.
Representación del porcentaje de minicentrales que no están en funcionamiento

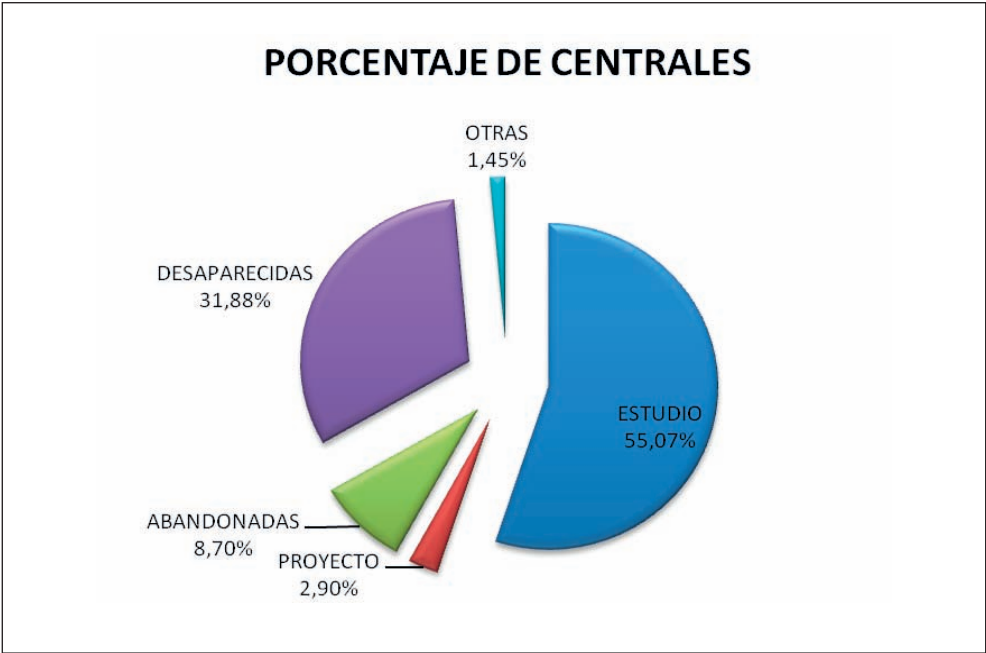
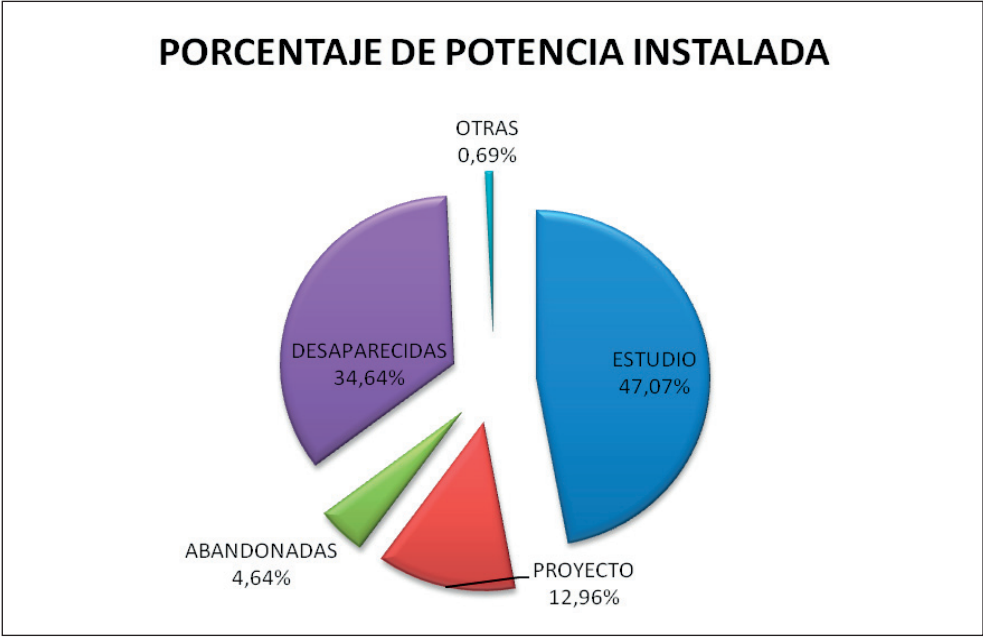


Figura 7.14.

Representación del porcentaje de potencia instalada en las minicentrales que no están en funcionamiento



Centrales en estudio

Las centrales incluidas en este grupo son las susceptibles de ser rehabilitadas, se ha llegado a esta conclusión analizando de la situación actual de las minicentrales a estudio, tras la realización de una visita a cada una de ellas, en función de los resultados obtenidos se ha evaluado si es técnicamente viable o no su recuperación.

La siguiente tabla muestra el listado de las centrales en estudio:

Tabla 7.7.
Datos centrales minihidráulicas en estudio

DATOS						COORDENADAS UTM	
Nombre	Población	Río	Propietario	desnivel medio m	potencia instalada K.V.A	X	Y
Casas Nuevas	Marmolejo	Guadalquivir	ECYR	6,5	1390	393387	4209242
Castillo de San Marcos	Cazorla	Cazorla		157	80	500141	4195830
El Duende	Villacarrillo	Guadalquivir	Florencia Guimera del Val	4,2	200	494131	4210988
El Mogón	Villacarrillo	Guadalquivir		4,5	75	497117	4213997
El Porvenir	Pozo Alcón	Turrilla		47	44	507410	4172260
Electra de Zumeta	Santiago de la Espada	Arroyo de Zumeta		24	12	538150	4218420
Electra Guzmán	Cambil	Oviedo	Fernando Guzmán Muñoz	10	20	450494	4170478
Electra San Juan	Puente de Génave	Guadalimar	Particular	6,5	30	516015	4245105
Garcíez	Garcíez	Bedmar		8	24	459193	4191894
Hidro-eléctrica Riofrío	Santiago de la Espada	Zumeta		10	48	538857	4218035
Junta de los Ríos	Cambil	Cambil		8		446810	4168080
La Purísima Concepción	Mengíbar	Guadalbullón	Hdos. D. Manuel de la Chica Damas	10	120	431612	4203470
La Toba	Santiago de la Espada	Segura	Comunidad de vecinos La Toba	50	32	538630	4226460
Las Chozuelas	Villanueva del Arzobispo	Guadalquivir	ECYR	6,25	250	503409	4222249

Tabla 7.7. (continuación)
Datos centrales minihidráulicas en estudio

DATOS						COORDENADAS UTM	
Nombre	Población	Río	Propietario	desnivel medio m	potencia instalada K.V.A	X	Y
Las Veguetas	Hinojares	Turrillas		8	25	499903	4174326
Los Molinos	Torres	Torres		40	43	455452	4181508
Mata Bejid	Cambil	Oviedo	Comunidad de propietarios del término La Mata	40	100	454938	4171791
Molino Guijeras	Baeza	Guadalquivir		2,1	200	454455	4199878
Molino Viejo	La Guardia	Guadalbullón		9	130	440090	4177570
Ntra. Sra. de Los Ángeles	Campillo de Arenas	Valdearazo	ICA	30	75	437048	4157210
Ntra. Sra. de Tiscar	Quesada	Béjar	ECYR	85	80	497804	4186555
Palomarejo	Torreblascopedro	Guadalimar		3,25		438909	4206160
Piedra Romera	Cambil	Villanueva y Oviedo	Felipe Guzmán	31	115	450177	4169580
Puente del Obispo	Begíjar	Guadalquivir	Particular	2,48	200	452844	4200862
Puente Nuevo	Jaén	Guadalbullón		10	120	434687	4181636
Puente Sierra	Jaén	Río Frío		30	400	432545	4174855
La Canal	Quesada	La Canal		171	800	498697	4178111
Río Frío	Los Villares	Río Frío	ECYR	155	1000	428958	4169443
San Cayetano	Cambil	Arbuniel	Particular	12	50	452960	4165210
San José	Bedmar	Bedmar		15	47	464020	4183560
San Manuel	Arbuniel de Cambil	Nacimiento del Arbuniel	ECYR	8	100	452366	4164544

Tabla 7.7. (continuación)
Datos centrales minihidráulicas en estudio

DATOS						COORDENADAS UTM	
Nombre	Población	Río	Propietario	desnivel medio m	potencia instalada K.V.A	X	Y
Santa Isabel	Torres	Fuenmayor	Jerónimo Garrido Fernández	88	70	454781	4178871
Santísima Trinidad	Arbuniel de Cambil	Arbuniel		10	69.5	452780	4165000
Santo Domingo	Torres	Torres	Comunidad de regantes de Torres	23,5	77	455446	4181587
Tilín tilín	Begíjar	Guadalquivir		2,5	125	450106	4201629
Torrubia	Torreblascopedro	Guadalimar		2,95	172	442060	4207446
Trujala	Segura de la Sierra	Trujala	José Fernández Ríos	7,9	15	530526	4237842
Valdepeñas	Valdepeñas de Jaén	Grande y Chircales	ECYR	119	935	423520	4161048

La rehabilitación de todas las centrales que están en estudio, supondría poner en marcha casi la mitad de las centrales minihidráulicas que no están en funcionamiento, y que en la actualidad se están desaprovechando.

La tabla muestra toda la información referente a las centrales que están en estudio, por medio de la Figura 7.15, se puede observar la situación exacta de cada una de ellas.

Estas centrales pueden clasificarse en tres grupos, en función del estado actual de sus instalaciones, los cuales son mostrados en la Tabla 7.8.

Figura 7.15.

Ubicación de las centrales en estudio

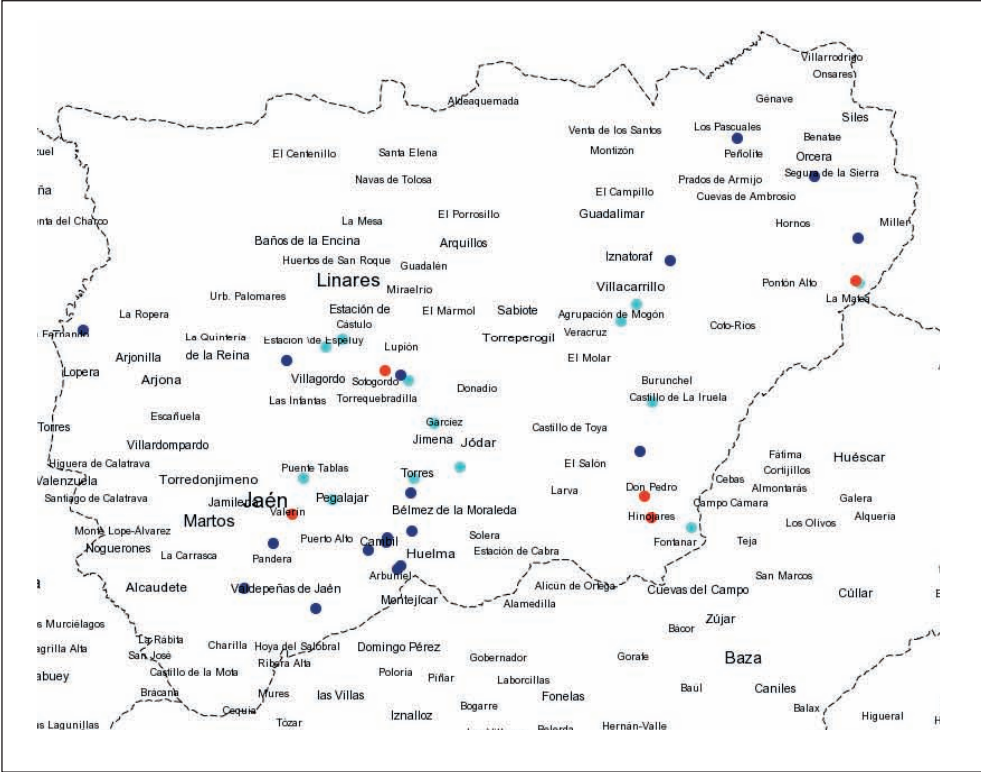


Tabla 7.8.

Minicentrales que están en estudio

CLASIFICACIÓN DE LA CENTRAL EN ESTUDIO	NÚMERO DE CENTRALES	POTENCIA TOTAL INSTALADA (kVA)	PORCENTAJE DE CENTRALES	PORCENTAJE DE POTENCIA INSTALADA
CON POSIBILIDADES DE RECUPERACIÓN	18,00	4582,00	47,37%	63,71%
NO RECUPERABLES	15,00	1260,00	39,47%	17,52%
CON POSIBLES USOS ALTERNATIVOS	5,00	1350,00	13,16%	18,77%
TOTAL	38,00	7192,00	100,00%	100,00%

Se observa que el mayor porcentaje, tanto en número de centrales como en potencia, pertenece a las que tienen posibilidad de recuperación.

Centrales no recuperables

Son las centrales, que con el simple análisis de los datos de situación actual, está claro que no es posible su recuperación, esto es debido a diferentes motivos, entre ellos cabe destacar los siguientes:

- La central ya está siendo utilizada por parte del ayuntamiento para fines culturales.
- El edificio ya ha sido recuperado y esta sientio utilizado como almacén, vivienda particular o alojamiento para el turismo rural, obteniéndose del mismo una rentabilidad económica más beneficiosa, que la que se lograría con la producción de energía eléctrica.
- Los elementos existentes están en muy malas condiciones, y la potencia es muy pequeña.
- Los elementos mínimos están desaparecidos, por lo que resulta técnicamente inviable su recuperación.
- El descenso del caudal turbinable debido a que el agua está siendo utilizada para otros fines, como el riego o el consumo de agua potable en las viviendas.

La siguiente tabla muestra un listado de las centrales a estudio, cuya recuperación no es técnicamente viable:

Tabla 7.9.

Datos centrales minihidráulicas en estudio sin posibilidad de recuperación

DATOS						COORDENADAS UTM	
Nombre	Población	Río	Propietario	desnivel medio m	potencia instalada K.V.A	X	Y
Castillo de San Marcos	Cazorla	Cazorla		157	80	500141	4195830
El Duende	Villacarrillo	Guadalquivir	Florencia Guimera del Val	4,2	200	494131	4210988

Tabla 7.9. (continuación)
Datos centrales minihidráulicas en estudio sin posibilidad de recuperación

DATOS						COORDENADAS UTM	
Nombre	Población	Río	Propietario	desnivel medio m	potencia instalada K.V.A	X	Y
El Mogón	Villacarrillo	Guadalquivir		4,5	75	497117	4213997
El Porvenir	Pozo Alcón	Turrilla		47	44	507410	4172260
Garcéz	Garcéz	Bedmar		8	24	459193	4191894
Hidro- eléctrica Riofrío	Santiago de la Espada	Zumeta		10	48	538857	4218035
Los Molinos	Torres	Torres		40	43	455452	4181508
Molino Guijeras	Baeza	Guadalquivir		2,1	200	454455	4199878
Molino Viejo	La Guardia	Guadalbullón		9	130	440090	4177570
Palomarejo	Torreblas- copedro	Guadalimar		3,25		438909	4206160
Puente Nuevo	Jaén	Guadalbullón		10	120	434687	4181636
San José	Bedmar	Bedmar		15	47	464020	4183560
Santísima Trinidad	Arbuniel de Cambil	Arbuniel		10	69.5	452780	4165000
Santo Domingo	Torres	Torres	Comunidad de regantes de Torres	23,5	77	455446	4181587
Torrubia	Torreblas- copedro	Guadalimar		2,95	172	442060	4207446

como piscifactoría, dando así a la población la oportunidad de disfrutar del lugar.

• En algunos casos, como en el de Tilín Tilín, quedan restos de maquinaria de principios del siglo XX, esto puede aprovecharse conservándolo como patrimonio cultural de los comienzos de la electricidad en nuestra provincia.

- Rutas turísticas
- Alojamientos Rurales
- Aprovechamiento didácticos
- Aulas de la Energía

Por lo tanto, los datos de las centrales en estudio con posibilidad de usos alternativos, son las siguientes:

Tabla 7.10.
Datos centrales minihidráulicas en estudio con posibles usos alternativos

DATOS					COORDENADAS UTM	
Nombre	Población	Río	desnivel medio m	potencia instalada K.V.A	X	Y
Electra de Zumeta	Santiago de la Espada	Arroyo de Zumeta	24	12	538150	4218420
Las Veguetas	Hinojares	Turrillas	8	25	499903	4174326
Puente Sierra	Jaén	Río Frío	30	400	432545	4174855
La Canal	Quesada	La Canal	171	800	498697	4178111
Tilín tilín	Begíjar	Guadalquivir	2,5	125	450106	4201629

Tabla 7.11.

Datos centrales minihidráulicas en estudio con posibilidad de recuperación

DATOS						COORDENADAS UTM	
Nombre	Población	Río	Propietario	desnivel medio m	potencia instalada K.V.A	X	Y
Casas Nuevas	Marmolejo	Guadalquivir	ECYR	6,5	1390	393387	4209242
Electra Guzmán	Cambil	Oviedo	Fernando Guzmán Muñoz	10	20	450494	4170478
Electra San Juan	Puente de Génave	Guadalimar	Particular	6,5	30	516015	4245105
Junta de los Ríos	Cambil	Cambil		8		446810	4168080
La Toba	Santiago de la Espada	Segura	Comunidad de vecinos La Toba	50	32	538630	4226460
Las Chozuelas	Villanueva del Arzobispo	Guadalquivir	ECYR	6,25	250	503409	4222249
La Purísima Concepción	Mengíbar	Guadalbullón	Hdos. D. Manuel de la Chica Damas	10	120	431612	4203470
Mata Bejid	Cambil	Oviedo	Comunidad de propietarios del término La Mata	40	100	454938	4171791
Ntra. Sra. de Los Ángeles	Campillo de Arenas	Valdearazo	ICA	30	75	437048	4157210
Ntra. Sra. de Tiscar	Quesada	Béjar	ECYR	85	80	497804	4186555
Piedra Romera	Cambil	Villanueva y Oviedo	Felipe Guzmán	31	115	450177	4169580
Puente del Obispo	Begíjar	Guadalquivir	Particular	2,48	200	452844	4200862
Río Frío	Los Villares	Río Frío	ECYR	155	1000	428958	4169443
San Cayetano	Cambil	Arbuniel	Particular	12	50	452960	4165210
San Manuel	Arbuniel de Cambil	Nacimiento del Arbuniel	ECYR	8	100	452366	4164544

Centrales en proyecto

Son las centrales que, en la actualidad, está siendo realizado su proyecto de recuperación, y que en un futuro cercano contribuirán a la generación de energía eléctrica de la provincia de Jaén.

Tabla 7.12.

Datos centrales minihidráulicas en proyecto

DATOS						COORDENADAS UTM	
Nombre	Población	Río	Propietario	desnivel medio m	potencia instalada K.V.A	X	Y
Cerrada de Utrero	Cazorla	Guadalquivir	Técnica y naturaleza	100	384	506420	4198309
C. H. Siles	Siles	Guadalimar	Dirección general del Agua del Ministerio de Medioambiente	100	1600	506418	4198304

Actualmente sólo hay dos centrales que están en proyecto, una es la central Cerrada de Utrero, situada en Cazorla, la otra se ubica en Siles(su ubicación será en la futura presa de Siles, actualmente en construcción) . La localización exacta de las mismas se ve en el siguiente mapa:

Fuera de Servicio-Abandonadas

Estas centrales, como ya se ha comentado, no están en funcionamiento, pero a diferencia que las que están incluidas en el grupo a estudio, tampoco están en situación de ser recuperadas.

Tabla 7.13.
Datos centrales minihidráulicas abandonadas

DATOS						COORDENADAS UTM	
Nombre	Población	Río	Propietario	desnivel medio m	potencia instalada K.V.A	X	Y
Los pelones	Úbeda	Guadalquivir		5,5	520	467648	4206776
Molino los Encinares	Encinares			1,75		418625	4167603
Ntra. Sra. de la Encarnación	Ventas del Carrizal	San Juan				412169	4155390
Ntra. Sra. de las Mercedes	Úbeda	Guadiana Menor		8	102	480698	4193540
Ntra. Sra. del Carmen	Hinojares	Turrillas		16	38	500069	4174255
Sacromonte Alto	Cambil	Arbuniel	José Puñal Lerma	12,8	50	452960	4165210

Desaparecidas

Este grupo hace referencia a las centrales hidráulicas que en el pasado existieron en la provincia de Jaén, pero que en la actualidad no quedan restos de las mismas, sus datos han sido obtenidos a través de antiguos censos.

Tabla 7.14.
Datos centrales hidráulicas desaparecidas

DATOS					COORDENADAS UTM	
Nombre	Población	Río	desnivel medio m	potencia instalada K.V.A	X	Y
Arroyo Molino	Huesa	La Canal	12,5	20	493115	4179645
Cerradura	Pegalajar	Guadalbullón	8.5	206	442631	4176943
Cumo Bajo	Beas de Segura	Beas	30.15	72	509634	4233829
El Ángel	Cazorla	Cazorla	75	50	499809	4195890
El Despeñadero	La Bobadilla de Alcaudete	Víboras	12	17	402396	4168678
La chopera	Bélmez Moraleda	Gargantón	35	50	466316	4175249
La Electra San José	Beas de Segura	Beas	12	24	509634	4233820
La Lobera	Cazorla	Cazorla	18	55	499809	4195890
La Santísima Trinidad	Alcaudete	San Juan	8	38	404059	4161000
Las Maravillas	Pontones	Segura	4	5	528899	4219005
Los Batanes	Marmolejo	Guadalquivir	3.5	713	397280	4211444
Los Escuderos	Vilches	Guadalimar	18	1350	455553	4228645
Los Noguerones	Los Noregones	Mazorque	6,5	5	397481	4168376
Marmolejo	Marmolejo	Guadalquivir	5	1440	397284	4211388
Molino Jontoya	Jaén	Jaén	6.75	125	433860	4179524
Molino Encomienda	Fuensanta de Martos	Fuensanta		2	420075	4167129
Molino Nuevo	La Guardia	Guadalbullón	6	130	438967	4177375
Salobreja	Villarrodriego	Bienservida	11	12	531721	4260019

Tabla 7.14. (continuación)
Datos centrales hidráulicas desaparecidas

DATOS					COORDENADAS UTM	
Nombre	Población	Río	desnivel medio m	potencia instalada K.V.A	X	Y
San José	Jaén	Guadalbullón	8.5	250	430462	4180117
San Juan de Dios	Jaén	Guadalbullón	10	400	430462	4180117
San Miguel arcángel	Hornos	Arroyo de los Molinos	18	30	524489	4229906
Vado de las Ollas	Ibros	Guadalimar	9.68	840	455906	4208442

Otras

Este grupo abarca las centrales que no estando en funcionamiento, no pueden estar contenidas en ningún otro grupo.

Tabla 7.15.
Datos centrales hidráulicas incluidas en el grupo “otras”

DATOS					COORDENADAS UTM	
Nombre	Población	Río	desnivel medio m	potencia instalada K.V.A	X	Y
Puerta Arenas	Campillo de Arenas	Dornillo	12,5	105	443842	4156734

7.6. RESUMEN

En base a los datos de los apartados anteriores, puede mostrarse una visión global del panorama minihidráulico en la provincia de Jaén, en la tabla clasifican las minicentrales en dos grandes grupos, centrales que están funcionando, y centrales que no lo están, a su vez están divididas en otros subgrupos, ya explicados en el apartado anterior.

Tabla 7.16.
Clasificación de las minicentrales según el subgrupo al que pertenecen

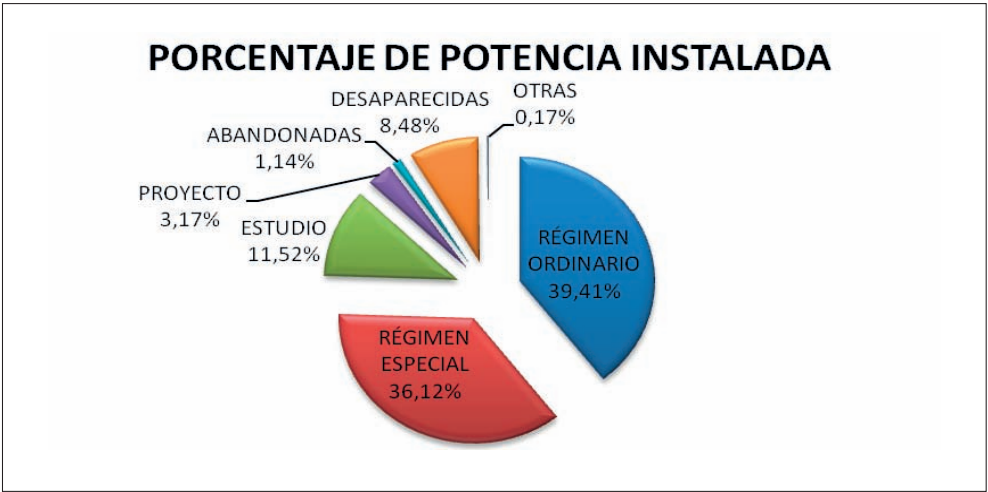
CLASIFICACIÓN DE LA CENTRAL		NÚMERO DE CENTRALES	POTENCIA TOTAL INSTALADA (kVA)	PORCENTAJE DE CENTRALES	PORCENTAJE DE POTENCIA INSTALADA
FUNCIONANDO	RÉGIMEN ORDINARIO	6,00	24.642	7,23%	36,60%
	RÉGIMEN ESPECIAL	8,00	27.385	9,64%	40,67%
SIN FUNCIONAR	ESTUDIO	38,00	7.204	45,78%	10,70%
	PROYECTO	2,00	1.984	2,41%	2,95%
	ABANDONADAS	6,00	710	7,23%	1,05%
	DESAPARECIDAS	22,00	5.302	26,51%	7,87%
	OTRAS	1,00	105	1,20%	0,16%
TOTAL		83,00	83,00	100%	100%

Sobre un 11% de la potencia instalada en las minicentrales corresponde a las que están siendo estudiadas, hay que matizar que una vez realizado el análisis de viabilidad este porcentaje podría variar, produciéndose un aumento del mismo, ya que en dicho estudio se calcula también la potencia adecuada para cada una de las centrales. La Figura 7.19 muestra de forma desglosada qué porcentaje de potencia instalada corresponde a cada variedad de minicentral:

Clasificando a las minicentrales simplemente en función de si están en marcha o no, se observa que más del 80% están sin funcionar, lo que significa que gran parte del potencial minihidráulico de la provincia se está desaprovechando.

Figura 7.19.

Representación del porcentaje de potencia instalada en las minicentrales que no están en funcionamiento.



7.7. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DE LAS CENTRALES
MINIHIDRÁULICAS CON POSIBILIDAD DE RECUPERACIÓN

7.7.1. INTRODUCCIÓN

Antes de realizar cualquier proyecto de inversión, es necesario determinar la viabilidad financiera del mismo, y dependiendo de los resultados optar a su posible ejecución.

Las centrales con posibilidad de recuperación han sido clasificadas en tres grupos distintos en función de los valores obtenidos en los parámetros financieros VAN, TIR y payback (PB) del proyecto, tal y como se muestra en los siguientes apartados.

Tabla 7.17.

Clasificación de las centrales en función de su rentabilidad Centrales rentables

VAN>0, TIR ≥11%, PB>8 años	RENTABLE
VAN>0, TIR>7% y <11%, PB>8 años	ESTUDIO CON MAYOR PROFUNDIDAD
VAN<0, TIR ≥7%	NO RENTABLE

A este grupo pertenecen las centrales cuya rentabilidad está completamente clara. Siendo el VAN positivo, la TIR mayor a un 11% y el PB menor a 8 años.

Tabla 7.18.
Centrales rentables

CENTRALES	POTENCIA(KW)	ENERGIA(MWh)	INVERSIÓN (€)	RATIO POTENCIA (€/KW)	RATIO ENERGIA (€/KWh)	TIR (%)	PAYBACK(AÑOS)	VAN(€)
Casas Nuevas	4.380,00	17.446,76	2.097.878,29	478,97	0,12	46,03	1,23	1.076.176,00
La Toba	100,00	747,98	230.461,66	2.304,62	0,31	23,48	4,05	333.045,32
Mata Bejid	70,00	431,64	131.486,74	1.878,38	0,30	23,70	4,95	193.534,94
Puente del Obispo	440,00	2.562,93	804.463,67	1.828,33	0,31	23,11	4,21	1.127.562,01
Río Frío	70,00	511,26	221.600,29	3.165,72	0,43	17,34	6,56	169.038,67
San Cayetano	50,00	312,23	123.648,70	2.472,97	0,40	18,85	5,54	113.959,80
Valdepeñas	500,00	2.745,83	605.998,56	1.212,00	0,22	30,56	3,44	1.441.729,30

La central más rentable es Casas nuevas tiene casi un 50% de TIR y un plazo de recuperación menor a un año y medio, esta central es también a la que le corresponde la mayor inversión y mayor potencia. Los 4,38 MW que deberían de ser instalados, junto con la alta producción energética son los datos clave para obtener esta alta rentabilidad.

La central Valdepeñas tiene unos ratios financieros muy interesantes, la inversión inicial es bastante alta, pero también lo es la potencia y la energía generada, es la segunda central cuya potencia instalada obtenida en el análisis de rentabilidad es mayor.

En el caso de Puente del Obispo la potencia y la energía son altas, pero la inversión también, esto la hace menos rentable que Casas Nuevas o Valdepeñas.

La inversión menor corresponde a la central Mata-Begid debido a que no es necesario realizar demasiadas actuaciones sobre la misma, aunque la pequeña potencia obtenida hace que los parámetros financieros sean peores que en los casos mencionados anteriormente. En similar situación se encuentran las centrales San Cayetano y Río Frío, que si bien la inversión es pequeña, la potencia también lo es, y por lo tanto los ratios financieros obtenidos no son tan positivos como en casos anteriores.



Figura 7.20.–Cuerpo de presa de la central Casas Nuevas.



Figura 7.21.–Interior del edificio de la central Valdepeñas.



Figura 7.22. Estado actual del edificio de la central de Puente del Obispo.



Figura 7.23. Equipamiento electromecánico de la central Mata-Begid.

Se puede decir que todas las centrales de este grupo son altamente rentables ya que sus valores de TIR están muy por encima del 11%, y el plazo de recuperación de todas ellas es mucho menor a 8 años.

7.7.2. CENTRALES CON NECESIDAD DE UN ESTUDIO EN PROFUNDIDAD

Son las centrales que teniendo un VAN positivo su TIR es mayor a un 7% y el PB mayor a 8 años. En este caso no está nada clara su rentabilidad, y por ello deberían de ser estudiadas con más detenimiento.

Tabla 7.19.

Centrales con necesidad de un estudio en profundidad

CENTRALES	POTENCIA(KW)	ENERGIA(MWh)	INVERSIÓN (€)	RATIO POTENCIA (€/KW)	RATIO ENERGIA (€/KWh)	TIR (%)	PAYBACK(AÑOS)	VAN(€)
Las Chozuelas	190,00	906,75	561.113,13	2.953,23	0,62	11,60	8,42	142.958,50
Piedra Romera	80,00	401,02	240.246,64	3.003,08	0,60	12,12	8,88	71.237,87

Ambas centrales tienen unos ratios financieros muy cercanos a los considerados como rentables, sería muy interesante estudiarlas con más profundidad, ya que posiblemente se obtuvieran resultados favorables.



Figura 7.24.–Azud de la central de Las Chozuelas.

7.7.3. CENTRALES NO RENTABLES.

Tienen esta clasificación las centrales cuyo VAN es negativo y la TIR es menor al 7%, las centrales no rentables se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 7.20.
Centrales no rentables

CENTRALES	POTENCIA (KW)	ENERGIA (MWh)	INVERSIÓN (€)	RATIO POTENCIA (€/KW)	RATIO ENERGIA (€/KWh)	TIR (%)	PAYBACK(AÑOS)	VAN(€)
Electra Guzmán	10,00	48,51	93.922,92	9.392,29	1,94	-1,24	-	-68.272,94
Electra San Juan	230,00	15,12	613.195,95	2.666,07	40,56	-	-	-737.561,24
Junta de los Ríos	20,00	108,13	333.388,25	16.669,41	3,08	-5,14	-	-304.198,77
La Purísima Concepción	690,00	133,23	1.320.454,96	1.913,70	9,91	-	-	1.490.719,36
Ntra. Sra. de Los Ángeles	90,00	332,48	427.461,66	4.749,57	1,29	2,29	20,02	-208.971,22
Ntra. Sra. de Tiscar	20,00	48,61	273.003,43	13.650,17	5,62	-	-	-287.791,08
San Manuel	30,00	192,05	184.504,76	6.150,16	0,96	5,40	14,45	-46.121,70
Santa Isabel	60,00	0,08	198.446,34	3.307,44	2.637,32	-	-	-243.361,89
Trujala	10,00	22,68	119.791,40	11.979,15	5,28	-	-	-124.974,25

El VAN de todas estas centrales resulta negativo en ningún caso es aconsejable llevar a cabo el proyecto. Los ratios financieros obtenidos son muy desfavorables, esto se debe a la alta inversión que debe de realizarse, y a la baja producción de energía, que en algunos casos como en Santa Isabel resulta ser de tan sólo 80 kWh.

7.8. INVERSIONES Y EMPLEO GENERADO POR LA EMH

Numerosos estudios han demostrado que a igual potencia instalada, las unidades de producción de energía de fuentes renovables generan hasta cinco veces más puestos de trabajo que las tecnologías convencionales. Por

lo tanto, el sector de las energías verdes contribuye de forma eficiente a la creación de empleo, incluyendo la generación de empleo directo durante la fabricación, construcción y operación de sus instalaciones; y la generación de empleo indirecto, derivado de la demanda de bienes de otro tipo que generan esas actividades.

Para la energía minihidráulica en la provincia de Jaén se obtendría los siguientes datos generales, desde un punto de vista de generación de empleo e inversión:

Tabla 7.21.

Empleo e inversión que se generaría puesta en marcha las minicentrales rentables

Empleo. Fase de construcción e instalación	Directos	41,74	personas-año
	Indirectos	62,61	personas-año
Empleo. Fase de operación y mantenimiento	Directos	7,85	personas-año
Inversión	4.215.537,91 €		

El desarrollo de las energías renovables contribuye además a la cohesión regional, ya que en la mayoría de los casos las nuevas instalaciones han de situarse en áreas rurales.

La siguiente tabla muestra los datos de potencia, generación, costes de operación y mantenimiento, así como ahorro de CO₂ emitido la atmósfera, de las centrales que en la actualidad están funcionando en la provincia de Jaén:

Tabla 7.22.

Principales datos de las centrales en funcionamiento en la provincia de Jaén

CLASIFICACIÓN DE LA CENTRAL		NÚMERO DE CENTRALES	POTENCIA TOTAL INSTALADA (kVA)	ENERGÍA GENERADA ANUAL (MWh/año)	COSTES DE O&M (€/año)	AHORRO CO ₂ (Tm/año)
FUNCIONANDO	RÉGIMEN ORDINARIO	6	24.642	49.284	1.108.890	17.249,4
	RÉGIMEN ESPECIAL	8	27.385	45.170	1.232.325	15.809,5
TOTAL		14	47.227	94.454	2.341.215	33.058,9

Si se pusieran en funcionamiento las centrales cuya rehabilitación resulta rentable, los datos de potencia, generación, costes de operación y mantenimiento, así como ahorro de CO₂ emitido la atmósfera, quedarían como se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 7.23.**Principales datos de las centrales con posibilidad de recuperación**

CENTRAL	POTENCIA TOTAL INSTALADA (KW)	ENERGÍA GENERADA ANUAL (MWh/ año)	INVERSIÓN (€)	COSTES DE O&M (€/año)	AHORRO CO2 (Tm/año)
Casas Nuevas	4.380,00	17.446,76	2.097.878,29	197.100,00	6.106,37
La Toba	100	747,98	230.461,66	4.500,00	261,79
Mata Bejid	70	431,64	131.486,74	3.150,00	151,07
Puente del Obispo	440	2.562,93	804.463,67	19.800,00	897,03
Río Frío	70	511,26	221.600,29	3.150,00	178,94
San Cayetano	50	312,23	123.648,70	2.250,00	109,28
Valdepeñas	500	2.745,83	605.998,56	22.500,00	961,04
TOTAL	5.610,00	24.758,63	4.215.537,91	252.450,00	8.665,52

La siguiente tabla contiene los ratios utilizados para la estimación del empleo generado en el área hidroeléctrica, para las fases de construcción e instalación y operación y mantenimiento, basándose en los datos aportados por el PER 2005-2010:

Tabla 7.24.**Ratios de generación de empleo de la energía minidráulica**

Ratios de generación de empleo (personas-año/MW)		
Fase de construcción e instalación	Directos	7,44
	Indirectos	11,16
Fase de operación y mantenimiento	Directos	1,40

Teniendo en cuenta los valores de la tabla se pueden calcular los empleos que se están generando en la actualidad con las centrales que están funcionando, y los que se generarían si se pusieran en marcha las que son rentables.

En el caso de las centrales que están funcionando sólo es posible calcular los empleos en la fase de operación y mantenimiento, en esta fase todos ellos son directos:

Tabla 7.25.

Empleo generado en las centrales en funcionamientos.

EMPLEO GENERADO MINICENTRALES EN FUNCIONAMIENTO			
Fase de operación y mantenimiento	Directos	66,12	personas-año

Si se pusieran en marcha las centrales rentables, se crearían empleos tanto directos como indirectos, y habría que tener en cuenta también los que se crean en la fase de construcción e instalación. La siguiente tabla muestra el empleo generado en dicho supuesto:

Tabla 7.26.

Empleos que se generarían al poner en marcha las centrales rentables

EMPLEO QUE SE GENERARÍA LA PUESTA EN MARCHA LAS MINICENTRALES RENTABLES			
Fase de construcción e instalación	Directos	41,74	personas-año
	Indirectos	62,61	personas-año
Fase de operación y mantenimiento	Directos	7,85	personas-año

7.9. BARRERAS PARA EL DESARROLLO DE LA ENERGÍA MINIHIDRÁULICA

El desarrollo de la energía minihidráulica está limitada por una serie de barreras que impiden su correcto desarrollo. Estas pueden clasificarse en: Técnicas, administrativas, normativas, económicas y socio-medioambientales.

7.9.1. BARRERAS TÉCNICAS

Existe una elevada incertidumbre sobre el potencial hidroeléctrico pendiente de desarrollar y viable técnicamente España, ya que el más reciente análisis y evaluación del potencial hidroeléctrico en España se realizó en 1980, donde se obtuvo una distribución por cuencas hidrográficas del potencial técnicamente desarrollable y pendiente de realizar.

La mayor concienciación social de protección del medioambiente ha dado lugar a que una parte importante de ese potencial posiblemente no pueda aprovecharse nunca por estar en ecosistemas de alto valor ecológico, por lo que se hace necesario revisar esa evaluación y cuantificación del potencial hidroeléctrico pendiente de desarrollar.

7.9.2. BARRERAS ADMINISTRATIVAS

En el documento resumen del Plan de Energías Renovables, dentro del apartado 4 (Objetivos Energéticos del Plan) [IDAE,2005], en el cual se hace un análisis de la evolución de los objetivos previsto en el anterior Plan de Fomento de las Energías Renovables se cita literalmente: “La energía minihidráulica, que dispone de una tecnología consolidada, continua encontrando importantes barreras de tipo administrativo que dificultan su desarrollo y avanza más despacio de lo previsto” ya que normalmente el período promedio de obtención de la resolución definitiva (positiva) de un expediente concesional está en torno a los 5 años, independientemente de la potencia y/o tamaño del aprovechamiento hidroeléctrico. Si la potencia de la central es superior a los 5.000 KVA, el Organismo competente en la Resolución es el Ministerio de Medio Ambiente. Si es inferior a 5.000 KVA existe un procedimiento abreviado de tramitación de concesiones y autorizaciones administrativas para la instalación, ampliación o adaptación de aprovechamientos hidroeléctricos, que resuelven las Confederaciones Hidrográficas u Organismos de Cuenca y las Comunidades Autónomas con competencias transferidas.

Existen un elevado número de expedientes concesionales sin resolver, ya que de acuerdo con la legislación vigente, en el proceso de tramitación del expediente concesional, el Organismo de cuenca solicitará los informes preceptivos de los Organismos competentes en la materia sobre el proyecto. En los casos que se emita algún informe negativo o contrario al proyecto, la tramitación queda paralizada y el expediente concesional queda pendiente de resolución.

Además existen muchos aprovechamientos hidroeléctricos abandonados, y que podrían ser reactivados mediante la incoación de expedientes de caducidad concesional, cuando se demuestre la interrupción permanente de la explotación durante tres años consecutivos, y siempre que sea imputable al titular.

Otro factor que retrasa el desarrollo del proyecto de implantación de una central hidroeléctrica es la lentitud administrativa de las Comunidades Autónomas, responsables de las autorizaciones y aprobaciones del proyecto

electromecánico y de línea eléctrica, acta de puesta en marcha, reconocimiento de la condición de instalación acogida al Régimen Especial, inscripción en el registro y emisión de los informes preceptivos, debido a la ausencia de plazos al otorgamiento de autorizaciones y la falta de visión global de los distintos organismos implicados.

Existen además problemas con los Ayuntamientos que estriban en su negativa al otorgamiento de la licencia de obra y permisos necesarios o por el aumento progresivo de las exigencias económicas que consideran compensatorias por la implantación de la central hidroeléctrica. Asimismo en muchos casos se encuentran muy influenciados por grupos ecologistas locales, contrarios a este tipo de instalaciones.

7.9.3. BARRERAS SOCIALES Y MEDIOAMBIENTALES

Existe una oposición de los grupos ecologistas locales y la no beligerancia de los grandes grupos ecologistas (favorables a las energías renovables) y del resto de la sociedad civil, que contribuyen a frenar de forma muy contundente el desarrollo de esta energía renovable que además resulta la menos agresiva con el medio de todas las energías renovables.

Esta oposición es debido en muchos casos por el abandono ambiental de las medidas correctoras aplicadas durante la construcción y el funcionamiento de la central, así mismo no existen unos criterios técnicos específicos en el establecimiento de las medidas correctoras necesarias para la minoración de los impactos medioambientales de una instalación, como por ejemplo la determinación de los caudales ecológicos, diseño de escalas de peces, etc.

Además existen graves demoras en la resolución sobre la Declaración de Impacto Ambiental, ya que con la entrada en vigor de la Ley 6/2001, de 8 de Mayo, de modificación del Real Decreto legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental, todas los proyectos de centrales hidroeléctricas deben realizar la consulta al órgano ambiental de si deben o no someterse a una evaluación de impacto ambiental en la forma prevista en esta disposición.

Este hecho está provocando unas importantes demoras en la obtención de las resoluciones sobre la declaración de impacto ambiental de nuevos proyectos de centrales hidroeléctricas o ampliaciones de existentes, lo que se viene a sumar al retraso final en la obtención de la concesión de aguas pertinente.

7.9.4. BARRERAS DE CONEXIÓN A LA RED ELÉCTRICA

La Orden de 5 de Septiembre de 1985 que establece las normas administrativas y técnicas para funcionamiento y conexión a las redes eléctricas de

centrales hidroeléctricas de hasta 5.000 kVA y centrales de autogeneración eléctrica, ha quedado desfasada y es necesaria una revisión global de la misma.

La creciente demanda de conexión de nueva generación, unida a la escasez de capacidad de red en muchos puntos, y la ausencia de una normativa nacional que garantice la preferencia de acceso a las energías renovables a través de unos criterios claros y generales, está ocasionando conflictos entre las nuevas instalaciones y las existentes, a efectos de capacidad de red. Además, existe un alto grado de descoordinación entre las planificaciones autonómicas y nacionales. Resulta necesario desarrollar canales de comunicación entre Organismos Estatales, Comunidades Autónomas, distribuidores y los promotores afectados. Al mismo tiempo sería deseable que existiesen criterios generales de planificación, comunes para todas las Comunidades Autónomas.

Otro de los problemas que se encuentra el promotor es la falta de información de la que dispone a la hora de realizar la petición de acceso a la red, que se ha de realizar en una fase madura del proyecto, corriendo el riesgo de ver alterada su necesidad de financiación.

Capítulo 8

MARCO REGULATORIO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN ESPAÑA

Pedro Gómez Vidal

8.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se hace una síntesis del marco regulatorio establecido en España para las energías renovables.

Se inicia el capítulo con un análisis de la evolución de las distintas normativas que a lo largo del tiempo se han aprobado en España para la regulación del uso y fomento de las energías renovables. A continuación se recogen los resultados en el año 2010 del marco regulatorio español constituido por el PER 2005-2010.

Se presenta la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo que establece las bases para alcanzar en el año 2020 el objetivo 20-20-20 y que obliga a los Estados miembros a elaborar planes de acción nacionales (PANER) en materia de energía renovable. También se incluye en este capítulo un resumen del PER 2011-2020, que incluye para España los elementos esenciales del PANER, y fija como objetivo global de participación de las energías renovables para el año 2020 del 20,8%.

Se analiza el marco regulatorio actual con las normativas más relevantes de dicho marco regulatorio. Además de estas normativas de carácter nacional también se presentan algunas disposiciones normativas en el ámbito de aplicación de la Comunidad Andaluza

Por último y para finalizar el capítulo se expone brevemente algunos aspectos del nuevo marco regulatorio necesario para cumplir la Directiva 2009/28/CE y los objetivos del Plan de Acción Nacional de Energías Renovables de España 2011-2020.

8.2. EVOLUCIÓN DEL MARCO REGULATORIO ESPAÑOL

El primer marco regulatorio en España sobre energías renovables se dio a principio de los 80, poco después de producirse la segunda crisis internacional del petróleo, con la Ley 82/1980, sobre conservación de energía, cuyos principales objetivos eran el aumento de la eficiencia energética y la reducción de la dependencia energética del exterior. Esta ley representó el punto de partida para el desarrollo de las energías renovables en nuestro país.

Fue la ley 54/1997, del sector Eléctrico, la que estableció un verdadero marco de regulación de las energías renovables, estableció la liberalización del sector de la electricidad en España e implantó la producción en régimen especial, diferenciado del ordinario, basado en las tecnologías de generación que utilizan las energías renovables, los residuos y la cogeneración. Fijó como objetivo para el año 2010 cubrir el 12% del total de la demanda energética con energías renovables con el apoyo al precio de venta de la electricidad renovable. A tal fin, y como respuesta a dichos objetivos se elaboró el Plan de Fomento de las Energías Renovables 2005-2010, en el que analizaba la situación y el potencial de estas energías y fijaba objetivos concretos para las diferentes tecnologías.

La regulación del Régimen Especial fue desarrollada en primer lugar por el Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración. El Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión. Posteriormente por el Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en Régimen Especial. Y por el actualmente en vigor Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

Modificaciones al Real Decreto 661/2007, así como nuevas regulaciones del régimen especial vine recogidas en: el Real Decreto 1578/2008, referente a la retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica; e Real Decreto ley 6/2009, por el que se establece el registro de preasignación de retribución para las instalaciones del régimen especial; el Real Decreto 1565/2010 por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial; el Real Decreto 1614/2010, por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción

de energía eléctrica a partir de tecnologías solar termoelectrica y eólica; el Real Decreto Ley 14/2010 por el que se limitan las horas equivalentes de funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas.

El ya finalizado Plan de Energías Renovables (PER) 2005-2010 se elaboró, como revisión del PER 2000-2010, para mantener el compromiso de cubrir con fuentes renovables al menos el 12% del consumo total de energía en 2010. Incorporó dos objetivos indicativos para el año 2010: 29,4% mínimo de generación eléctrica con renovables sobre el consumo nacional de electricidad; 5,75% mínimo de biocarburantes en relación con el consumo de gasolina y gasóleo en el transporte.

El Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, responde también a una nueva exigencia de sostenibilidad de los procesos edificatorios con las exigencias básicas para el ahorro y la eficiencia energética. Las exigencias HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria, y HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica, van dirigidas a la contribución de energías renovables.

8.3. RESULTADOS DE LA POLÍTICA RENOVABLE HASTA EL AÑO 2010

El resultado de las políticas de apoyo a las energías renovables, en el marco del Plan de Energías Renovables 2005-2010, se muestra en la tabla I, en términos de consumo de energía primaria, las energías renovables han pasado de cubrir una cuota del 6,3% en 2004 a alcanzar una cuota del 11,3% en 2010.

En el año 2010 el 64% de la utilización de las energías renovables fue destinada a la generación eléctrica, alrededor de un 26% para usos térmicos finales y cerca de un 10% por el consumo de biocarburantes en el transporte.

En cuanto al papel de las renovables en la generación eléctrica, su contribución al consumo final bruto de electricidad ha pasado del 18,5% en 2004 al 29,2% en 2010.

Por último, las renovables en el transporte también han dado durante estos últimos años un importante avance pasando de representar el 0,39% en 2004 al 4,99% en 2010.

Tabla 8.1.

Evolución de la contribución de las energías renovables al consumo de energía primaria (ktep). Periodo 2004-2010

año	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Generación de electricidad							
Hidráulica	2.725	1.597	2.200	2.342	2.004	2.266	3.630
Biomasa	561	564	574	567	682	838	1.006
RSU	244	124	166	203	256	249	183
Eólica	1.383	1.821	2.004	2.370	2.795	3.276	3.759
Solar fotovoltaica	2	4	10	43	219	511	540
Biogás	231	156	151	153	144	156	186
Solar termoeléctrica	0	0	0	3	6	40	271
Total electricidad	5.146	4.266	5.105	5.681	6.106	7.336	9.574
Usos térmicos							
Biomasa	3.428	3.441	3.513	3.548	3.583	3.551	3.655
Biogás	28	27	62	62	26	29	34
Geotermia	8	4	4	4	4	4	4
Solar térmica de baja temperatura		61	73	93	129	156	183
Biocarburantes (Transporte)							
	228	137	171	385	619	1.074	1.442
Total Renovables	8.891	7.936	8.928	9.774	10.468	12.151	141.892
Consumo de energía primaria (ktep)	141.985	145.535	144.132	147.043	142.338	130.505	131.728
Energías Renovables / Energía Primaria (%)	6,3	5,5	6,2	6,6	7,4	9,3	11,3

8.4. DIRECTIVA 2009/28/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO

La Directiva 2009/28/ce del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables considera que el control del consumo de energía en Europa y la mayor utilización de la energía procedente de fuentes renovables, junto con el ahorro energético y una mayor eficiencia energética, constituyen una parte importante del paquete de medidas necesarias para reducir las emisiones de

gases de efecto invernadero y para cumplir el Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

La Directiva 2009/28/CE es parte del denominado Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático, que establece las bases para que la UE logre como objetivos globales para 2020: un 20% de mejora de la eficiencia energética, una contribución de las energías renovables del 20% y una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del 20%.

Este objetivo global del 20% de energía procedente de fuentes renovables en el consumo de energía final total, se ha distribuido en objetivos individuales por Estado miembro basados en criterios que tienen en cuenta las diferentes situaciones de partida, potencial de energías renovables y combinaciones energéticas posibles de cada uno. En España, el objetivo se traduce en que las fuentes renovables representen al menos el 20% del consumo de energía final en el año 2020, junto a una contribución mínima del 10% de fuentes de energía renovables en el transporte para ese año.

Para garantizar la consecución de los objetivos nacionales globales obligatorios, los Estados miembros deben procurar seguir una trayectoria indicativa que les permita avanzar hacia el logro de sus objetivos finales obligatorios. La trayectoria indicativa debe tomar el año 2005 como referencia para el punto de partida.

Los Estados deben elaborar planes de acción nacionales (PANER) en materia de energía renovable que incluyan información sobre objetivos sectoriales. Además, los Estados miembros deben establecer medidas para alcanzar dichos objetivos. Cada Estado miembro debe determinar, al evaluar sus previsiones de consumo final bruto de energía en su plan de acción nacional en materia de energías renovables, la contribución que la eficiencia energética y el ahorro energético puedan aportar para alcanzar sus objetivos nacionales. Los Estados miembros deben tener en cuenta la combinación óptima de tecnologías de eficiencia energética con energías procedentes de fuentes renovables.

El modelo PANER es estándar y obligatorio para todos los estados miembros, y recogerá:

- el consumo final bruto previsto de energía en electricidad, transporte, calefacción y refrigeración para 2020, teniendo en cuenta las medidas políticas de eficiencia energética
- los objetivos nacionales sectoriales para 2020 y estimación de cuotas de energía renovable en electricidad, transporte, calefacción y refrigeración

- las medidas para alcanzar los objetivos como políticas y medidas para el uso de energías renovables, sistemas de apoyo y uso previsto de transferencias estadísticas entre estados miembros y proyectos conjuntos con otros estados miembros y terceros países
- las evaluaciones de la contribución de cada tecnología de energía renovable y de eficiencia y ahorro energético para el cumplimiento del objetivo 2020 y la trayectoria indicativa de cuotas de energía renovable para electricidad, transporte, calefacción y refrigeración.

8.5. PLAN DE ENERGÍAS RENOVABLES 2011-2020

La Secretaría de Estado de Energía del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, a través del IDAE, ha elaborado el PER 2011-2020, que incluye los elementos esenciales del PANER así como análisis adicionales no contemplados en el mismo y un detallado análisis sectorial que contiene, entre otros aspectos, las perspectivas de evolución tecnológica y la evolución esperada de costes. IDAE se constituye como Oficina del Plan responsable de su seguimiento.

Tras la elaboración del PANER, y en el marco de una evolución muy negativa de la economía mundial y española, tuvieron lugar los trabajos de la Subcomisión de análisis de la estrategia energética española para los próximos 25 años, constituida en el seno de la Comisión de Industria, Turismo y Comercio del Congreso de la Diputados, que el 21 de diciembre de 2010 aprobó un documento con el apoyo de la mayoría de los grupos parlamentarios, en el que se recomendaba que la participación de las energías renovables fuera del 20,8% en el año 2020.

Este es el objetivo global que se recoge en el PER 2011-2020, que da respuesta, a su vez, al artículo 78 de la Ley 2/2011, de Economía Sostenible, que fija los mismos objetivos de la Directiva 2009/28/CE como los objetivos nacionales mínimos de energías renovables en 2020, estableciendo además que el Gobierno aprobará planes de energías renovables que hagan posible el cumplimiento de los objetivos fijados y que permitan la posibilidad efectiva de desarrollo de las energías renovables en todas las Comunidades Autónomas.

Las fuentes de energía renovables a las que se refiere este Plan son las siguientes: biocarburantes y biolíquidos, biogás, biomasa, energías del mar, eólica, geotermia y otras energías del ambiente, hidroeléctrica, residuos (municipales, industriales y lodos de EDAR) y solar (fotovoltaica, térmica y termoeléctrica).

En la siguiente tabla se recoge tanto los objetivos globales obligatorios, como la senda indicativa de las cuotas de energía procedente de fuentes de energía renovables en el consumo final bruto.

Tabla 8.2.

Objetivos globales del Plan de Energías Renovables 2011-2020

Ktep	2005	2012	2015	2020
Consumo final bruto electricidad procedente de fuentes renovables	4.624	8.340	9.586	12.455
Consumo final bruto de fuentes renovables para calefacción y refrigeración	3.541	4.034	4.404	5.357
Consumo final de energía procedente de fuentes renovables en el sector transporte	245	2.331	2.500	3.216
Consumo total de fuentes de energía renovables	8.302	14.533	16.261	20.525
Consumo final bruto de energía en calefacción y refrigeración, electricidad y transporte	101.719	96.413	97.486	98.443

Un desglose de estos objetivos para cada uno de los sectores de consumo energético: sector eléctrico, sector calefacción y refrigeración y sector transporte; y desagregados para cada tecnología de energía renovable se muestran en las tablas III, IV y V.

Tabla 8.3.

Objetivos del plan de energías renovables 2011-2020 en el sector eléctrico

	2010		2015		2020	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
hidroeléctrica	13.226	42.215	13.548	32.538	13.861	32.814
Geotérmica	0	0	0	0	50	300
Solar fotovoltaica	3.787	6.279	5.416	9.060	7.250	12.356
Solar térmica	632	691	3.001	8.287	4.800	14.379
Energía hidrocinética, del oleaje, mareomotriz	0	0	0	0	100	220
Eólica en tierra	20.744	43.708	27.847	55.703	35.000	71.640
Eólica en mar	0	0	22	66	750	1.845
Biomasa, residuos, biogás	825	4.228	1.162	7.142	1.950	12.200
Totales	39.214	97.021	50.996	112.797	63.761	146.080

Tabla 8.4.

Objetivos del plan de energías renovables 2011-2020 en el sector de la calefacción y refrigeración

	2010	2015	2020
	Ktep	Ktep	Ktep
Energía geotérmica (excluyendo el calor geotérmico de temperatura baja en aplicaciones de bomba de calor)	3,8	5,2	9,5
Energía solar térmica	183	308	644
Biomasa Sólida (incluye residuos) y Biogás	3.729	4.060	4.653
Energía renovable a partir de bombas de caloraerotérmica y geotérmica	17,4	30,8	50,8
Totales	3.933	4.404	5.357

Tabla 8.5.

Objetivos del plan de energías renovables 2011-2020 en el sector del transporte

	2010	2015	2020
	Ktep	Ktep	Ktep
Bioetanol/bio-ETBE	226	301	400
Biodiésel	1.217	1.970	2.313
Electricidad procedente de fuentes renovables	96	229	503
Totales	1.538	2.500	3.216

Del análisis de los objetivos del PER se puede observar que en lo referente a la aportación eléctrica la energía eólica será la fuente renovable más importante incorporando al final del periodo explotaciones eólicas en el mar. Las distintas tecnologías de energía solar incrementarán su aportación a la generación de electricidad a prácticamente cuatro veces la actual. La biomasa, los residuos y el biogás también tendrán aportaciones significativas en la estructura de abastecimiento eléctrico.

La contribución de las renovables a la producción bruta de electricidad pasarán del 32,3 % del año 2010 al 38,1% del 2020, teniendo en cuenta unas perspectivas de incremento en la producción bruta de electricidad en 2020 del 27% respecto al 2010.

Para la consecución de los objetivos del PER 2010-2020, dicho plan contempla ochenta y siete propuestas, de las cuales casi la mitad son propuestas

horizontales aplicables al conjunto de todas las tecnologías y el resto sectoriales que tienen por objeto el desarrollo de determinados sectores o tecnologías. Todas estas propuestas se pueden clasificar en cinco grandes grupos: marcos de apoyo, propuestas económicas, propuestas normativas, actuaciones en infraestructuras energéticas y por último, acciones de planificación, promoción, información, formación y otras.

Dentro del grupo de marcos de apoyo se contempla tres sistemas: Régimen Especial de generación eléctrica con renovables, que ha sido el principal instrumento de apoyo al desarrollo de la electricidad renovable en España; sistema de Incentivos al Calor renovable (ICAREN) para aplicaciones térmicas de las energías renovables, y potenciación del autoconsumo de energía eléctrica generada con renovables, mediante mecanismos de balance neto

En el grupo de propuestas económicas se recogen una serie de programas de ayudas públicas a la inversión en proyectos y actuaciones con un presupuesto total 2011-2020 de 1.037 millones de euros y una serie de programas y líneas de financiación con un total de fondos para préstamos públicos y privados de 2532 millones de euros. Las ayudas públicas a la inversión se orientan a programas de apoyo a la investigación y desarrollo tecnológicos de nuevos prototipos, y a proyectos de demostración tecnológica o de innovación. Una parte de las ayudas se dirige a dos sectores concretos: el del biogás y el geotérmico

En lo referente a las propuestas de normativas, la mayor parte son propuestas horizontales eléctricas y propuestas dirigidas al sector de los biocarburantes. Dichas están orientadas a superar las barreras impuestas por la complejidad de los trámites administrativos, y la falta de adaptación de la normativa a los distintos sectores renovables. Para ello, se simplifican trámites, autorizaciones y ciertos plazos administrativos, necesarios para la puesta en marcha de las instalaciones, la concesión de autorizaciones y las conexiones a red. Estas propuestas incluyen modificaciones del RITE, del CTE, y del REBT, así como la adaptación del marco legal del Régimen especial a diversos aspectos sectoriales.

Además de los grupos de propuestas anteriores, el plan recomienda una serie de actuaciones con el objetivo de favorecer la integración de las energías renovables dentro de las infraestructuras energéticas. Por sectores, estas serían: Actuaciones dentro del ámbito de las infraestructuras eléctricas para conseguir una mayor y mejor integración de las energías renovables en el sistema eléctrico; Actuaciones relativas a la introducción del biogás en las redes de transporte de gas natural; Actuaciones relativas al aumento de la presencia de biocarburantes en la logística de hidrocarburos.

Por último, el grupo de planificación, promoción, información, formación y otras, recoge alrededor de treinta propuestas de diversos tipos, fundamentales para el desarrollo del plan. Destacan las propuestas enfocadas en el análisis de instrumentos para la introducción de cultivos energéticos y movilización de biomasa mediante futuros programas de mejora del marco económico de las distintas fuentes de producción de biomasa.

8.6. MARCO REGULATORIO ACTUAL

En los últimos 10 años, y fundamentalmente en el periodo 2005- 2010, las energías renovables en España han experimentado un gran incremento debido a un sólido marco regulatorio que ha aportado estabilidad a su desarrollo. Una de las claves del éxito de este desarrollo ha sido el fomentar la entrada de las fuentes de energía renovable en el mercado eléctrico con un sistema de apoyo basado en garantizar la compra de la electricidad suministrada con estas fuentes a unos precios competitivos y en garantizar y permitir su conexión y el acceso a la red eléctrica.

En este sentido, la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, el Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, el Real Decreto-ley 6/2009, de 30 de abril, por el que se adoptan determinadas medidas en el sector energético, y el Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de energía eléctrica mediante tecnología fotovoltaica, constituyen el marco normativo sobre el se ha desarrollado la producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables en estos últimos años en nuestro país.

Además de fomentar la entrada de las fuentes renovables al mercado eléctrico también existen otras medidas importantes para este desarrollo como es la obligación del uso de los biocarburantes en el transporte. Esta medida, recogida en la modificación de la Ley de Hidrocarburos en el año 2007 y desarrollada posteriormente en el año 2008, establece la obligación para todos los operadores y distribuidores de productos petrolíferos de acreditar en cómputo anual la incorporación de biocarburantes en un porcentaje mínimo de sus ventas. La obligación de uso ha permitido incrementar significativamente la contribución de los biocarburantes al consumo en el transporte durante estos últimos años, pasando de representar el 0,39% en 2004 al 4,99% en 2010.

Se expone a continuación algunos de los hitos fundamentales del marco regulatorio actual:

8.6.1. LEY 54/1997 DEL SECTOR ELÉCTRICO

La Ley 54/1997, de 27 de noviembre establece un nuevo marco en la regulación del sector eléctrico. En lo referente a la generación de energía eléctrica, se reconoce el derecho a la libre instalación y se organiza su funcionamiento bajo el principio de libre competencia. La retribución económica de la actividad se asienta en la organización de un mercado mayorista.

Para hacer compatible este principio de libre competencia con otros objetivos fundamentales como el de la mejora de la eficiencia energética, la reducción del consumo y la protección del medio ambiente, dicha Ley establece la producción en régimen especial, diferenciado del ordinario, basado en las tecnologías de generación que utilizan las energías renovables, los residuos y la cogeneración.

La actividad de producción de energía eléctrica tendrá la consideración de producción en régimen especial en los siguientes casos, cuando se realice desde instalaciones cuya potencia instalada no supere los 50 MW:

- a. Autoprodutores que utilicen la cogeneración u otras formas de producción de electricidad asociadas a actividades no eléctricas siempre que supongan un alto rendimiento energético.
- b. Cuando se utilice como energía primaria alguna de las energías renovables no consumibles, biomasa o cualquier tipo de biocarburante, siempre y cuando su titular no realice actividades de producción en el régimen ordinario.
- c. Cuando se utilicen como energía primaria residuos no renovables.

8.6.2. REAL DECRETO 661/2007

Desarrolla los principios recogidos en la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, garantizando a los titulares de instalaciones en régimen especial una retribución razonable para sus inversiones. El titular de la instalación puede optar por vender su energía a una tarifa regulada, única para todos los periodos de programación, o bien vender dicha energía directamente en el mercado diario, en el mercado a plazo o a través de un contrato bilateral, percibiendo en este caso el precio negociado en el mercado mas una prima. Los principios sobre los que se desarrolla este Real Decreto son: prioridad de acceso a la red; sistema de primas; compra de energía garantizada; sistema retributivo fijo o variable; revisión de los niveles retributivos cada cuatro años, no retroactividad; estimación de la producción y coste de desviaciones.

Por otra parte, para salvaguardar la seguridad y calidad del suministro eléctrico en el sistema, así como para minimizar las restricciones de producción a aquellas tecnologías consideradas hoy por hoy como no gestionables, se establecen unos objetivos de potencia instalada de referencia, coincidente con los objetivos del Plan de Energías Renovables 2005-2010 y de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España (E4), para los que sería de aplicación el régimen retributivo establecido en este Real Decreto

Se estructura en cuatro capítulos:

- Capítulo I: define su alcance objetivo y se especifica las instalaciones que tienen la consideración de régimen especial, clasificándolas en categorías, grupos y subgrupos. Dicha clasificación, en función de las energías primarias utilizadas, de las tecnologías de producción empleadas y de los rendimientos energéticos obtenidos, es la siguiente:

Tabla 8.6.

Clasificación de las instalaciones que tienen la consideración de régimen especial

Grupo b.1.	Energía solar	b.1.1. Solar fotovoltaica.
		b.1.2. Solar térmica.
Grupo b.2.	Energía eólica	b.2.1. Ubicadas en tierra.
		b.2.2. Ubicadas en el mar territorial
Grupo b.3.	Instalaciones que únicamente utilicen como energía primaria la geotérmica, la de las olas, la de las mareas, la de las rocas calientes y secas, la oceanotérmica y la energía de las corrientes marinas.	
Grupo b.4	Centrales hidroeléctricas cuya potencia instalada ≤ 10 MW	
Grupo b.5.	Centrales hidroeléctricas con potencia > 10 MW y ≤ 50 MW	
Grupo b.6.	Biomasa	b.6.1. cultivos energéticos
		b.6.2. residuos de las actividades agrícolas o de jardinerías.
		b.6.3. residuos de aprovechamientos forestales y otras operaciones silvícolas en las masas forestales y espacios verdes.
Grupo b.7.	b.7.1. biogás de vertederos	
	b.7.2. biogás generado en digestores	
	b.7.3. estiércoles mediante combustión y biocombustibles líquidos	

Tabla 8.6. (continuación)
Clasificación de las instalaciones que tienen la consideración de régimen especial

Grupo b.8.	Biomasa procedente de instalaciones industriales	b.8.1. Sector agrícola.
		b.8.2. sector forestal
		b.8.3. licores negros de la industria papelera
Grupo C.1	Centrales que utilicen como combustible principal residuos sólidos urbanos	
Grupo C.2	Centrales que utilicen como combustible principal otros residuos no contemplados anteriormente	
Grupo C.3	Centrales que utilicen como combustible residuos, siempre que estos no supongan menos del 50 por ciento de la energía primaria utilizada	

- Capítulo II: regula el procedimiento para la inclusión de una instalación de producción de energía eléctrica en el régimen especial el cual se divide en tres secciones: 1ª “disposiciones generales”; 2ª “procedimiento”; y 3ª “registro de instalaciones de producción en régimen especial”

Dicho procedimiento para la inclusión pasa por tres fases: 1) Solicitud de reconocimiento de condición de instalación de producción de energía eléctrica acogida al régimen especial; 2) solicitud de inscripción previa en el registro de instalaciones de régimen especial; 3) solicitud de inscripción definitiva en el registro de instalaciones de régimen especial

- Capítulo III: regula los derechos y obligaciones de los productores en régimen especial.
- Capítulo IV: regula el régimen económico. Permite dos opciones para la venta de la energía, bien mediante el cobro de una tarifa fija regulada (diferente para cada tecnología), bien mediante la percepción de una prima que se añade al precio de mercado

8.6.3. REAL DECRETO 1578/2008 Y REAL DECRETO LEY 6/2009

Establecen mecanismos que permiten regular y planificar el régimen especial tanto en el valor de la potencia incorporada como en el valor de la retribución. Establecen el régimen de preasignación de retribución para las

instalaciones del régimen especial. El primero para la energía fotovoltaica y el segundo para el resto de energías renovables.

La inscripción en el Registro de pre-asignación de retribución será condición necesaria para el otorgamiento del derecho al régimen económico establecido en el Real Decreto 661/2007. Las inscripciones en este registro irán asociadas a una convocatoria, en la que se establecen unos cupos de potencia, dando derecho a la instalación a la retribución que quede fijada en dicha convocatoria.

A tal fin, se propone un objetivo anual de potencia que evolucionará al alza de manera coordinada con las mejoras tecnológicas, Esto debe ir acompañado de un nuevo régimen económico que estimule la evolución tecnológica y la competitividad de las instalaciones a medio y largo plazo.

El Real Decreto 1578/2008 incorpora además un nuevo régimen económico para la tecnología fotovoltaica que pretende reconocer las ventajas que ofrecen las instalaciones integradas en edificios, ya sea en fachadas o sobre cubiertas, como generación distribuida, porque no aumentan la ocupación de territorio y por su contribución a la difusión social de las energías renovables. Para ello, dentro del subgrupo b.1.1 establece a su vez subgrupos con distintos objetivos de potencia y valores de retribución: subgrupo Tipo I.1 para instalaciones integradas en edificios de potencia ≤ 20 kW; subgrupo Tipo I.2 ídem anterior con potencias > 20 kW; subgrupo Tipo II resto de instalaciones.

8.6.4. REAL DECRETO-LEY 14/2010

Este Real Decreto-ley establece medidas con carácter urgente para la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico. En lo que respecta a las energías renovables la medida más importante es la limitación para las instalaciones fotovoltaicas de la máxima energía anual que puede percibir el régimen económico primado. De una indirecta, y con carácter retroactivo, esta medida afecta al régimen económico anteriormente establecido.

8.6.5. REAL DECRETO 1565/2010

Por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial establecidos en los reales decretos 661/2007 y 1578/2008

8.6.6. REAL DECRETO 1614/2010

Por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica a partir de tecnologías solar ter-

moeléctrica y eólica. Se limitan las horas equivalentes de funcionamiento con derecho a prima equivalente o prima y se revisa el régimen económico y las primas establecido en el Real Decreto 661/2007 para estas tecnologías

8.6.7. REAL DECRETO 1699/2011

Establece las condiciones administrativas, contractuales, económicas y técnicas básicas para la conexión a las redes de distribución de energía eléctrica de baja y alta tensión hasta 36 kV de las instalaciones de energías renovables de pequeña potencia, teniendo en cuenta sus especiales características y con la finalidad de establecer una regulación específica que permita el desarrollo de estas actividades.

Simplifica los requisitos para las instalaciones de pequeña potencia que pretendan conectarse en puntos donde exista ya un suministro y se excluyen del régimen de autorización administrativa las instalaciones de producción con potencia nominal no superior a 100 kW.

También es este Real Decreto se anuncia la futura y próxima regulación del suministro de la energía eléctrica producida en el interior de la red de un consumidor para su propio consumo que incentivará el autoconsumo.

Con estas medidas se pretende el desarrollo de la generación distribuida, en base a pequeñas instalaciones, fundamentalmente en el sector terciario y el doméstico que está constituido por numerosos consumidores de pequeñas una son grandes consumidores energéticos en forma de electricidad y calor

8.6.8. REAL DECRETO-LEY 1/2012

Mediante este Real Decreto se suspende, con carácter temporal, todos los procedimientos de preasignación de retribución y los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energías renovables y residuos. La justificación de esta medida está basada en la compleja situación económica y financiera que atraviesa el País y como medio para acometer la resolución del problema del elevado déficit tarifario del sistema eléctrico.

El Real Decreto apuesta por un nuevo modelo de generación distribuida para el desarrollo de las energías renovables. El acercamiento del coste de producción de estas tecnologías al coste de consumo para los segmentos de menor escala, cobra cada vez mayor importancia. Así, el procedimiento para permitir el denominado balance neto de electricidad, pendiente de regulación, constituye una alternativa real para el desarrollo de instalaciones de pe-

queño tamaño a través del fomento del autoconsumo de energía eléctrica. El balance neto se define como un sistema de compensación de saldos de energía que permite a un consumidor que autoproduce parte de su consumo eléctrico, apoyarse en el sistema para “almacenar” sus excedentes. Este sistema, no sometido a incentivos a la producción, formaría parte de un sistema global de gestión de la demanda que incluiría la progresiva implantación de redes inteligentes, sistemas de generación distribuida y el paulatino incremento del autoconsumo.

8.6.9. REAL DECRETO 314/2006

En este Real Decreto se aprueba el Código Técnico de la Edificación. En dicho Código se considera la Directiva 2002/91/CE, donde se establece la obligatoriedad de uso de energías renovables. Introduce el requisito básico “Ahorro de energía” cuyo objetivo es conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento. En la sección HE 4 de dicho Código, se establece una contribución solar mínima de agua caliente sanitaria según cada región de España, considerando sus características climáticas específicas, y volumen de consumo y adicionalmente en la sección HE 5 se establece una contribución solar fotovoltaica mínima para edificios destinados a determinados usos y a partir de un cierto tamaño.

8.6.10. ORDEN ITC/2877/2008

Se crea con el objetivo de alcanzar una utilización mínima del 5,75% de biocarburantes en relación con el consumo de gasolina y gasóleo en el transporte. Establece un mecanismo de fomento del uso de biocarburantes y otros combustibles renovables con fines de transporte y la obligación para todos los operadores y distribuidores de productos petrolíferos de acreditar en cómputo anual la incorporación de biocarburantes en un porcentaje mínimo de sus ventas.

8.7. NORMATIVA ANDALUZA

Al margen de la normativa estatal, que tiene carácter básico, en el ámbito de la Comunidad Andaluza resultan de aplicación las siguientes disposiciones normativas en las que se regula las autorizaciones, permisos y licencias

que resultan necesario obtener para la implantación de las instalaciones de producción de energía eléctrica y las instalaciones de producción de energía térmica (calefacción y/o frigorífica) a partir de fuentes de energía renovable:

- Ley 2/2007, de 27 de marzo, de fomento de las energías renovables y ahorro energético de Andalucía.
- Instrucción 21 de Enero de 2004, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, que regula el procedimiento de puesta en servicio de instalaciones fotovoltaicas conectadas a red.
- Resolución de 23 de febrero de 2005, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, que establece normas complementarias para la conexión.
- Instrucción de 12 mayo 2006, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, que complementa la Instrucción de 21-1-2004, sobre el procedimiento de puesta en servicio de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red.
- Instrucción de 9 octubre 2006, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, que define los documentos necesarios para la tramitación de las correspondientes autorizaciones o registros ante la Administración Andaluza en materia de Industria y Energía.
- Instrucciones 1/2007, conjunta de la Dirección General de Urbanismo y de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, en relación con los informes a emitir por la Consejería de Obras Públicas y Transporte sobre la implantación de actuaciones de producción de energía eléctrica mediante fuentes energéticas renovables previsto en el artículo 12 de la Ley 2/2007.
- Decreto 50/2008, de 19 febrero que regula los procedimientos administrativos referidos a las instalaciones de energía solar fotovoltaica emplazadas en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

8.8. EL NUEVO MARCO LEGAL

Las energías renovables en España se enfrentan en la actualidad a barreras para cumplir la Directiva 2009/28/CE y los objetivos del El Plan de Acción Nacional de Energías Renovables de España (PANER) 2011 – 2020 en 2020. Estas barreras se deben fundamentalmente a las incertidumbres creadas por el Marco Regulatorio Español en los últimos años, con una falta de pre-

visibilidad y con continuos cambios en la regulación. También la posible aplicación de retroactividad en la legislación de las fuentes de energía renovable afecta a la credibilidad en el sector y como consecuencia amenaza a la futura inversión en España con el riesgo de no alcanzar los compromisos adquiridos en materia energética con la Unión Europea.

El Real Decreto-ley 1/2012, comentado en el apartado 8.6.8, suspende, con carácter temporal, el apoyo a la producción de energía eléctrica con fuentes renovables que, de acuerdo con el PANER, será el área de mayor aportación para cumplir los requisitos de la Directiva 2009/28/CE sobre energías renovables. Dicho Real Decreto también apuesta por un nuevo modelo para el desarrollo de la electricidad renovable.

En julio de 2013 el gobierno presentó la reforma del sistema eléctrico, reforma encaminada a corregir el déficit tarifario que, según el propio gobierno, y a pesar de ser España uno de los países europeos con los precios más altos de la electricidad, sigue aumentando como consecuencia fundamental de las primas a las renovables y a la amortización de la deuda del sector.

Estas reformas quedan recogidas en el Real Decreto-ley 9/2013, de 12 de julio, “por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico”.

Una de las medidas regulatorias de esta reforma, tal como se establece en la disposición final segunda de este RD, es la de establecer un nuevo régimen jurídico y económico de la actividad de producción a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos que modificará el modelo retributivo de las instalaciones existentes.

Para articular este nuevo régimen, el RD en su disposición derogatoria única procede a la derogación del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, “por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial” y del Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, “de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología”.

El Ministro de Industria, Energía y Turismo ya ha presentado para su aprobación una propuesta de Real Decreto “por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovable, cogeneración y residuos”.

También se ha presentado una propuesta de Real Decreto “por el que se establece la regulación de las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo”, de regulación del autoconsumo en respuesta al RD 1699/2011 que, en su disposición adicional segunda, daba un plazo de 4 meses al Ministro de Industria, Turismo y Comercio para que elevara al gobierno dicha propuesta de borrador.

La aprobación de ambas propuestas de Reales Decretos supondrá importantes cambios en el sector de las energías renovables tanto para instalaciones de generación para venta de energía como para instalaciones de generación interconectadas con la red de distribución y utilizadas para autoconsumo propio.

En el caso de instalaciones para autoconsumo la propuesta de Real Decreto empeora bastante la rentabilidad de estas instalaciones respecto al marco regulatorio anterior, también se aleja de una de las propuestas de actuación recogidas en el PANER 2011-2020 de potenciación del autoconsumo de energía eléctrica generada con renovables, mediante mecanismos de balance neto.

El PANER 2011-2020 establece unos objetivos y trayectoria estimada de la energía procedente de fuentes renovables en los sectores de la calefacción y la refrigeración, la electricidad y el transporte. En la tabla se muestra la cuota de la energía procedente de fuentes renovables en el consumo final bruto de energía.

Tabla 8.7.

Cuota de la energía final procedente de fuentes renovables

2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
8,3%	13,6%	14,2%	14,8%	15,4%	16,5%	17,4%	18,3%	19,4%	20,4%	21,5%	22,7%

El mayor desarrollo de las fuentes renovables en España corresponderá, como se ha comentado, a las áreas de generación eléctrica, con una previsión de la contribución de las energías renovables a la generación bruta de electricidad del 42,3% en 2020. Para cumplir estos objetivos el PANER propone un conjunto de políticas y medidas entre las que podemos citar las siguientes: simplificación de los procedimientos administrativos de autorización de instalaciones de EERR; favorecer las instalaciones de generación eléctrica a partir de fuentes renovables destinadas al autoconsumo; establecer un marco

retributivo estable, predecible, flexible, controlable y seguro para los promotores y el sistema eléctrico, nueva regulación para facilitar la conexión de las instalaciones de generación eléctrica con energías renovable.

Capítulo 9

EL SECTOR EMPRESARIAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

Julio Terrados Cepeda
Lucía García Bustos

9.1. EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

El sector de las energías renovables en España contaba, en el año 2011, con más de 3.000 empresas, dentro de las distintas actividades como la fabricación de componentes, montaje, instalación y mantenimiento de equipos, calefacción y climatización, diseño de proyectos o generación de energía.

Según los datos recogidos en el estudio “*Empleo asociado al impulso de las Energías Renovables*” realizado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía [IDAE, 2011] en el año 2011, la energía solar fotovoltaica y la solar térmica constituyen las principales actividades de las empresas del sector. Un 54,6% de las empresas desarrollan actividades en el campo de la energía solar fotovoltaica mientras que el 41,8% de ellas lo hacen en el campo de la energía solar térmica. El aprovechamiento energético de la biomasa, así como la energía eólica, también constituyen una parte importante de la actividad empresarial del sector (24,4% y 22,1% respectivamente). Más de tres cuartas partes de las empresas son totalmente independientes. Pero las mayores en términos de empleo son multinacionales de diverso tipo.

Atendiendo al tamaño, las empresas del sector en España son principalmente pequeñas empresas (70% de las empresas no supera los 10 trabajadores y el 94% de los casos no supera los 50 trabajadores).

En cuanto a las actividades concretas en las que trabajan las empresas de energías renovables merecen especial atención las empresas de instalación, seguidas de las ingenierías y actividades relacionadas con el desarrollo de los proyectos. La operación y mantenimiento muestra un porcentaje interesante de actividad, con relativa importancia aparecen también las relacionadas con Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i).

Por otra parte, y en relación a la actividad que realizan, tres de cada cinco empresas dedican más del 75% de su actividad al sector de energías renovables, lo que supone una fuerte vinculación con el mismo. El mayor porcentaje, algo más de la mitad (52,5%) corresponde a aquellas que se dedican exclusivamente a este sector, el resto lo compaginan en diferentes grados con otro tipo de actividades. Por otra parte se puede considerar que una de cada cinco empresas mantiene una baja relación con las energías renovables, ya que sólo alrededor de un 20% de su actividad se sustenta en este sector.

Tal y como ocurre en otras actividades, el sector de las energías renovables presenta una estructura empresarial polarizada desde el punto de vista del tamaño empresarial. Por un lado se encuentran un reducido número de empresas de gran tamaño dedicadas, fundamentalmente, a la fabricación de equipos y componentes eólicos o solares, así como a la producción eléctrica con fuentes renovables, con implantación a nivel nacional y, en algunos casos, internacional. Existe, por otro lado, un amplio colectivo de empresas de pequeño tamaño dedicadas al mantenimiento e instalación de equipos de reducida potencia (cubiertas, instalaciones domésticas, incorporación de equipos en edificaciones, etc.), así como consultorías y promoción de energías renovables. Esta estructura no es sólo propia de un sector emergente, en el que se ha producido un proceso de ebullición empresarial, sino que refleja también la diversidad organizativa a que da lugar una actividad tan diversa, con necesidades de capital y tamaño óptimo muy diferente, y por tanto con barreras de entrada de muy distinto nivel. A esto se une la influencia que en el desarrollo del sector, especialmente de la producción energética, han tenido las empresas tradicionales del sector energético.

Atendiendo a los proveedores, se observa que la mayoría de las empresas tienen como referencia de mercado el ámbito estatal, seguido de la UE. Los clientes principales son grandes empresas, pymes y clientes particulares.

9.2. EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA PROVINCIA DE JAÉN

Para analizar la situación del sector de las energías renovables en la provincia de Jaén vamos a hacer uso de los resultados de un estudio llevado a cabo en la Universidad de Jaén [García Bustos, 2012], que incluía una encuesta directa a las empresas del sector.

Para caracterizar el tejido empresarial de las energías renovables se utilizaron indicadores tales como el número de empresas, los subsectores que abarcan, el tamaño de las mismas, el año de creación, el ámbito geográfico de

trabajo, la actividad que desarrollan dentro del proceso productivo, y el grado de actividad que desarrollan en el ámbito de las energías renovables.

La situación del sector se analizó atendiendo a las variaciones que habían sufrido las empresas en los últimos años, así como las que se prevean en los próximos, en relación al volumen de trabajo y el número de empleados. También valoró la opinión de los encuestados acerca de los factores que han determinado la situación del sector y sobre las circunstancias que pueden favorecer el desarrollo de las Energías Renovables.

9.2.1. LAS EMPRESAS DEL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA PROVINCIA DE JAÉN

Como primera fuente de datos se realizó una consulta, a través de la Cámara de Comercio e Industria de la provincia de Jaén, de la base de datos de empresas provinciales atendiendo bien al código de actividad del CNAE (Clasificación Nacional de Actividades Económicas) o bien sobre el código de actividad IAE (Impuesto sobre Actividades Económicas); dando como resultado de la búsqueda en el primer caso, para el epígrafe 35: Suministro de energía eléctrica, vapor y aire acondicionado, un total de 160 empresas en la provincia de Jaén, y en el segundo caso, para el epígrafe 151: Producción, transporte y distribución de energía eléctrica, 227 resultados en la provincia de Jaén. Se constató que, dado el carácter transversal y multisectorial de las actividades que integran el sector de las energías renovables, no existen bases de datos de empresas consolidadas, ni tampoco existe un epígrafe definido en el CNAE para este sector.

Por otro lado, el sector de las energías renovables no es propiamente una actividad económica, sino que está relacionada con otras actividades económicas como la fabricación de elementos, la construcción e instalación de los sistemas, la producción de energía en sí misma, la distribución, el transporte y la comercialización de energía, entre otras. Este hecho dificulta el análisis específico de este sector a partir de los datos del CNAE 09, ya que las actividades incluidas en los mencionados epígrafes suponen un volumen pequeño en el conjunto de dichas actividades económicas y no quedarían correctamente representadas.

Para paliar esta limitación se consultaron también otras fuentes tales como:

- Organismos oficiales: Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético, Agencia Andaluza de la Energía, Asociación de Productores de Energías Renovables (listados correspondientes al programa PROSOL).

- Portales de empresas de energías renovables: Solarweb, Energíasolar365, Suelo Solar, Portal energía.
- Portales de empresas en general: Info is Info, Industria.vulka.es, páginas amarillas.
- Listado de empresas colaboradoras con la Universidad de Jaén.

El resultado de la consolidación de las distintas bases de datos fue un listado de 151 empresas de la provincia de Jaén que, a priori, desarrollan una parte o la totalidad de su actividad en el sector de las energías renovables.

La distribución territorial de las 151 empresas por municipios no es homogénea. Destaca el municipio de Jaén, que aglutina el 15,2% de las empresas del sector provincial, algo lógico teniendo en cuenta que es la capital de provincia. Además, la provincia de Jaén cuenta con un total de 97 municipios, apareciendo en el listado solamente 46, por lo que se observa que existen municipios en los que no se desarrolla ningún tipo de actividad relacionada con el sector de las Energías Renovables.

Tabla 9.1.

Distribución territorial de las empresas de energías renovables de la provincia de Jaén

MUNICIPIO	Número de empresas	%
ALCALA LA REAL	8	5,3%
ALCAUDETE	3	2,0%
ALDEAQUEMADA	1	0,7%
ANDUJAR	8	5,3%
ARJONA	1	0,7%
ARJONILLA	4	2,6%
BAEZA	1	0,7%
BAILÉN	6	4,0%
BAÑOS DE LA ENCINA	1	0,7%
BEAS DE SEGURA	3	2,0%
BEGIJAR	1	0,7%
CAMPILLO DE ARENAS	1	0,7%
CANENA	2	1,3%
CARCHELES	1	0,7%
CASTELLAR	2	1,3%

Tabla 9.1. (continuación)
Distribución territorial de las empresas de energías renovables
de la provincia de Jaén

MUNICIPIO	Número de empresas	%
CAZORLA	5	3,3%
FRAILES	1	0,7%
FUENSANTA DE MARTOS	2	1,3%
HUELMA	1	0,7%
HUESA	1	0,7%
JABALQUINTO	2	1,3%
JAEN	23	15,2%
JAMILENA	1	0,7%
LA CAROLINA	3	2,0%
LA GUARDIA	1	0,7%
LA IRUELA	1	0,7%
LINARES	7	4,6%
LOS VILLARES	2	1,3%
MANCHA REAL	7	4,6%
MARMOLEJO	2	1,3%
MARTOS	6	4,0%
MENGIBAR	6	4,0%
MONTIZON	1	0,7%
NOALEJO	1	0,7%
PEGALAJAR	1	0,7%
POZO ALCON	3	2,0%
PUENTE DE GENAVE	2	1,3%
QUESADA	2	1,3%
SANTISTEBAN DEL PUERTO	2	1,3%
TORRE DEL CAMPO	5	3,3%
TORREBLASCO PEDRO	1	0,7%
TORREDONJIMENO	2	1,3%
TORREPEROGIL	1	0,7%
UBEDA	10	6,6%
VILLACARRILLO	3	2,0%
VILLANUEVA DEL ARZOBISPO	3	2,0%
TOTAL	151	100,0%

9.2.2. CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA PROVINCIA DE JAÉN

A partir de esta totalidad de empresas existentes en la provincia, de acuerdo a las bases de datos consultadas, para el estudio se seleccionó una muestra representativa del sector, teniendo en cuenta que estuviesen presentes todos los ámbitos energéticos, así como las diferentes áreas de actividad en las que se desarrollan las energías renovables. Fueron seleccionadas cincuenta empresas. Las empresas de esta muestra fueron contactadas telefónicamente para hacerles llegar un cuestionario diseñado de forma específica para este estudio.

Año de creación

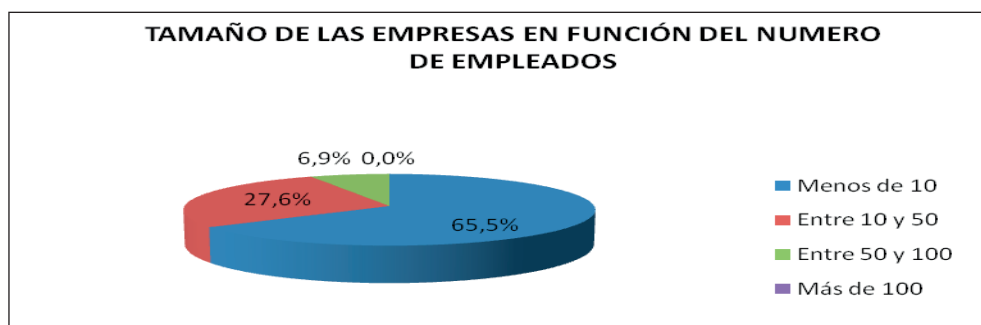
El primer punto abordado en las encuestas fue el año de creación de las empresas, para estimar la “edad” que tiene el sector de las energías renovables en la provincia de Jaén. Como resultado obtenemos que el año medio de creación de las empresas es 2001, lo que indica que se trata de un sector empresarial relativamente joven, y cuyo desarrollo se ha producido fundamentalmente en los últimos diez años, con un 65% de las empresas creadas en este periodo. Además, cabe destacar que el año 2008 fue el año en el que más empresas fueron creadas, coincidiendo este con el “boom” del sector fotovoltaico.

Tamaño de las empresas

A continuación se analizó el tamaño de las empresas del sector en función del número de empleados. Para ello, agrupamos las empresas por tramos en función del número de empleados, de tal forma que podamos obtener mayor información, obteniendo los siguientes resultados:

Figura 9.1.

Tamaño de las empresas en función del número de empleados



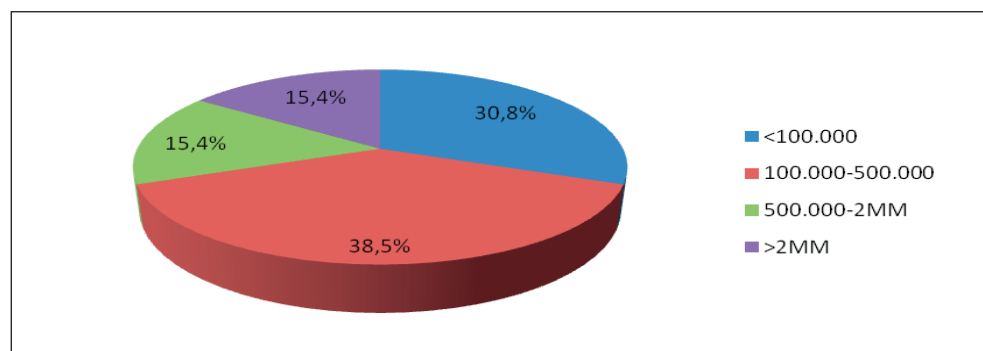
Más del 65% de las empresas encuestadas se sitúan en el tramo de menos de 10 trabajadores y el siguiente tramo con mayor proporción es el comprendido entre 10 y 50 empleados, con un 27,6%. Por tanto, se puede afirmar que más del 90% de las empresas encuestadas cuentan con menos de 50 empleados, lo que indica que las pymes tienen buena parte del protagonismo dentro del sector de las energías renovables en nuestra provincia. Por otro lado, vemos que ninguna de las empresas tiene más de 100 trabajadores en su plantilla.

Estos datos son coherentes con los datos a nivel nacional analizados en el apartado 9.1.

Si analizamos el tamaño de las empresa en función de la facturación anual, encontramos que la mayoría de las empresas encuestadas (más del 65%) no superan los 500.000 €.

Figura 9.2.

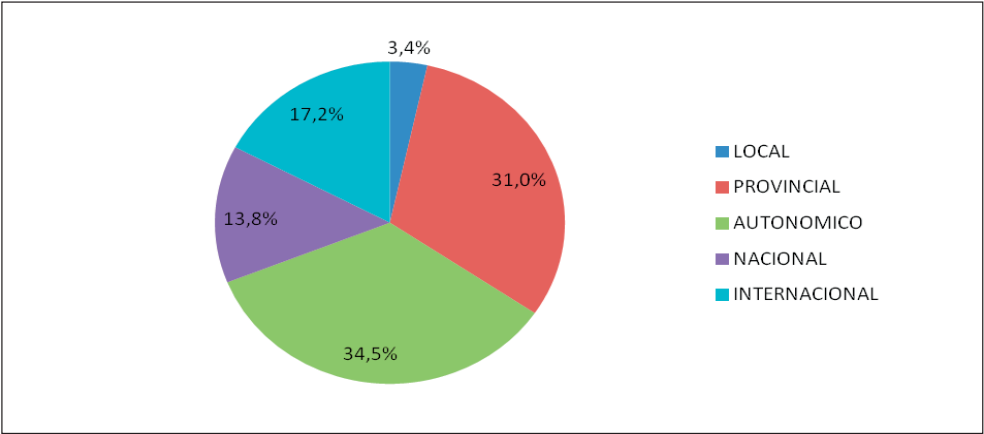
Tamaño de las empresas en función de la cifra de negocio



Ámbito geográfico de la actividad

En relación al ámbito geográfico de trabajo, cabe destacar que la mayoría de las empresas realizan su actividad dentro de la provincia o la comunidad autónoma. Una minoría de ellas (3,4%) indica que desarrollan su actividad en el ámbito local, generalmente estas son las que se dedican a la generación de energía eléctrica. Existe un porcentaje de empresas que se han expandido geográficamente y hoy día trabajan en el ámbito nacional o internacional.

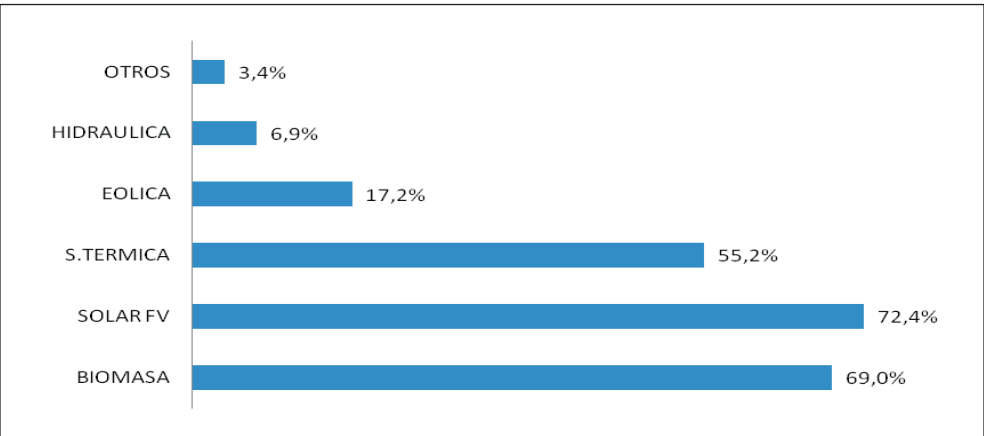
Figura 9.3.
Ámbito geográfico de la actividad



Subsector de actividad y actividades desarrolladas

Respecto a la distribución de las empresas por subsectores renovables, cabe destacar que la inmensa mayoría de las empresas encuestadas se incluyen en varios subsectores renovables, principalmente las que tienen entre sus actividades la instalación de equipos. En concreto, un 62% de las empresas están dedicadas a más de un subsector. En el siguiente gráfico se detallan estos datos:

Figura 9.4.
Subsector de la actividad

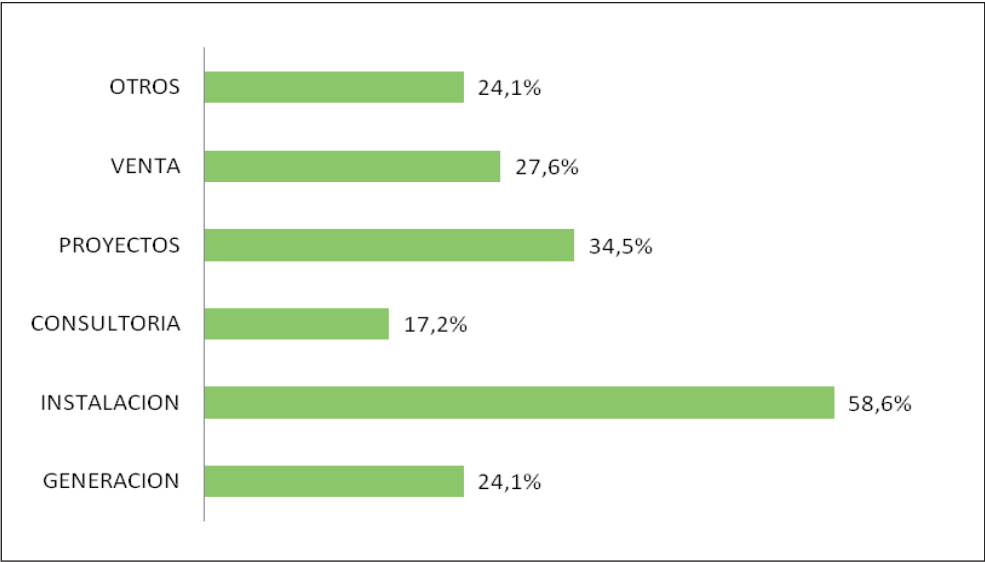


La gran mayoría de las empresas tienen como campo de aplicación la energía solar (térmica y fotovoltaica), y el aprovechamiento energético de la biomasa, como era de esperar, siendo estos subsectores los que cuentan con un mayor potencial en la provincia. La energía eólica y la hidráulica también cuentan con representación en la provincia de Jaén, con un 17% y 7% de empresas que las desarrollan respectivamente.

Otro aspecto de interés en la caracterización de las empresas del sector son las diferentes actividades dentro del proceso productivo a las que se dedican las empresas. De las 27 empresas encuestadas, las actividades que más se repitieron fueron la instalación y mantenimiento de equipos seguida del desarrollo de proyectos e ingeniería. En el siguiente escalón, encontramos actividades que están representadas con un peso más o menos equitativo, como son la generación de energía, la venta de equipos o productos y la fabricación de componentes o productos, generalmente representada en el apartado otros. Por último, con un porcentaje menos representativo que los anteriores, encontramos las empresas que se dedican a la consultoría y asesoría de clientes.

En este apartado, también hay que destacar que más de la mitad de las empresas encuestadas incluye entre sus actividades varias de las categorías indicadas. Los datos concretos se detallan en el siguiente gráfico:

Figura 9.5.
Áreas de actividad



Grado de dedicación a las energías renovables

La última cuestión a evaluar de este bloque es el grado de dedicación a las energías renovables dentro de las empresas. Esto lo hemos hecho a través del porcentaje de la cifra de negocio correspondiente a trabajos realizados con energías renovables. Observamos que una mayoría de ellas (55%), dedican más del 75% de su actividad al sector, pero hay que aclarar que las empresas que se engloban dentro de este porcentaje han indicado que la totalidad de sus trabajos son realizados con energías renovables, por lo que podemos confirmar que el 55% de las empresas encuestadas dedican el 100% de su actividad a este sector. Por otro lado, se puede considerar que el 28% de las mantiene una baja relación con el sector de la energías renovables ya que menos del 30% de su actividad se sustenta en este el sector.

9.2.3. OPINIÓN DEL SECTOR SOBRE SU EVOLUCIÓN Y LAS PERSPECTIVAS FUTURAS

En este apartado pretendemos conocer como ha sido la evolución de las empresas del sector en los últimos cuatro años y sus perspectivas de futuro, ya que es en este periodo en el que más cambios legislativos han afectado al sector, sobre todo a nivel nacional. Para ello, nos centramos en las variaciones que han sufrido en relación al volumen de trabajo y al número de empleados.

En lo que respecta a las variaciones del volumen de trabajo, la tendencia general de los últimos cuatro años es la disminución de los trabajos realizados, en concreto un 51,7% de las empresas encuestadas han sufrido esta situación. Aunque también, existen empresas que han visto aumentado este factor o al menos se han mantenido, la mayoría de las veces gracias a una expansión geográfica de la empresa (Figura 9.6.).

En cuanto a las variaciones de plantilla, se contempla la misma tendencia de disminución, aunque el porcentaje que se observa es algo menor, por lo que se podría deducir que en cierta medida se han intentado evitar despidos e intentar mantener el número de empleados. Como en el caso anterior, también hay empresas que contemplan un aumento de plantilla o un mantenimiento de la misma (Figura 9.7.).

En relación a las causas de las variaciones experimentadas por las empresas se proponen tres cuestiones fundamentales: la crisis económica, los cambios legislativos y el estancamiento del sector, ya que consideramos que estos son las razones que más severamente han castigado a las empresas del sector. No obstante, se deja la pregunta abierta con la opción “otros factores”, ya que como hemos comprobado, existen empresas que han sufrido cambios

Figura 9.6.
Variación del volumen de trabajo (2008-2012)

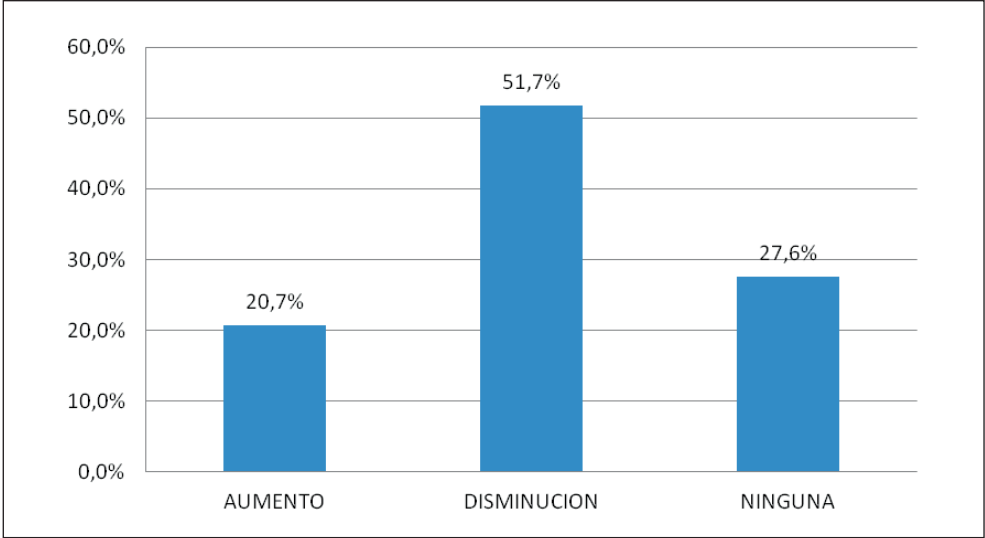
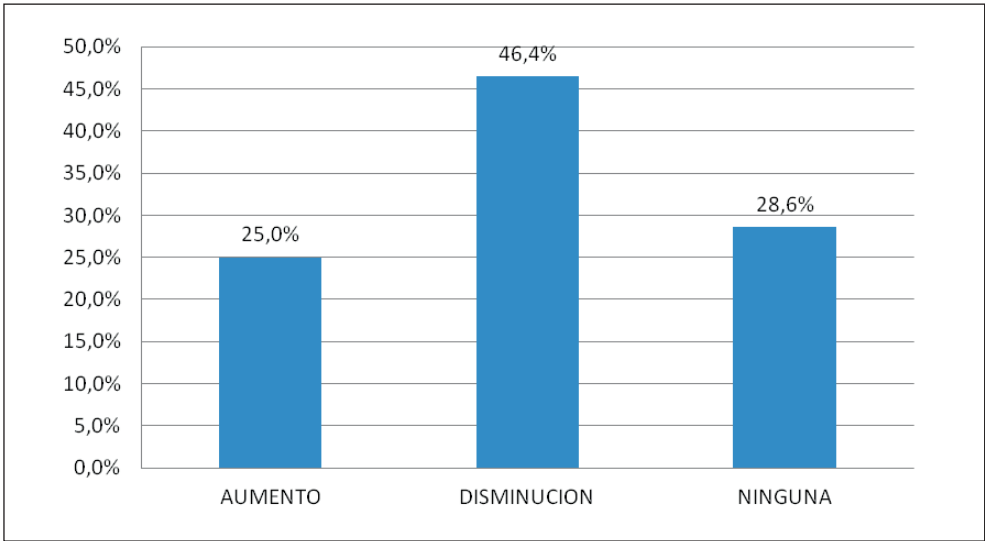


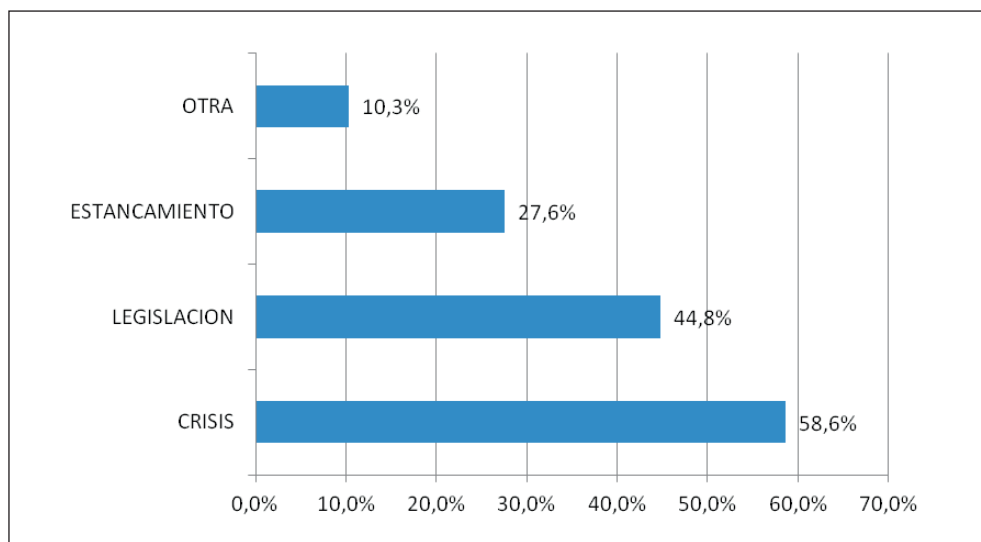
Figura 9.7.
Variación del número de empleados (2008-2012)



positivos o no han sufrido ninguna modificación. El resultado de los datos obtenidos se muestra en el siguiente gráfico.

Figura 9.8.

Causas de la situación actual del sector

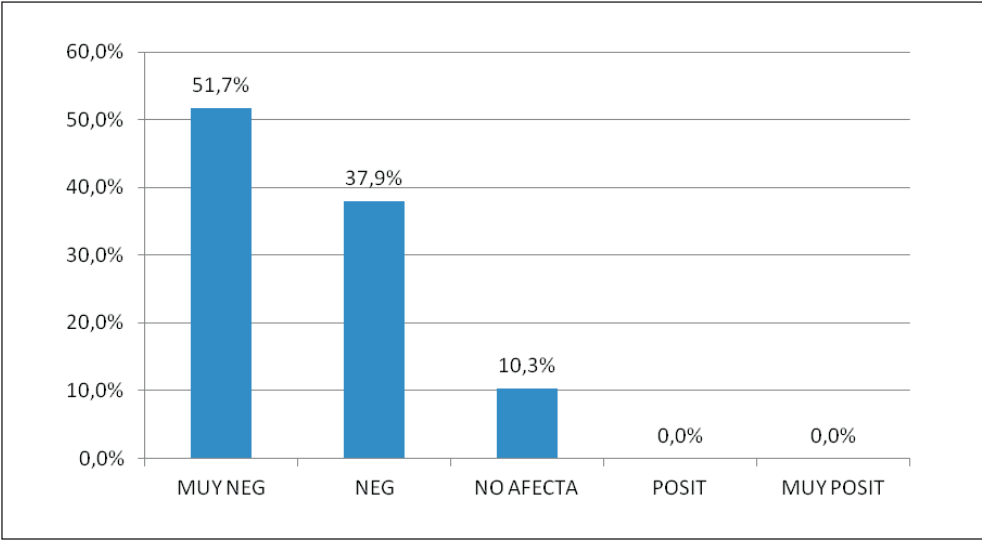


En primer lugar, apuntamos que algunas de las empresas han seleccionado varias opciones, de ahí los porcentajes obtenidos. La causa que mayor peso ocupa para las empresas es la actual crisis económica, a la cual han apuntado casi el 60% de las empresas encuestadas, seguida de los cambios legislativos adoptados por el gobierno, que también ha sido elegida por casi la mitad de las empresas. El estancamiento del sector está representado en un 27% de las empresas encuestadas. En cuanto a la opción de “otros factores”, se encuentran por un lado las empresas que la han elegido por no haber experimentado variaciones, y por otro, encontramos diversas opiniones de empresas que han experimentado cambios positivos, como el aumento de la demanda por parte de la población para el caso concreto de empresas dedicadas a la fabricación de pelets, o el auge del sector.

Hemos querido hacer hincapié en el tema de los cambios legislativos que han afectado al sector, ya que los consideramos el factor que más incertidumbre crea en España para el desarrollo de las Energías Renovables en con-

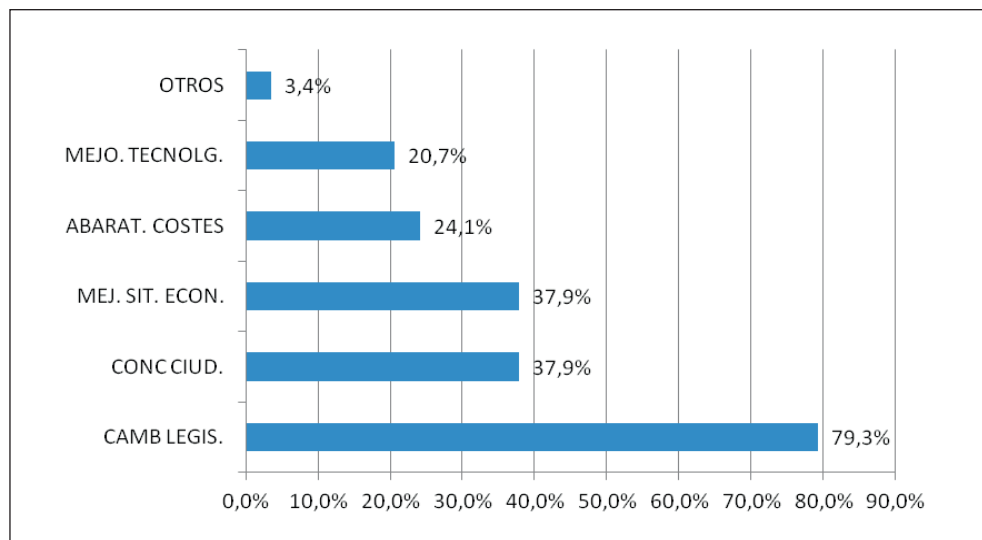
creto. Para ello, se ha valorado el grado de influencia que han tenido sobre el sector, según la opinión de las empresas encuestadas. Los resultados de la se presentan en el siguiente gráfico:

Figura 9.9.
Grado de impacto de los cambios legislativos



Se observa que la respuesta contundente a esta pregunta es que desde luego, los últimos pasos que se han dado en cuanto a la legislación no favorecen para nada el desarrollo del sector, como era de esperar. Una minoría de las empresas encuestadas considera que los cambios legislativos no han afectado al sector, y ninguna empresa piensa que estos cambios hayan sido favorables.

Para concluir el estudio, hemos querido valorar las circunstancias que se han de dar a distintos niveles para favorecer el desarrollo de las Energías Renovables. En concreto, hemos planteado cinco factores clave que incumben al sector: cambios en la legislación, concienciación ciudadana, mejora de la situación económica general, abaratamiento de los costes y mejoras tecnológicas. Se incluye en este apartado la opción de “otros factores” para que las empresas que consideren otras circunstancias lo reflejen de igual modo. Los resultados de esta cuestión se presentan en el siguiente gráfico:

Figura 9.10.**Circunstancias que pueden favorecer el desarrollo de las Energías Renovables**

En primer lugar, indicar que la mayoría de las empresas ha seleccionado varias de las opciones propuestas. Como se observa, lo primero que consideran las empresas encuestadas que hay que realizar son los cambios legislativos, que mantienen al sector en una situación de incertidumbre. Con un porcentaje menor, encontramos que es necesaria la concienciación por parte de los ciudadanos y por supuesto, una mejora de la situación económica general para que las empresas salgan a flote. Seguidamente, casi una cuarta parte de las empresas consideran que el abaratamiento de los costes de las renovables es necesario para su desarrollo. Por último, el 20% de las empresas opinan que también han de llevarse a cabo mejoras tecnológicas.

9.3. IMPACTO DE LOS CAMBIOS LEGISLATIVOS Y LA CRISIS ECONÓMICA EN EL SECTOR

Los cambios legislativos introducidos en los últimos años, y en concreto la publicación del Real Decreto Ley 1/2012, de 27 de enero, por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía

renovables y residuos, ha supuesto la paralización de un número importante de proyectos de instalaciones de energías renovables que estaban en distintas fases de su desarrollo en la provincia de Jaén.

De acuerdo a los datos facilitados por la Delegación Provincial de Industria, esta paralización afecta a 142 proyectos que se encontraban en desarrollo y que en estos momentos no pueden acceder al sistema de preasignación. La mayor parte de estos proyectos son del área de energía solar fotovoltaica (125), mientras que 8 proyectos son de biogás y 4 del áreas de biomasa (Tabla 9.2). En total la potencia acumulada de 191,69 MW, con especial incidencia los 60,9 MW en dos proyectos de energía eólica y un proyecto de energía termosolar.

Tabla 9.2.

Proyectos afectados por el RDL 1/2012 en la provincia de Jaén

TECNOLOGÍA	Nº de Instalaciones	Potencia(MW)
BIOGÁS	8	3,8
BIOMASA	4	32
EÓLICA	2	60,9
FOTOVOLTAICA	125	40,99
HIDRÁULICA	1	1,6
TERMOSOLAR	1	49,9
RESIDUOS	1	2,5
TOTAL	142	191,69

FUENTE: Delegación Provincial de Industria.

En el capítulo siguiente se analizará detalladamente el impacto de los cambios legislativos para cada una de las tecnologías con mayor implantación en la provincia de Jaén.

Capítulo 10

IMPACTO DE LOS CAMBIOS LEGISLATIVOS EN EL SECTOR

Eulogio Castro Galiano
Leocadio Hontoria García
José Antonio La Cal Herrera
Blas Ogáyar Martínez
Pedro Jesús Pérez Higuera
David Pozo Vázquez

10.1. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Prácticamente desde sus inicios, y salvo algunas excepciones, el desarrollo y despegue de la energía solar fotovoltaica en España (y por ende en Jaén) ha estado muy influido por la legislación vigente (y todos sus cambios realizados). Hay que destacar que la legislación en algunos casos ha influido muy positivamente sobre el sector fotovoltaico, permitiendo una expansión y desarrollo realmente importante, cuando se favorecieron estas instalaciones y se concedieron primas a la producción fotovoltaica.

En la siguiente gráfica puede observarse como han influido las diferentes normativas y reales decretos sobre la potencia fotovoltaica instalada.

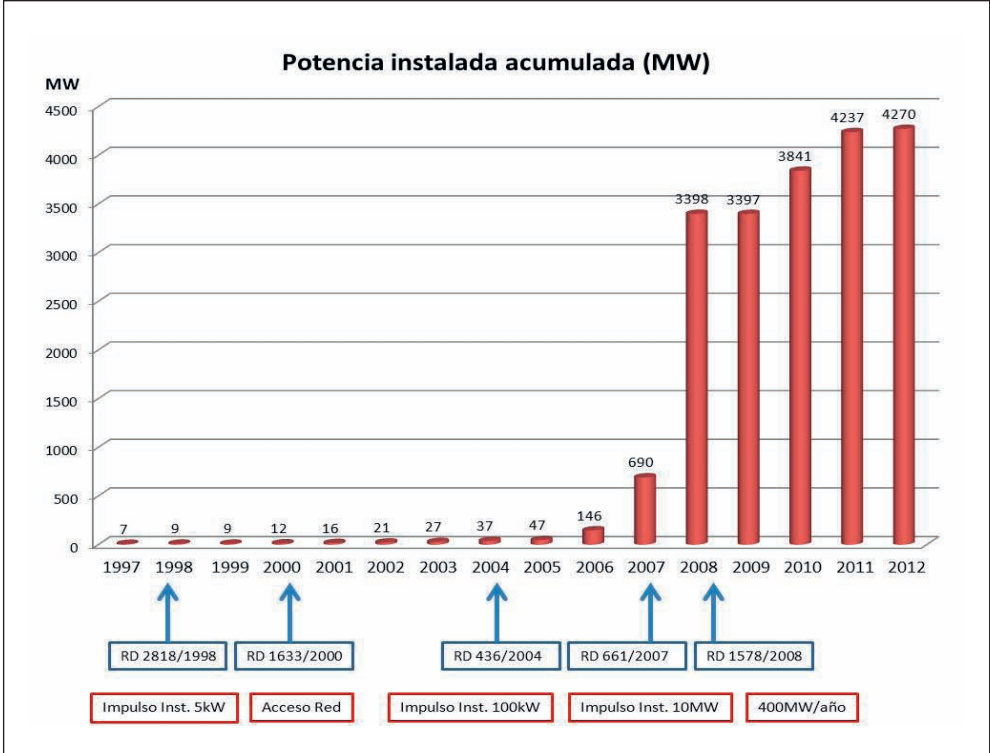
En términos de potencia instalada, después del “boom” experimentado en el año 2008 con un crecimiento del 392% y la paralización experimentada en el año 2009, los años 2010 y 2011 fueron años de crecimiento sostenido del 13,1% y del 10,3% respectivamente. Sin embargo, la entrada en vigor en el año 2012 del Real Decreto-ley 1/2012 ha ocasionado una paralización general del sector en nuestro país y está obligando a las empresas a reestructurarse o a buscar salidas en los mercados exteriores (Figura 10.1).

Sin embargo en la actualidad el escenario ha cambiado radicalmente. Se puede decir que la tecnología fotovoltaica es una tecnología madura y actualmente ya es competitiva en aplicaciones de autoconsumo. Se cuenta en la actualidad con varias instalaciones rentables que reciben ningún tipo de ayuda o régimen especial. En el siguiente mapa se pueden ver el número de instalaciones mencionadas, repartidas a lo largo de España (Figura 10.2).

Llegados a este punto es necesario comentar nuevos conceptos que están surgiendo en el sector fotovoltaico como son el autoconsumo y el balance neto [Alonso et al. 2012].

Figura 10.1.

Influencia Reales Decretos sobre Potencia Fotovoltaica acumulada en España



FUENTE IDEA-Photon Internacional. Gráfica Elaboración propia.

Por Autoconsumo se entiende aquella situación en la que una instalación fotovoltaica genera energía para cubrir parte o todo el consumo. Como ya se ha comentado previamente, normalmente existe un desfase entre la producción de energía y el consumo, debido principalmente a la estacionalidad y variabilidad de la radiación solar recibida. Existen por tanto varias posibilidades:

- a. Cuando la energía producida por el generador fotovoltaico es menor que el consumo, toda la energía FV se autoconsume acoplada con la generación y es necesario un aporte de la red eléctrica convencional para cubrir la diferencia.
- b. Cuando la energía producida por el generador fotovoltaico es igual que el consumo, no habrá demanda de la red eléctrica convencional, y

Figura 10.2.
Instalaciones en régimen de autoconsumo



FUENTE: Energética XXI.

- c. Cuando la energía producida por el generador fotovoltaico es mayor que el consumo, existirá un excedente eléctrico que debería poder ser inyectado a la red eléctrica convencional.

El otro concepto importante es el Balance Neto. Se puede entender el balance neto como aquel mecanismo mediante el cual se puede compensar la energía que exceda el nivel de autoconsumo instantáneo para recuperarla más tarde. Por ejemplo, en el caso que nos ocupa podría haber excedente en la horas centrales del día, que es cuando hay más generación de energía por el sistema fotovoltaico, pero por lo general menos consumo, que sería vertido a la red, y por la noche, al no haber producción por el sistema fotovoltaico, pero si necesidad de consumo, recuperar el excedente inyectado a red.

Es en este punto donde los cambios legislativos están afectando seriamente al sector, puesto que actualmente sí existen varias normas que se refieren al *autoconsumo*, como el Real Decreto 1699/2011 o el Real Decreto 1955/2000. El primero de los mencionados indica las condiciones para la conexión en redes interiores, el segundo indica la regulación de la distribución. Sin embargo, sigue pendiente de regulación sobre cómo actuar en relación al balance neto.

Para finalizar este apartado destacamos los comentarios realizados por José Donoso [UNEF, 2012], Director General de la Unión Española Fotovoltaica (UNEF), quien desde la UNEF apuesta por un sistema de balance neto en el que se excluya cualquier límite de tamaño a las instalaciones fotovoltaicas, pago de todos los peajes correspondiente por el uso de las redes eléctricas y aprovechamiento compartido de la misma instalación de autoconsumo.

10.2. ENERGÍA DE LA BIOMASA

En general, el menor desarrollo de la biomasa en relación a otras tecnologías renovables como la solar fotovoltaica o la eólica, es debido a multitud de condicionantes, principalmente de tipo económico, que afectan a toda la cadena de producción y consumo.

La biomasa se caracteriza por su producción dispersa en el espacio, la falta de un mercado organizado para la comercialización, la estacionalidad con la que se producen determinados residuos agrarios, así como la complicada logística necesaria para su aprovechamiento final. Además, a todo ello hay que añadir los costes asociados, tanto a su producción como al transporte hasta el punto de consumo. Por último, cabe citar su heterogeneidad tanto en cuanto a la diversidad de fuentes como de aplicaciones tecnológicas.

Los factores que interfieren en el desarrollo de la biomasa pueden ser de carácter tecnológico, relacionados con el mercado de materias primas, de índole administrativa o reglamentaria, de índole económica, de logística, de carácter medioambiental y social. Aparte de los económicos, quizás sean los de tipo administrativo y normativo los que más afecten al desarrollo de la biomasa para generación de energía eléctrica, entre ellos cabe el Real Decreto-Ley 1/2012, de 27 de enero, por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a

partir de cogeneración, fuentes de energías renovables y residuos (BOE núm. 24 de 27 de enero).

Este Real Decreto-ley 1/2012 ha afectado de una manera transversal a todos los eslabones de la cadena de valor, si bien su incidencia mayor hay que buscarla en la generación de energía eléctrica, puesto que han quedado paralizados algunos proyectos como por ejemplo el previsto para Torredonjimeno, en las antiguas instalaciones de la cementera Holcim. También ha afectado a empresas de logística y suministro, a ingenierías, etc.

En cualquier caso, para abordar esta cuestión de una manera global es necesario distinguir entre las diferentes aplicaciones tecnológicas de la biomasa, es decir, generación de energía eléctrica, usos finales térmicos y producción de biocombustibles sólidos y líquidos. En el caso de la generación de energía eléctrica, lo más importante, además del citado Real Decreto-Ley, es el llamado “Régimen Especial” (RD 661/2007). También le afectará el RD 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a la red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia (BOE núm. 295 de 8 de diciembre de 2011); especialmente a algunas tecnologías como la biogás o la gasificación.

En el caso de los usos finales térmicos, las normativas que más pueden afectar al desarrollo de la biomasa son las siguientes:

- Real Decreto 233/2013, de 5 de abril, por el que se regula el Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria, y la regeneración y renovación urbanas, 2013-2016. Varios de los programas incluyen ayudas que pueden ser percibidas por las instalaciones de biomasa. Estas ayudas serán gestionadas por las Comunidades Autónomas.
- Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio. Incluye temas de biomasa.
- Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. Va a ser importante ya que con biomasa se obtiene la calificación energética A en la mayoría de los casos.
- Nota del Ministerio incluyendo la próxima LINEA IDAE-Programa de ayudas a proyectos integrales de ahorro y eficiencia energética en edificios de viviendas (todavía en elaboración).

- Plan Nacional de calidad del aire y protección de la atmósfera 2013-2016. Debe leerse detenidamente el tema de emisiones en el sector residencial con biomasa, pero además hay una medida de promoción del uso de restos de podas para biomasa para evitar su quema.

Desde el punto de vista de la generación eléctrica, la principal normativa aplicable es la siguiente:

Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia. También será de aplicación a las instalaciones de régimen ordinario y régimen especial de potencia no superior a 1000 kW de las tecnologías contempladas en la categoría a) y de los subgrupos b.6, b.7 y b.8 del artículo 2 del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, que se conecten a las líneas de tensión no superior a 36 kV de la empresa distribuidora, bien directamente o a través de una red interior de un consumidor.

Según APPA (2011), el Real Decreto-ley 1/2012 en relación con la biomasa supone lo siguiente:

- Una paralización de proyectos ya iniciados con fuertes inversiones en el medio rural
- Un impacto negativo en la creación de empleo en los sectores agrícola, ganadero y forestal
- Unas consecuencias negativas en la emisión de CO₂ y de incendios forestales
- Un incumplimiento de los objetivos recogidos en las diferentes planificaciones energéticas, más si cabe cuando la biomasa no había alcanzado los objetivos inicialmente fijados

Además, tiene en cuenta otras consideraciones tales como que no son tenidas en cuenta las externalidades, especialmente las de tipo ambiental; que la biomasa es una energía gestionable, a diferencia de la solar o la eólica; o que las tarifas de la biomasa son realistas y se sitúan en el entorno de 0,1763 €/kWh frente a los 0,15 €/kWh que pagan los consumidores en el recibo de la luz.

Por último, en relación a los biocarburantes, su desarrollo continúa por debajo de lo establecido en el Real Decreto 459/2011, de 1 de abril, por el que se fijan los objetivos obligatorios de biocarburantes para los años 2011, 2012 y 2013, estipulados en el 6,2%, el 6,5% y el 6,5% respectivamente.

Ello es debido, por un lado a la entrada de biocarburantes de otros países más baratos que los nacionales por el llamado efecto “dumping”, que ha obligado a cerrar prácticamente todas las plantas de biodiesel en España, entre ellas las de Jaén; y, por otro, a la falta de infraestructuras de puntos de venta, que en el caso de la provincia de Jaén no existe ninguna.

10.3. ENERGÍA EÓLICA

Según se establece en el PANER (Paner, 2011), se debe alcanzar los 38000 MW de potencia eólica instalada en España en 2020, como parte de la estrategia para cumplir con objetivos Europeos de llegar a un 20% de consumo final de energía renovable en el año 2020. Sin embargo los cambios legislativos de los dos últimos años, unidos a la crisis económica, han incidido muy negativamente en el sector eólico español y andaluz en particular.

El principal freno para el sector ha sido la aprobación del decreto RDL/ 1/2012 de 27 de enero de 2012, por el que se procede a una “*supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción eléctrica a partir de renovables*”. El decreto en la práctica suspende la incorporación de nuevas instalaciones en el registro de pre-asignación de retribución. Si bien desde el gobierno se advierte que es una supresión “*temporal*”, en la práctica el decreto ha motivado la paralización del desarrollo de unos 7000 MW en España adjudicados en concurso, que no está claro cómo y cuándo se van a poder desarrollar (Energías Renovables, marzo 2012).

En el caso de Andalucía hay 1194 MW adjudicados en concurso y ahora paralizados, con planes industriales asociados. La inversión requerida para la construcción de estos 57 nuevos parques eólicos en Andalucía estaba cifrada en aproximadamente de 1.433 millones de euros y hubiera generado alrededor de 3.400 empleos directos e indirectos durante un año. Una vez que estos complejos eólicos se hubieran puesto en funcionamiento, hubieran sido capaces de crear alrededor de 180 puestos de trabajo. De los 57, 15 estaban ubicados en Granada, otros 15 en Cádiz, 11 en Sevilla, 6 en Almería, otros 6 en Málaga y dos tanto en Huelva como en Jaén.

En el caso concreto de Jaén, los dos parques paralizados ya pre-asignados son el Parque Eólico Sierra de la Cabrita y el Parque Eólico de Cerro del Viento. El primero de ellos está entre los términos municipales de Larva y Cibra de Santo Cristo. Este parque hubiera tenido una potencia de 37,8 Mw, con una inversión prevista de 45,3 millones de euros. El otro está situado entre los términos municipales de Martos, Los Villares y Fuensanta de Martos, con una

potencia de 23 MW y una inversión prevista de 27.7 millones de euros. Entre los dos se estima hubieran tenido una repercusión de 200 personas trabajando a tiempo completo durante su construcción.

Además de estos dos parques, existen otros tres con aprobación por parte de la Junta de Andalucía, a la espera de entrar en pre-asignación. Son los parques de Llanos de Palancares, que está en el término municipal de Larva; La Estación, que está previsto en Cabra de Santo Cristo y Parque Eólico de Pozo Alcón, que estaría en este mismo municipio.

La Consejería de Economía, Innovación y Ciencia estima que la supresión de las primas para las iniciativas de energía limpia deja en el aire 2.265 empleos y una inversión de 718 millones de euros para Jaén (Diario Jaén, 16-2-2012). De estos, aproximadamente 70 millones y 200 empleos corresponden a las iniciativas eólicas paralizadas.

Aunque la paralización sea temporal, no está claro que, una vez se cancele esta paralización, las condiciones económicas sean las mismas que existían en el momento de adjudicación de los concursos y evaluación de los proyectos. El resultado es que muchas de estas inversiones están ahora muy lejos de llevarse a cabo, sobre todo teniendo en cuenta la incertidumbre que provoca en el sector eólico la aplicación de políticas de cambios retroactivos en la primas, como ha sucedido con las primas a la energía solar fotovoltaica.

10.4. ENERGÍA MINIHIDRÁULICA

10.4.1. SITUACIÓN ANTERIOR AL RD-LEY 1/2012

La actividad de producción en régimen especial es regulada por el Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo. Con este Real Decreto se establecía un nuevo régimen jurídico y económico que regulaba la producción energética en régimen especial.

La generación energética a través de la energía minihidráulica se engloba, según R.D. 661/2007 en el grupo b.4., correspondiente a centrales hidroeléctricas cuya potencia instalada no es superior a 10 MW, es decir centrales minihidráulicas.

En la Orden IET/3586/2011, de 30 de diciembre, se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2012 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial. En el caso particular de la energía minihidráulica

los valores de las tarifas, primas y límites quedaban tal y como se muestran en la tabla:

Tabla 10.1.

Tarifas y primas a partir del 1 de enero de 2012 para la minihidráulica

Grupo	Plazo	Tarifa Regulada (c€/kWh)	Prima de referencia (c€/kWh)	Límite Superior (c€/kWh)	Límite Inferior (c€/kWh)
b.4	Primeros 25 años	8,6565	2,7795	9,4557	7,2360
	A partir de entonces	7,7909	1,4920		

Es decir las instalaciones de régimen especial podían escoger entre la tarifa regulada y la prima de referencia. La tarifa regulada era única para todos los periodos de programación, es decir, la energía generada siempre era vendida por el mismo precio, para el caso de la minihidráulica los primeros 25 años esta retribución era mayor, de tal manera que permitía mejorar la rentabilidad de los proyectos de inversión de minicentrales.

La energía generada podía ser vendida también en el mercado diario, en el mercado a plazo o a través de un contrato bilateral, en este caso, se percibía el precio negociado en el mercado más la prima indicada en la tabla, la cual es mayor para los 25 primeros años de vida del proyecto. Se observa que los valores de las primas en el caso de la minihidráulica no son muy altos, exactamente 2,7795 c€/kWh para los primeros 25 años.

Cuando la energía era vendida directamente en el mercado, se establecían unos límites máximos y mínimos para la suma del precio horario del mercado diario, más la prima de referencia, de forma que la prima a percibir en cada hora, quedaba acotada en función de dichos valores. Esto permitía proteger al promotor cuando los ingresos derivados del mercado eran excesivamente bajos, y eliminaba la prima cuando el precio de mercado era suficientemente elevado como para garantizar la cobertura de sus costes.

10.4.2. PUBLICACIÓN DEL RD-LEY 1/2012

Aproximadamente un mes después de la publicación de la Orden IET/3586/2011, de 30 de diciembre, se aprobó el Real Decreto-ley 1/2012,

de 27 de enero, por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos.

En él se suprimen los incentivos económicos para las nuevas instalaciones de régimen especial previstos en el RD 661/2007. Por lo tanto, y particularizando en el caso de la minihidráulica, desaparece la tarifa regulada y la prima de referencia, en la siguiente tabla se muestra los precios de venta de energía de la tarifa regulada, y el precio medio del mercado diario, para el caso de la energía minihidráulica:

Tabla 9.2.
Comparativa venta de energía minihidráulica-fotovoltaica

Grupo	Tecnología	Plazo	Tarifa Regulada (c€/kWh)	Mercado diario (c€/kWh)
b.4	Minihidráulica	Primeros 25 años	8,6565	≈5
		A partir de entonces	7,7909	

Teniendo en cuenta los datos mostrados en la tabla superior, puede decirse que el impacto de la nueva legislación sobre la energía minihidráulica no es muy importante, a diferencia de lo que ocurre con otras tecnologías renovables, como puede ser la fotovoltaica, en la cual la diferencia entre el precio de venta del kWh con la tarifa regulada es casi 10 veces mayor que el del mercado diario.

Capítulo 11

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DERIVADAS DEL ESTUDIO

Eulogio Castro Galiano / Pedro Gómez Vidal
Leocadio Hontoria García / José Antonio La Cal Herrera
Blas Ogáyar Martínez / Pedro Jesús Pérez Higuera
David Pozo Vázquez / Julio Terrados Cepeda

11.1. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

Tanto el sistema energético español, como la estructura energética de la comunidad autónoma andaluza, están fuertemente basado en el consumo de combustibles fósiles. El petróleo sigue siendo la principal fuente energética en el sistema andaluz, con un 46% del total, mientras que el gas natural se mantiene como la segunda fuente, con una contribución del 29,4%. La situación en Jaén es similar en lo que a productos petrolíferos se refiere, suponiendo la mitad del consumo total, siendo la electricidad la segunda fuente de consumos finales con un 20,92%, seguida, a diferencia de España y de Andalucía, por las fuentes de origen renovable (15,99%).

Es de destacar el peso tan elevado que suponen las fuentes renovables, en la estructura energética de la provincia, con valores muy superiores a los de España y Andalucía, lo que es debido fundamentalmente a las aplicaciones térmicas de la biomasa en usos industriales para el sector oleícola, almazaras y extractoras de aceite de orujo básicamente.

En lo que respecta a la generación energética en la provincia de Jaén, las principales instalaciones están basadas en fuentes renovables y en instalaciones de cogeneración termoeléctrica, lo que resulta significativo desde el punto de vista ambiental y de eficiencia energética. Dentro de esta estructura la energía hidráulica tiene un peso muy significativo en el parque de generación de energía eléctrica, con un 39,68% del total.

La provincia de Jaén cuenta con el recurso solar suficiente para que las instalaciones fotovoltaicas funcionen adecuadamente en nuestra zona. En particular, la provincia de Jaén está mayoritariamente en la zona de radiación IV (entre 4.6 kWh/m² y 5.0 kWh/m²) y parte incluso en la zona V (mayor de 5.0 kWh/m²), las más altas de España. Por ello, el potencial fotovoltaico teóri-

co en la provincia es de 1.05×10^6 GWh al año, con el que se podría cubrir más de 300 veces las necesidades eléctricas de toda la provincia. Sólo aprovechando el un 0.2% del potencial disponible de la provincia se generaría cerca del 20% de la demanda eléctrica anual de la provincia.

A pesar del potencial solar existente, la entrada en vigor del Real Decreto-ley 1/2012 ha ocasionado una paralización general del sector fotovoltaico en nuestro país y está obligando a las empresas a reestructurarse o a buscar salidas en los mercados exteriores.

En el apartado de la biomasa, la primera conclusión que se puede extraer es el elevado potencial de biomasa existente en la provincia de Jaén, cifrado en unas 2,2 millones de Tm anuales distribuido entre restos de poda de olivar (44,35%), orujillo (42,03%) y residuos forestales (13,62%). Expresado en términos de energía primaria, el potencial energético de la provincia de Jaén asciende a unas ciento quince mil tep, un 56,5% del consumo total de energía primaria en la provincia en el año 2010.

Tabla 11.1.

Potencial de biomasa de la provincia de Jaén

	Andalucía	Jaén
Biomasa procedente de la poda del olivar (miles Tm/año)	2.600	1.000
Potencial energético de la poda del olivar (miles tep/año)	840	320
Biomasa procedente de la industria oleícola. Orujillo (miles Tm/año)	2.500	950
Potencial energético del orujillo (miles tep/año)	950	360
Biomasa forestal (miles Tm/año)	2.100	310
Potencial energético de la biomasa forestal (miles tep/año)	800	115

Sin embargo, se puede afirmar que la biomasa es la energía renovable cuyo desarrollo está siendo más lento, en relación a otras como la eólica o la solar fotovoltaica. Ello es debido a la dificultad que entraña su propia gestión, lo que ha provocado que no se alcancen los objetivos de potencia eléctrica instalada en los diferentes marcos de planificación, ni que tampoco se alcancen cifras significativas en materia de consumos para usos finales térmicos, a pesar de los esfuerzos realizados por las distintas administraciones para impulsar la sustitución de calderas de gasóleo C por biomasa principalmente en edificios públicos.

El Real Decreto-Ley 1/2012 ha supuesto un freno al desarrollo de proyectos de biomasa para generación de energía eléctrica, principalmente debido al cambio de las reglas del juego en un momento de crisis financiera, y cuando las empresas promotoras se encontraban en la fase de desarrollo de esos nuevos proyectos. Se prevé que se ponga en marcha un nuevo marco jurídico y económico que permita la puesta en marcha de nuevos proyectos de biomasa en la provincia de Jaén, la cual cuenta únicamente con 39 MW de los 209 MW existentes en Andalucía.

Otra limitación importante para el desarrollo de nuevos proyectos es la insuficiente capacidad de evacuación de energía eléctrica existente en muchos puntos de la provincia de Jaén, de ahí que haya que potenciar la denominada “generación distribuida” basada en acercar la producción de energía al consumo.

En el ámbito de la energía eólica, la conclusión más importante es que la provincia de Jaén, en su conjunto, posee notables recursos eólicos, menores que otras zonas de Andalucía pero dentro del margen de la rentabilidad. En particular, las zonas de mayor interés para su explotación son las zonas montañosas que rodean al sur, norte y sobre todo este, el valle del Guadalquivir. La explotación de dichos recursos es aún muy exigua, con apenas 16 MW instalados, el 0.5% de los instalados en Andalucía, en un único parque eólico.

Por lo que respecta a la energía minihidráulica, en la actualidad la puesta en marcha de nuevas centrales en la provincia está limitada a la recuperación de antiguas centrales hidráulicas, y a la instalación de nuevos aprovechamientos en conducciones de agua potable o balsas de riego. En este ámbito el impacto producido por la nueva legislación es menos significativo debido a que las primas recibidas por las instalaciones minihidráulicas no diferían mucho del precio de venta de la energía en el pool en la actualidad.

La futura aprobación de un Real Decreto por el cual se establezca un mecanismo de balance neto, que crea un sistema de compensación de saldos de energía, podría favorecer la instalación o recuperación de centrales de poca potencia con el objetivo de autoabastecerse.

Las empresas del sector de las energías renovables en la provincia de Jaén consideran han disminuido su actividad y han reducido su personal en los últimos años y aseguran que esto es debido tanto a la actual crisis económica, motivo apuntado por el 58,6% de las empresas encuestadas, como a los cambios legislativos, motivo apuntado por el 44,8%¹ de las empresas. Asimismo,

¹ Era posible la selección de más de un ítem en la encuesta.

mo, las empresas encuestadas opinan que los últimos cambios en la legislación afectan negativa (37,9%) o muy negativamente (51,7%) al desarrollo del sector.

En general, los cambios legislativos introducidos en los últimos años han supuesto la paralización de un número importante de proyectos de instalaciones de energías renovables que estaban en distintas fases de su desarrollo en la provincia de Jaén. Esta paralización ha afectado a 142 proyectos que se encontraban en desarrollo y que en estos momentos no pueden acceder al sistema de preasignación. La mayor parte de estos proyectos son del área de energía solar fotovoltaica (125), mientras que 8 proyectos son de biogás y 4 del áreas de biomasa. En total la potencia acumulada de 191,69 MW, con especial incidencia los 60,9 MW en dos proyectos de energía eólica y un proyecto de energía termosolar.

11.2. RECOMENDACIONES Y PROPUESTAS DE ACTUACIÓN

Las principales recomendaciones y propuestas de actuación derivadas de este estudio son las siguientes:

- Establecer un nuevo marco legal para la generación eléctrica con energías renovables que de estabilidad al sector y permita el desarrollo equitativo de todas las tecnologías, revirtiendo los efectos derivados de la aplicación del Real Decreto-Ley 1/2012 y poniendo en marcha un marco retributivo estable, predecible, flexible, controlable y seguro para los promotores y para el sistema eléctrico en su conjunto.
- Desarrollar el marco legal para el autoconsumo y el balance neto, en línea con el PANER que simplifique los procedimientos administrativos de autorización de instalaciones de EERR y favorezca las instalaciones de generación eléctrica a partir de fuentes renovables destinadas al autoconsumo.
- *Fomentar el ahorro y la eficiencia energética* en todos los sectores productivos, y a todos los niveles, como herramienta de mejora de la competitividad de las empresas y la preservación del medio ambiente de la provincia de Jaén.
- Introducir en los diferentes ámbitos educativos aspectos relacionados con la importancia de un *uso racional de la energía en la sociedad*, y potenciar la *formación del tejido productivo* provincial en materia de gestión energética sostenible.

- Consensuar con los responsables del transporte y la distribución de energía eléctrica así como con los del gas natural, una *planificación energética* que permita el desarrollo económico y social de la provincia de Jaén. Tanto desde el punto de vista de evacuación de energía procedente de instalaciones renovables como para la implantación de nuevas actividades industriales y de servicios.
- Aprovechar el potencial de la *energía minihidráulica* de la provincia de Jaén, además de desde una vertiente energética, desde un punto de vista de recuperación del patrimonio industrial y cultural de la provincia.
- Instar a todos los agentes implicados en la correcta aplicación de las *normativas* existentes en materia de construcción sostenible, no sólo por sus repercusiones ambientales, sino también por las oportunidades de generación de nuevos empleos que puede suponer.
- Seguir impulsando el desarrollo de la *biomasa*, principalmente la procedente de los sectores oleícola y forestal y de sus industrias de transformación, en la provincia de Jaén, como elemento de desarrollo rural y de cohesión territorial. Principalmente, a través del concepto de “*generación distribuida*”, potenciando tecnologías como la gasificación.
- Implantar sistemas que mejoren la *movilidad* en los principales núcleos urbanos de la provincia, así como en las aglomeraciones y en los accesos a determinados espacios como Universidades, polígonos Industriales, colegios e institutos, etc.
- Instalar en todos los *edificios públicos* sistemas basados en el uso eficiente de la energía para “predicar con el ejemplo” tanto en iluminación como en climatización.
- Explotar de una manera racional el *potencial eólico* de la provincia de Jaén, para de esta manera contribuir a reducir la dependencia energética de fuentes de origen fósil.
- Reorientar el desarrollo de la *energía solar fotovoltaica* hacia el denominado “*balance neto*” como estrategia de continuidad de un sector con un fuerte arraigo en la provincia de Jaén, tanto desde el punto de vista de la investigación como de la existencia de empresas instaladoras.
- Dar un especial impulso a la *biomasa para la climatización de edificios*, prestando especial hincapié en los sistemas centralizados, tanto por

su elevada eficiencia energética como por la creación de nuevas oportunidades de negocio.

- Promover la utilización de la biomasa forestal, bien para generación de energía eléctrica, bien para su aprovechamiento para fines térmicos, individuales o centralizados. Ello generaría empleo en el medio rural y garantizaría la preservación de los espacios naturales amenazados en épocas estivales por la amenaza del fuego.
- Desarrollar a nivel de todas las administraciones públicas, incluida la Universidad, un plan para sustituir todos los sistemas de calefacción de los edificios públicos por biomasa.
- Potenciar los sistemas centralizados de climatización (calor y frío) como el de GEOLIT.
- Fomentar la producción de biocombustibles sólidos que permitan generar mayor valor añadido en la provincia (pélets, hueso, astillas, ...)
- Intentar atraer o desarrollar *actividades industriales* generadoras de valor añadido para la provincia de Jaén en los ámbitos de la eficiencia energética y de las energías renovables, como por ejemplo iluminación eficiente o calderas de biomasa, por citar un par de ejemplos.
- Continuar con la *colaboración entre las distintas administraciones* (Diputación de Jaén, Junta de Andalucía, Universidad de Jaén, Ayuntamientos, etc.) para el desarrollo de una estrategia conjunta de sostenibilidad energética en la provincia de Jaén.
- Continuar con las investigaciones en los campos de los biocarburantes de 2ª generación.
- Llevar a cabo proyectos de aprovechamiento energético de la biomasa húmeda, fundamentalmente en vertederos de residuos urbanos y en estaciones depuradoras de aguas residuales.
- Crear un marco estable para la producción y el consumo de biocarburantes para el sector de transporte.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAE. 2012. Agencia Andaluza de la Energía. Datos energéticos de Andalucía 2011. Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo. Junta de Andalucía. Sevilla.
- AAE. 2003. Plan Energético de Andalucía 2003-2006. Agencia Andaluza de la Energía.
- AAE. 2009. Recurso Eólico en Andalucía. Agencia Andaluza de la Energía, Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa, ISBN: 978-84-692-5634-3, www.agenciaandaluzadelaenergia.es
- AEA. 2012. Informe de infraestructuras energéticas Provincia de Jaén. Agencia Andaluza de la Energía. 2012
- Aeólica, 2012. Anuario de la Asociación Empresarial Eólica de España. <http://www.aeolica.org/>.
- AGENER, 2007. Proyecto de Promoción de Parques Eólicos Singulares en la Provincia de Jaén. Agencia de Gestión Energética de la Diputación Provincial de Jaén, http://www.agener.es/recursos_eolicos.php
- Almonacid et al. 2010. Proyecto Mágina: estudio, análisis y desarrollo de un modelo energético basado en el uso masivo de energías renovables (biomasa, fotovoltaica y eólica) para producción de electricidad en la provincia de Jaén.
- Alonso Abella, M. y Chenlo Romero, F. 2012. Autoconsumo fotovoltaico. Revista Vértices. Ed. Publicaciones CIEMAT. Septiembre 2012.
- APPA (2011). Asociación de Productores de Energías Renovables. Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España. Disponible en http://www.appa.es/descargas/APPA_ESTUDIO_2011_WEB.pdf
- APREAN. 2011. Estudio en materia de formación y generación de empleo del sector de las energías renovables en Andalucía y sus perspectivas de futuro. Asociación de Promotores y Productores de Energías Renovables de Andalucía.
- BOE. 1997. Ley 54/1997, de 27 noviembre, del Sector Eléctrico (Publicada en el B.O.E. núm. 285, del 28 de noviembre de 1997).
- BOE. 2006. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

- BOE. 2007. Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- BOE. 2008. ORDEN ITC/2877/2008, de 9 de octubre, (BOE 248, de 14 de octubre) por la que se establece un mecanismo de fomento del uso de biocarburantes y otros combustibles renovables con fines de transporte.
- BOE. 2008. ORDEN ITC/2877/2008, de 9 de octubre, por la que se establece un mecanismo de fomento del uso de biocarburantes y otros combustibles renovables con fines de transporte.
- BOE. 2008. Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.
- BOE. 2009. Real Decreto ley 6/2009 de 30 de abril, por el que se adoptan determinadas medidas en el sector energético y se aprueba el bono social.
- BOE. 2010. Real Decreto 1565/2010, de 19 de noviembre, por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial
- BOE. 2010. Real Decreto 1614/2010 por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica a partir de tecnologías solar termoelectrica y eólica
- BOE. 2011. Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible
- BOE. 2011. Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- BOE. 2011. Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero, por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos.
- BOE. 2010. Real Decreto-ley 14/2010, de 23 de diciembre, por el que se establecen medidas urgentes para la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico
- BOJA. 2007. Ley 2/2007, de 27 de marzo, de fomento de las energías renovables y del ahorro y eficiencia energética de Andalucía
- Cara C, Romero I, Oliva JM, Sáez F, Castro E (2007). Liquid hot water pretreatment of olive tree pruning residues. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 136-140, 379-394.
- Cara C, Ruiz E, Ballesteros I, Negro MJ, Castro E (2006). Enhanced enzymatic hydrolysis of olive tree wood by steam explosion and alkaline-peroxide delignification. *Process Biochemistry* 41, 423-429.
- Cara C, Ruiz E, Ballesteros M, Manzanares P, Negro MJ, Castro E (2008a). Production of fuel ethanol from steam-explosion pretreated olive tree pruning. *Fuel* 87, 692-700.

- Cara C, Ruiz E, Carvalheiro F, Moura P, Ballesteros I, Castro E, Gírio F (2012). Production, purification and characterisation of oligosaccharides from olive tree pruning autohydrolysis. *Industrial Crops and Products* 40, 225-231.
- Cara C, Ruiz E, Oliva JM, Sáez F, Castro E (2008b). Conversion of olive tree biomass into fermentable sugars by dilute acid pretreatment and enzymatic saccharification. *Bioresource Technology* 99, 1869-1876.
- Castro E, Conde E, Moure A, Falqué E, Cara C, Ruiz E, Domínguez H (2008). Antioxidant activity of liquors from steam explosion of *Olea europaea* wood. *Wood Science and Technology* 42, 579-592.
- Castro E, Ruiz E, Moya M, Romero I, Cara C, Díaz M (2009). La poda del olivar: Avances hacia el desarrollo de una biorrefinería. *Residuos* 110, 38-44.
- COMISIÓN EUROPEA. 1997. Libro Blanco "Para una estrategia y un plan de acción comunitarios: Energía para el futuro: Fuentes de Energías Renovables" COM (97) 599 final, de 26 de noviembre de 1997.
- COMISIÓN EUROPEA. 2001. Libro Verde. Hacia una estrategia europea de seguridad del abastecimiento energético. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. 109 p. ISBN 92-894-0316-0.
- Conde E, Cara C, Moure A, Ruiz E, Castro E, Domínguez H (2009). Antioxidant activity of the phenolic compounds released by hydrothermal treatments of olive tree pruning. *Food Chemistry* 114, 806-812.
- Diario Jaén. 2012. Artículo 16-2-2012. <http://www.diariojaen.es/index.php/menujaen/25-notlocales/48645-el-viento-trae-5-parques-eolicos-hasta-jaen>
- DOCE. 2003. Directiva 2003/30/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 8 de mayo de 2003 relativa al fomento del uso de biocarburantes u otros combustibles renovables en el transporte. (DOCE n° L 123/42, 17-05-03).
- DOCE. 2009. Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE
- ESHA. 2007. Guía para el desarrollo de una pequeña central hidroeléctrica. Bruselas. http://www.esha.be/fileadmin/esha_files/documents/publications/publications/Part_1_Guide_on_how_to_develop_a_small_hydropower_plant-Final.pdf
- Gallego FJ, Terrados J, Lara PJ, Almonacid G, Castro E (2011). Aprovechamiento masivo para producción de electricidad del potencial biomásico procedente de la poda del olivo de la provincia de Jaén. X Congreso Nacional de Medio Ambiente. Madrid.
- Gallego FJ, Terrados Julio, Ruiz-Ramos E, Romero I, Martínez-Rodríguez AM, Guzmán A, Mesa JL, Castro E (2013). Model for estimating biomass potential from olive pruning in the province of Jaén (Southern Spain). *Proceedings of the 2nd Iberoamerican Congress on Biorefineries*.

- García Bustos, L y Terrados Cepeda, J. 2012. El sector empresarial de las energías renovables en la provincia de Jaén. TFM. Máster Universitario en Energías Renovables. Universidad de Jaén.
- Gómez, A., J. Zubizarreta, C. Dopazo, and N. Fueyo, 2010: Spanish energy roadmap to 2020: Socioeconomic implications of renewable targets. *Energy*, 36, 1973 – 1985.
- Hontoria, L. 2002. Generación de series sintéticas de radiación solar combinando herramientas estadísticas y redes neuronales. Tesis Doctoral.
- IDAE, 2005 PER, 2005. Plan de Energías Renovables de España. 2005-2010. Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE).
- IDAE. 2011. “Empleo asociado al impulso de las Energías Renovables” realizado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE) en el año 2011
- IDAE. 2011. Empleo asociado al impulso de las Energías Renovables. Estudio técnico PER 2011-2020. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). 2011.
- IDAE. 2010. Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020, aprobado por Acuerdo del Consejo de Ministros de 11 de noviembre.
- IEA. 1997. International Energy Agency. Energy and Climate Change. An IEA sourcebook for Kyoto and beyond. Paris : OCDE Publications Service, OECD/IEA. ISBN 92-64-15668-2.
- Informe Empleo verde en una economía sostenible. Fundación Biodiversidad y Observatorio de la Sostenibilidad en España.
- Khan T, Jun SH, Park JK (2007). Production of glucuronan oligosaccharides using the waste of beer fermentation broth as a basal medium. *Enzyme Microbial Technology* 42, 89-92.
- La Cal J.A., Jurado F., Ogayar B. 2011. A new model of energetic valuation for olive grove by-products based on the gasification technology integrated in an olive-oil mill”. *International Journal for Green Energy* 9:7, 661-672.
- La Cal, J.A. / (2010). Coyuntura energética de la provincia de Jaén. Observatorio Económico de la Provincia de Jaén. N° 162. Diputación Provincial de Jaén.
- López-Linares JC, Romero I, Moya M, Cara C, Ruiz E, Castro E (2013). Pretreatment of olive tree biomass with FeCl₃ prior to enzymatic hydrolysis. *Bioresource Technology* 128, 180–187.
- Menon V, Rao M (2012). Trends in bioconversion of lignocellulose: Biofuels, platform chemicals & biorefinery concept. *Progress in Energy and Combustion Science* 38, 522-550.
- MIET (2012). Ministerio de Industria, Energía y Turismo. La Energía en España 2011. Centro de publicaciones del Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Madrid.
- MIET (2013). Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Boletín trimestral de coyuntura energética. Acceso web, marzo de 2013.

- MIET. 2011. Ministerio de Industria, Energía y Turismo “Estadística de la industria de la energía eléctrica en 2010”
- PANER, 2011. Plan de Acción Nacional de Energías Renovables 2011-2020. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. <http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EnergiaRenovable/Paginas/paner.aspx>
- Pastor Muñoz-Cobo M, Humanes Guillén J (2010). La poda del olivo, moderna olivicultura. 6ª edición. Junta de Andalucía.
- PNUD, 2000. Informe Mundial de Energía. Nueva York: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. ISBN 92-1-126126.
- PVGIS. 2013. Página WEB. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/> Última consulta mayo 2013.
- Revista Energías Renovables, especial energía eólica, marzo 2012. <http://www.energias-renovables.com/>
- Ruiz-Arias J.A., J. Terrados, P. Pérez-Higueras, D. Pozo-Vázquez, and G. Almonacid. 2012. Assessment of the renewable energies potential for intensive electricity production in the province of Jaén, southern Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*; 16(5): 2994-3001
- Santos-Alamillos, 2012. Analysis of the spatio-temporal balancing of the solar and wind energy resources in Andalusia: methods for reducing their power fluctuations. Tesis Doctoral, Dept. de Física, Univ. de Jaén, Noviembre 2012.
- Singhania RR, Patel AK, Sukumaran RK, Larroche C, Pandey A (2013). Role and significance of beta-glucosidases in the hydrolysis of cellulose for bioethanol production. *Bioresource Technology* 127, 500-507.
- SODA. 2011. Solar Database, <http://www.soda-is.com/eng/index.html> Última consulta mayo 2013.
- Terrados J, Almonacid G, Hontoria L. 2007. Regional energy planning through SWOT analysis and strategic planning tools. Impact on renewables development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2007; 8: 365-381.
- Terrados J, Almonacid G, Perez-Higueras P. 2009. Proposal for a combined methodology for renewable energy planning. Application to a Spanish region. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2009; 13: 2022–2030.
- UNEF. 2012. Unión Española Fotovoltaica
- Terrados Cepeda, J. 2003. El Sistema Energético y las Energías Renovables en la provincia de Jaén. En MARTÍN MESA, A., et al. Observatorio Económico de la provincia de Jaén, nº 76. Jaén: Diputación Provincial de Jaén / Universidad de Jaén., p. 105-161.
- Vegas R, Alonso JL, Domínguez H, Parajó JC (2005). Manufacture and refining of oligosaccharides from industrial solid wastes. *Industrial and Engineering Chemistry Research* 44, 614-620.



Consejo Económico y Social
de la Provincia de Jaén